



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



---

Evaluación del contenido de antocianinas y micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) en papas nativas (*Solanum andigena*) enteras y peladas de las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.

---

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos.

**Autora:** Viviana Patricia Balladares Moyano

**Tutor:** Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

**Ambato - Ecuador**

**Abril - 2018**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

### **CERTIFICA**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 30 de Enero del 2018



---

Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

C. I. 180111963-5

TUTOR

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Viviana Patricia Balladares Moyano, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



---

Viviana Patricia Balladares Moyano

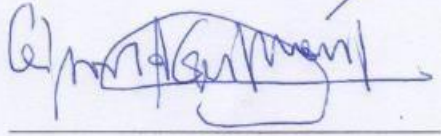
C.I. 180447787-3

**AUTORA**

## **APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores calificadores, aprueban el presente trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firma:



---

Presidente del Tribunal



---

Ing. Msc. Diego Manolo Salazar Garcés  
C.I. 180312429-4



---

Ph. D. Ignacio Ángel Angós Iturgaiz  
C.I. 1756978225

Ambato, 9 de Marzo del 2018

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



---

Srta. Viviana Patricia Balladares Moyano

C. I. 1804477873

**Autora**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, y hermano*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme bendecido tanto. A mis padres, Célida y Sixto por su amor y apoyo incondicional, por guiarme de la mejor manera y siempre confiar en mí. A mi hermano Óscar por enseñarme tanto, por cuidarme e inspirarme cada día. Por ser el mejor hermano y ejemplo a seguir.

A mi tutor Doc. Milton por su apoyo, paciencia y ayuda en la realización de mi proyecto de tesis, por ser un gran ser humano y buscar lo mejor para sus estudiantes. Al Doc. Jorge por haber compartido sus conocimientos conmigo y haberme brindado su ayuda incondicional. A la Ing. Mónica y el Ing. Mario conjuntamente con el Proyecto Canje de Deuda Ecuador-España por haberme brindado lo medios necesarios para el desarrollo experimental de mi tesis, por su guía y ayuda incondicional. A todos mis profesores que me enseñaron durante mi carrera universitaria y me han inspirado a ser una profesional con ética y valores.

A mis amigas de toda la vida Karen, Cris, Giss, Tany, Diana y Sol por alegrarme la vida, por su apoyo y disposición a ayudarme, por inspirarme a ser mejor cada día.

A mis amigos de la U, Jenny, Andrés, Diego, José y Jonathan por su amistad sincera. Por haber sido un apoyo incondicional en cada paso de mi vida personal y universitaria, por haber compartido tantos momentos conmigo y haber crecido juntos. A Jorge y todos mis compañeros y profesores de la Red de Cereales por ser un equipo que trabaja junto y logra sus metas de la mejor manera.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA .....	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General .....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II .....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes Investigativos .....	6
2.2. Hipótesis .....	16
2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis .....	16
2.3.1. Variables Independientes.....	16
2.3.2. Variables Dependientes .....	16
CAPÍTULO III.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1. Materiales .....	17
3.1.1. Materia prima.....	17
3.1.2. Material de laboratorio.....	17
3.1.3. Reactivos.....	18
3.1.4. Equipos .....	19
3.2. Métodos .....	19
3.2.1. Preparación de la muestra de papa.....	19
3.2.2. Caracterización Física.....	20
3.2.2.1. Determinación de color.....	20
3.2.2.2. Determinación de peso.....	21
3.2.2.3. Determinación de volumen.....	21
3.2.2.4. Determinación de densidad.....	21
3.2.2.5. Determinación del diámetro ecuatorial y longitudinal .....	22
3.2.3. Caracterización Química.....	22
3.2.3.1. Determinación de grasa .....	22



3.2.3.2. Determinación de proteína.....	23
3.2.3.3. Determinación de fibra .....	23
3.2.3.4. Determinación de humedad .....	24
3.2.3.5. Determinación de cenizas .....	24
3.2.3.6. Determinación de carbohidratos .....	25
3.2.3.7. Determinación de energía .....	25
3.2.4. Determinación de antocianinas totales .....	25
3.2.5. Determinación de hierro, magnesio y calcio.....	26
3.2.5.1. Preparación de la muestra.....	27
3.2.5.2. Configuración y preparación del equipo .....	27
3.2.5.3. Determinación del analito (Fe, Mg y Ca) .....	27
3.3. Diseño Experimental .....	28
CAPÍTULO IV.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Análisis y discusión de los resultados .....	30
4.1.1 Caracterización física de las variedades de papa nativa .....	30
4.1.1.1. Peso y volumen .....	30
4.1.1.2. Densidad .....	31
4.1.1.3. Diámetro longitudinal y ecuatorial de la papa .....	31
4.1.1.4. Color .....	32
4.1.2 Caracterización química de las variedades de papa nativa .....	35
4.1.2.1. Humedad .....	35
4.1.2.2. Cenizas.....	36
4.1.2.3. Grasas.....	36
4.1.2.4. Proteína .....	37
4.1.2.5. Fibra .....	37
4.1.2.6. Carbohidratos.....	38
4.1.2.7. Energía .....	39
4.1.3 Contenido de antocianinas en las variedades de papa nativa.....	39
4.1.4. Contenido de micronutrientes en las variedades de papa nativa, entera y pelada.....	43
4.1.4.1. Hierro .....	43
4.1.4.2. Magnesio.....	45
4.1.4.3. Calcio .....	47
4.2. Verificación de la hipótesis .....	49

CAPÍTULO V .....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
Conclusiones.....	50
Recomendaciones .....	51
Referencias bibliográficas.....	52
ANEXOS .....	60

## ÍNDICE GENERAL DE TABLAS

- Tabla 1. Composición química de la papa nativa (*Solanum andigena*)
- Tabla 2. Ingesta diaria recomendada (IDR) de minerales esenciales para adultos
- Tabla 3. Datos referenciales de peso y volumen de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Tabla 4. Caracterización física de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Tabla 5. Caracterización química de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* entera
- Tabla 6. Contenido de antocianinas de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera
- Tabla 7. Determinación del color de la pulpa de la papa nativa *Puca Shungo*
- Tabla 8. Determinación de color de la pulpa de la papa nativa *Yana Shungo*
- Tabla 9. Determinación de color de la pulpa de la papa nativa *Yema de huevo*
- Tabla 10. Determinación de peso de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Tabla 11. Determinación de volumen de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Tabla 12. Determinación de densidad de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Tabla 13. Determinación de los diámetros longitudinal y ecuatorial de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Tabla 14. Determinación de humedad de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Tabla 15. Determinación de cenizas de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*

Tabla 16. Determinación de grasa de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*

Tabla 17. Determinación de fibra cruda de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*

Tabla 18. Absorbancia de la papa nativa *Puca Shungo* pelada y entera para la cuantificación de antocianinas

Tabla 19. Absorbancia de la papa nativa *Yana Shungo* pelada y entera para la cuantificación del contenido de antocianinas

Tabla 20. Absorbancia de la papa nativa *Yema de huevo* pelada y entera para la cuantificación de antocianinas

Tabla 21. Absorbancia de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera para la cuantificación del contenido de Fe

Tabla 22. Absorbancia de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera para la cuantificación del contenido de Mg

Tabla 23. Absorbancia de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera para la cuantificación del contenido de Ca

Tabla 24. Análisis de varianza ANOVA para Peso

Tabla 25. Análisis de varianza ANOVA para Volumen

Tabla 26. Análisis de varianza ANOVA para Densidad

Tabla 27. Análisis de varianza ANOVA para Diámetro longitudinal

Tabla 28. Análisis de varianza ANOVA para Diámetro ecuatorial

Tabla 29. Análisis de varianza ANOVA para Luminosidad

Tabla 30. Análisis de varianza ANOVA para Tono

Tabla 31. Análisis de varianza ANOVA para Saturación

Tabla 32. Análisis de varianza ANOVA para Humedad

Tabla 33. Análisis de varianza ANOVA para Cenizas

Tabla 34. Análisis de varianza ANOVA para Grasa

Tabla 35. Análisis de varianza ANOVA para Fibra

Tabla 36. Análisis de varianza ANOVA para Antocianinas

Tabla 37. Análisis de varianza ANOVA para Hierro

Tabla 38. Análisis de varianza ANOVA para Magnesio

Tabla 39. Análisis de varianza ANOVA para Calcio

Tabla 40. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Peso

Tabla 41. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Volumen

Tabla 42. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Densidad

Tabla 43. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Diámetro longitudinal

Tabla 44. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Diámetro ecuatorial

Tabla 45. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Luminosidad

Tabla 46. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Tono

Tabla 47. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Saturación

Tabla 48. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Humedad

Tabla 49. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Cenizas

Tabla 50. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Grasa

Tabla 51. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Fibra

Tabla 52. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Concentración de Antocianinas

Tabla 53. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para Concentración de Hierro

Tabla 54. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para  
Concentración de Magnesio

Tabla 55. Prueba de Múltiple Rangos Tukey con un 95 % de confianza para  
Concentración de Ca

## ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS

- Figura 1. Variedad de papa nativa *Puca Shungo*
- Figura 2. Variedad de papa nativa *Yana Shungo*
- Figura 3. Variedad de papa nativa *Yema de huevo*
- Figura 4. Estructura fundamental del catión flavilio
- Figura 5. Estructura de algunas antocianinas de importancia en alimentos
- Figura 6. Diferencia de color de antocianinas a pH 1 y pH 4,5
- Figura 7. Actividad antioxidante en contra de los radicales libres
- Figura 8. Escala de medición de luminosidad
- Figura 9. Plano cartesiano del color
- Figura 10. Diámetro longitudinal y ecuatorial de la papa nativa
- Figura 11. Colores predominantes de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.
- Figura 12. Contenido de antocianinas en la pulpa y piel de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*
- Figura 13. Contenido de hierro de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera
- Figura 14. Contenido de magnesio de las variedades de papa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera.
- Figura 15. Contenido de calcio de las variedades de papa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera.
- Figura 16. Resultados de los análisis de proteína realizados en el Laboratorio LACONAL de las variedades de papa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*

## RESUMEN

La producción, comercialización y consumo de papa nativa (*Solanum andigena*) es incipiente en comparación a la papa comercial (*Solanum tuberosum*), pese al potencial nutritivo de la primera. La finalidad de este proyecto de investigación fue evaluar el contenido de antioxidantes (antocianinas) y micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) en las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, entera y pelada. Se realizaron análisis físicos y químicos para caracterizar las variedades de papa nativa, el método de pH diferencial mediante espectrofotometría UV-visible para cuantificar el contenido de antocianinas, y los métodos oficiales de la AOAC mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con Llama para la determinación de micronutrientes. El mayor contenido de antocianinas totales se encontró en la papa *Yana Shungo* entera con 252,77 mg/100 g de materia seca. Los contenidos más altos de hierro y magnesio se presentaron en la variedad *Yana Shungo* entera con valores de 8,38 y 152,64 mg/100 g de materia seca, respectivamente. En cuanto a calcio, el mayor contenido fue de 55,47 mg/100 g presente en la variedad *Yema de huevo* entera.

**Palabras clave:** Tubérculos, antioxidantes, micronutrientes, papa nativa, espectrofotometría.



## ABSTRACT

The production, commercialization and consumption of native potatoes (*Solanum andigena*) is low compared with the commercial potatoes (*Solanum tuberosum*). However, native potatoes have a great nutritional potential. The purpose of this investigation was to evaluate the content of antioxidants (anthocyanin) and micronutrients (iron, magnesium and calcium) in the native, peeled and unpeeled potatoes *Puca Shungo*, (“red heart”) *Yana Shungo* (“black heart”) and *Yema de huevo* (“egg yolk”). Physical and chemical analyses were made in order to characterize the varieties of native potatoes. Also, the differential pH method by UV-visible spectroscopy was used to quantify the content of anthocyanin and the official methods of analysis (AOAC) in combination with the flame atomic absorption spectroscopy technique to determinate the content of micronutrients. The highest content of anthocyanin was found in the unpeeled *Yana Shungo* variety with 252.77 mg/100 g (dryweight). The highest contents of iron and magnesium were found in the unpeeled *Yana Shungo* variety with 8.38 and 152.64 mg/100 g (dry weight), respectively. In the other hand, the highest level of calcium was found in the unpeeled *Yema de huevo* variety with 55.47 mg/100 g.

**Keywords:** Tuber, antioxidants, micronutrients, native potatoes, spectroscopy.

## INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial debido al alto rendimiento en su producción y a su elevado valor nutricional (**Zaheer et al., 2014**). Estos tubérculos son ricos en muchos nutrientes esenciales que incluyen carbohidratos, proteína, vitamina C, vitamina B, fibra y minerales como el hierro, potasio, fósforo y magnesio. Además, son una buena fuente energética pues su aporte calórico proviene de carbohidratos y no de grasa (**Lakra et al., 2011**). Según **Martínez (2009)**, en el Ecuador la papa representa la base de la alimentación de gran parte de la población, tanto urbana como rural.

Las variedades nativas de papa han sido reemplazadas por variedades mejoradas o comerciales que tienen rendimientos más altos y mayores oportunidades de mercado (**Monteros et al., 2005**). Sin embargo, según **Zaheer et al. (2014)**, se ha producido una revalorización de las papas pigmentadas (nativas) al despertarse el interés por conocer las propiedades bioactivas de este tubérculo, principalmente su contenido y actividad antioxidante.

La papa nativa ecuatoriana se caracteriza por su diversidad de formas, tamaños y colores. La forma del tubérculo puede ser redonda, alargada, aplanada o comprimida, entre otras, mientras que los colores de la piel y pulpa varían entre amarillo, morado, rojo y rosado, con diseños atractivos en la pulpa (**Martínez, 2009**). Estos colores indican la presencia de antioxidantes naturales que actúan contra los radicales libres impidiendo su acción degenerativa en las células. El elevado contenido de flavonoides, carotenoides y antocianinas (antioxidantes naturales) hacen de la papa nativa un producto único en el mundo. De esta manera, los antioxidantes ayudan a prevenir el cáncer y enfermedades respiratorias y cardíacas (**Tanquina, 2013**).

Además, **Monteros et al. (2005)** mencionan que el contenido de minerales en la papa nativa es importante, principalmente en hierro, siendo muy superiores a los de la papa mejorada. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2011, más de dos billones de personas tienen deficiencia de hierro, esto representa casi el 25 % de la población mundial.

Por lo antedicho, la presente investigación apunta a evaluar el contenido de antocianinas y micronutrientes de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, en dos presentaciones, entera y pelada, con el propósito de promover su producción, procesamiento y consumo.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1 Tema

Evaluación del contenido de antocianinas y micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) en papas nativas (*Solanum andigena*) enteras y peladas de las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.

#### 1.2 Justificación

La papa (*Solanum tuberosum*) es el tercer cultivo más importante a nivel mundial después del trigo y el arroz con 382 millones de toneladas de tubérculos producidos en 19,1 millones de hectáreas durante el 2014. A nivel de país, la participación de la papa en la dieta de los ecuatorianos y su importancia económica y social en la generación de ingresos para las familias productoras hacen de este tubérculo uno de los principales cultivos. En 2014, se produjeron  $422 \cdot 10^3$  toneladas de papa en  $34 \cdot 10^3$  hectáreas (**Monteros, 2016; FAO, 2014**).

Con respecto a las variedades de papa que se comercializan y se consumen, las mejoradas son las más conocidas por los consumidores y han desplazado a las variedades nativas, reduciendo su área de siembra y poniendo en peligro su existencia. No obstante, las nativas, al ser cultivos ancestrales todavía se siembran de una manera orgánica, casi sin utilizar pesticidas y químicos, lo cual constituye una ventaja competitiva considerando la tendencia de los consumidores hacia los productos naturales y orgánicos (**Monteros et al., 2005**). Para los países del área andina, especialmente para el Ecuador, las papas nativas constituyen productos con un potencial nutricional y comercial interesante, dado que son diferentes a las variedades mejoradas en color, sabor, formas y posiblemente en contenido y calidad nutricional (**Villacrés et al., 2011**).

Nutricionalmente, la papa es un alimento que desempeña diversas funciones en el organismo, como la energética y la reguladora y es importante por su alto contenido

de almidón, vitaminas hidrosolubles, fibra y minerales. Esto conjuntamente con el gran contenido de antioxidantes (polifenoles, carotenos) hace que las papas nativas sean muy atractivas para el consumidor.

Las provincias de Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi y Tungurahua constituyen los mayores productores de papa mejorada en la zona centro del país (**Mastrocola et al., 2016**). Incluso, las variedades de papa nativa más frecuentes en esta zona son *Puca Shungo* (“corazón rojo”) y *Yana Shungo* (“corazón negro”), que al ser coloreadas contienen grandes cantidades de antioxidantes (antocianinas) y micronutrientes que benefician a la salud del consumidor. **Amorós et al. (2008)** señalan que las variedades nativas se caracterizan por poseer formas y colores llamativos y exóticos que hacen de estas papas un producto único. Existen variedades con pulpa y piel amarilla, roja, rosada y morada, que tienen contenidos importantes de carotenoides, antocianinas y flavonoides, antioxidantes naturales que previenen o retrasan las enfermedades degenerativas y de envejecimiento. Mientras que los flavonoides son compuestos fenólicos que incluyen un amplio rango de sustancias coloreadas, entre ellas las antocianinas (**Monteros et al., 2005**).

Actualmente, para la prevención de cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, osteoporosis y otras, se recomienda aumentar el consumo de alimentos que sean fuentes significantes de fitoquímicos biológicamente activos tales como las antocianinas y otros flavonoides (**Giusti et al., 2013**). Esto debido a su habilidad para simular hormonas y neurotransmisores específicos que inhiben algunas enzimas y les permite actuar como antioxidantes. De esta manera las antocianinas tienen efectos terapéuticos beneficiosos para la salud (**Bashar et al., 2016**).

A diferencia de las variedades mejoradas, las papas nativas tienen un mayor contenido de hierro, vitamina C y sólidos (**Monteros et al., 2005**). Según **Ordinola et al. (2011)**, el contenido de macro y micronutrientes en papas nativas es similar e incluso, en algunos casos como el hierro, superior a las variedades mejoradas. Comúnmente la papa se consume sin la cáscara. Sin embargo, estudios previos han revelado que la piel de la papa pigmentada contiene niveles considerablemente más altos de antocianinas que la pulpa. Además, la piel de la papa posee otros compuestos nutricionales y funcionales como la fibra dietética, antioxidantes y polifenoles (**Liqin et al., 2016**).

Según **Zaheer et al. (2014)**, la pérdida de ácidos fenólicos en papa pelada es mayor que en papa entera sin importar el método de cocción que se utilice.

Hoy en día, gran parte de la población desconoce la existencia de la papa nativa y es considerada como un cultivo endémico. El incipiente desarrollo comercial e industrial de la papa nativa se debe al desconocimiento de sus características sensoriales y nutricionales. Por ello es de gran importancia desarrollar investigaciones que destaquen y permitan mostrar las cualidades organolépticas, nutricionales y funcionales de la papa nativa a los potenciales consumidores y procesadores. En este marco se plantea realizar una caracterización, tanto física como química de algunas variedades de papa nativa (*Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*) entera y pelada, con énfasis en el contenido de micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) y antioxidantes (antocianinas).

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo General**

- Evaluar el contenido de antioxidantes (antocianinas) y micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) en papas nativas enteras y peladas de las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.

#### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar física y químicamente las variedades de papa nativa (*Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*).
- Determinar el contenido de antocianinas, hierro, magnesio y calcio mediante espectrofotometría de papa entera y pelada de las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.
- Comparar los resultados de antocianinas, hierro, magnesio y calcio con valores bibliográficos de variedades de papa mejorada.
- Seleccionar la variedad de papa nativa con mayor contenido de antioxidantes y micronutrientes.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes Investigativos

Según datos arqueológicos, la papa nativa pudo haber sido desarrollada y cultivada por primera vez dentro del área entre los Lagos Titicaca y Poopó, cerca de la frontera entre Perú y Bolivia, y consumida hace 3.000 a 4.000 años antes de nuestra era (**Monteros et al., 2005**). Existe evidencia que culturas antiguas como la Inca, Tiahuanaco, Nazca y Mochica cultivaron la papa (**INIAP, 2002**). Con el tiempo, el cultivo de este alimento se extendió a América Latina y, hoy en día aún existen cultivos de papa nativa en países como Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, México, Guatemala, Argentina y Chile (**Velasco, 2013**).

**Estrada (2000)** menciona que muchas de las características y cualidades de las especies de papa se desarrollaron gracias a su adaptación al país, altitud, latitud y ecosistema que las rodeaba. Así, la mayoría de especies mexicanas tienen resistencia al tizón tardío, las especies de altitudes mayores a 3.300 m pertenecientes a Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú presentan tolerancia a las heladas y en algunos casos a sequías. Al contrario, las especies de altitudes bajas como las que se encuentran en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay tienen una mayor resistencia a temperaturas altas y a virus.

**Monteros et al. (2005)** señalan que la papa nativa (*Solanum andigena*) es el resultado de un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral, herencia de los antiguos habitantes de nuestros Andes. Por esto, la papa nativa es altamente valorada por científicos y agricultores indígenas, que conocen sus propiedades organolépticas (sabor, color, textura, forma), agrícolas (tolerancia a condiciones adversas) y la identidad cultural que representan. Además, son una fuente de genes que puede servir como el punto de partida para proyectos de mejoramiento genéticos y obtención de nuevas variedades.

## Composición química de la papa nativa

La composición química de la papa nativa se presenta en la Tabla 1.

**TABLA 1. Composición química de la papa nativa (*Solanum andigena*)**

Nutriente	Papa nativa	
	Mínimo	Máximo
Proteína (g)	5,6	10,6
Fibra (g)	1,9	6,1
Almidón (g)	79,1	87,5
Potasio (mg)	1516	2163
Hierro (mg)	2,3	17,7
Zinc (mg)	0,8	5
Polifenoles totales (mg ácido gálico)	144	646
Carotenos totales (ug/g de muestra)	0,9	2,8

**Fuente: Ramírez (2010).**

## Variedades de papa nativa (*Solanum andigena*)

En Ecuador se encuentran más de 350 variedades de papa nativa, entre ellas *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*. Sin embargo, solo 17 de estas variedades nativas se encuentran en los mercados de la Sierra central y representan aproximadamente el 13 % del volumen total de papa comercializada en el Ecuador, el resto corresponde a las variedades mejoradas. Las variedades nativas que más se comercializan son: *Uvilla*, *Yema de huevo*, *Leona negra*, *Leona blanca*, *Coneja negra*, *Coneja blanca*, *Carrizo*, *Puña*, *Calvache*, *Tulca*, *Ratona*, entre otras. Mientras que las variedades mejoradas más comercializadas son *Superchola*, *Fripapa*, *Gabriela*, *Esperanza*, *Única*, *Catalina* y *Rosita* (Monteros et al., 2011).

### *Puca Shungo*

Esta variedad de papa se caracteriza por los colores morados rojizos que presentan su cáscara y pulpa, que además de dar un color vistoso al tubérculo también es indicativo de la presencia de antocianinas (antioxidantes naturales) que combaten enfermedades



degenerativas y la formación de tumores. Por la presencia de estos pigmentos, esta variedad fue nombrada *Puca Shungo*, pues en español se traduce como “corazón rojo”. (Velasco, 2013)



**Figura 1. Variedad de papa nativa Puca Shungo.**

Otras características de los tubérculos de esta variedad es que son comprimidos, presentan ojos profundos y color morado en forma de anillo vascular en la pulpa; también está presente un color crema secundario (Cuesta et al., 2011). Generalmente esta variedad se siembra en la Sierra central de Ecuador, principalmente en Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo a una altura de 2.900 y 3.300 m; y el rendimiento a estas altitudes varía de 21,3 a 23,8 T/ha (Velasco, 2013).

### ***Yana Shungo***

Esta variedad de papa al igual que la anterior se caracteriza por su color morado indicativo de antioxidantes. Sin embargo, la variedad *Yana Shungo* presenta un contenido mucho más significativo de antocianinas que la *Puca Shungo*, razón por la cual su nombre se traduce como “corazón negro” (Velasco, 2013).



**Figura 2. Variedad de papa nativa *Yana Shungo***

Los tubérculos se caracterizan por tener forma oblonga con ojos profundos. Su cáscara presenta un color morado negruzco y la pulpa crema con anillo vascular morado. Generalmente se siembra en la Sierra central ecuatoriana en provincias como Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo de 3.000 a 3.400 metros de altura; y presenta un rendimiento de 13,5 T/ha (Velasco, 2013).

### ***Yema de huevo***

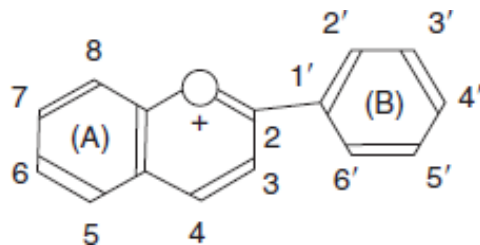
La variedad *Yema de huevo* es conocida también como papa criolla o chaucha. Se caracteriza por su color amarillo tanto en la pulpa como en la cáscara, y por el tamaño de sus tubérculos que, en comparación a las otras variedades, son muy pequeños. Además, presenta ojos de profundidad mediana y su forma es semejante a una yema de huevo de gallina, razón por la cual lleva este nombre. A diferencia de las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, esta variedad es más conocida por la población y se encuentra en mercados, pues es utilizada para la preparación de platos típicos (Ramírez, 2010). Esta variedad se siembra entre 2.600 y 3.500 m de altura, y presenta un rendimiento de 12 T/ha (Cuesta et al., 2011).



**Figura 3. Variedad de papa nativa Yema de huevo**

### **Antocianinas**

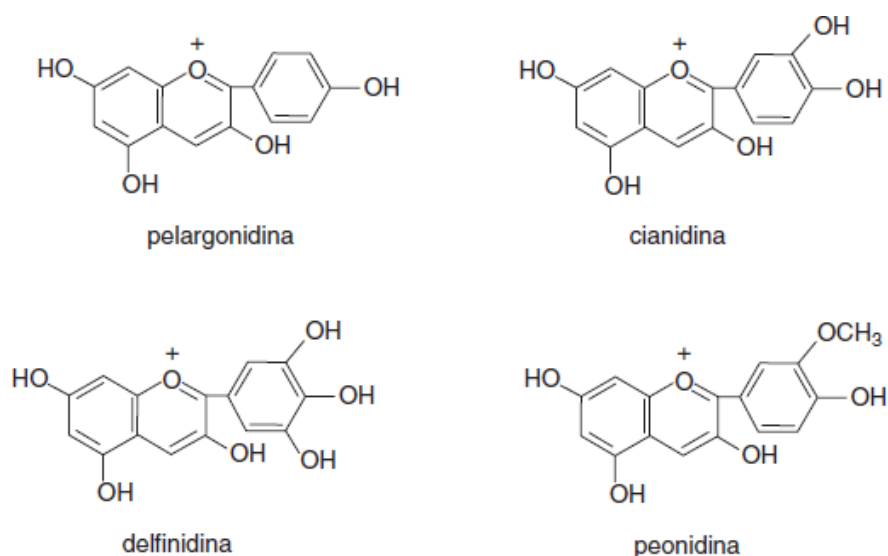
Según **Ocampo et al. (2008)**, las antocianinas son pigmentos hidrosolubles pertenecientes al grupo de los flavonoides que están constituidas por una molécula de antocianidina y un azúcar por medio de un enlace  $\beta$ -glicosídico, y en algunos casos por un enlace  $\alpha$ -glicosídico. La estructura química fundamental de la antocianidina es el catión flavilio (Figura 4).



**Figura 4. Estructura fundamental del catión flavilio. Fuente: Badui (2006)**

De todas las antocianidinas que existen las más importantes son: pelargonidina, delphinidina, cianidina, peonidina, petunidina y malvidina (Figura 5). En cuanto a los azúcares, los que comúnmente se encuentran son la glucosa y la ramnosa, seguidos de la galactosa, xilosa y arabinosa. Todos ellos se unen a la antocianidina por medio del hidroxilo de la posición 3, o de las posiciones 5 y 7. Cuando en una molécula se encuentran dos azúcares suelen ubicarse en las posiciones 3 y 5 y provocan una

estructura más estable que cuando solo existe un azúcar. La combinación de las diferentes formas de antocianidinas y azúcares genera alrededor de 150 antocianinas.

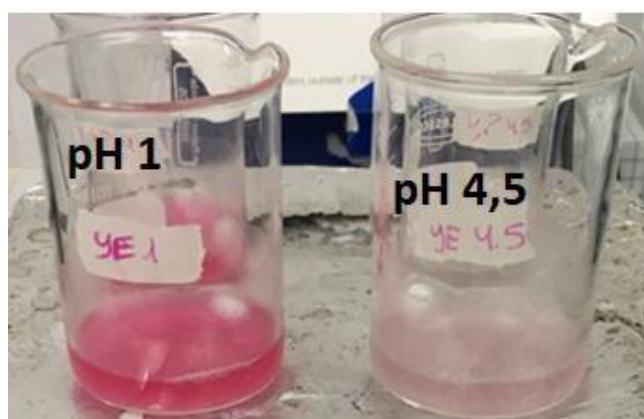


**Figura 5. Estructura de algunas antocianinas de importancia en alimentos. Fuente: Badui (2006)**

Uno de los primeros pigmentos caracterizados por Willstatter y Everest en 1913, fue la cianidina. Las antocianinas basadas en la cianidina aparecen con más frecuencia, siendo su porcentaje de ocurrencia del 50 %, mientras que para antocianinas con pelargonidina, peonidina o delfinidina es del 12 % y antocianinas basadas en petunidina o malvidina es de 7 %. Además, como glucósidos, los 3-glucósidos tienen una ocurrencia 2,5 veces mayor que los 3,5-diglucósidos, siendo el más común el cianidina-3-glucósido, mismo que se utiliza para expresar el contenido de antocianinas totales (Lock, 1997). De acuerdo a un estudio en el que se analizó la capacidad antioxidante de cinco antocianos puros (delfinidina, cianidina, peonidina, pelargonidina y malvidina) se determinó que la delfinidina y cianidina 3-glucósido presentaron actividad antioxidante casi dos veces superior al Trolox (análogo comercial de la vitamina E) (Kuskoski et al., 2005).

Tanto la concentración como la estabilidad de las antocianinas en los alimentos puede ser alterada por la acción de diferentes factores como temperatura, pH, luz, oxígeno, actividad enzimática y la presencia de ácido ascórbico, azúcar o sales de sulfito (Tierno et al., 2015). Intrínsecamente, el color de las antocianinas depende de los

sustituyentes químicos y la posición de los mismos en el ión flavilio, esto está directamente relacionado con el pH. Así, a un pH ácido se genera la estructura del catión flavilio de colores rojos. Si se aumentan los grupos hidroxilos se altera esta estructura hasta llegar a la forma de base quinoidal que intensifica el color azul y si se continúa hidratando el catión flavilio y subiendo el pH se produce la base carbinol que no absorbe luz por lo cual se mantiene incolora (Ortíz et al., 2011; Guarnizo et al., 2009). Además, Wang et al., (2016) mencionan que a un pH 3 o 4 las antocianinas del camote alcanzan su mayor estabilidad y que la producción de ácidos orgánicos como el ácido acético o ácido málico en la fermentación del tubérculo incrementan la estabilidad de los pigmentos. En la figura 6 se muestra la diferencia de color de las antocianinas de la papa *Yana Shungo* a diferente pH.

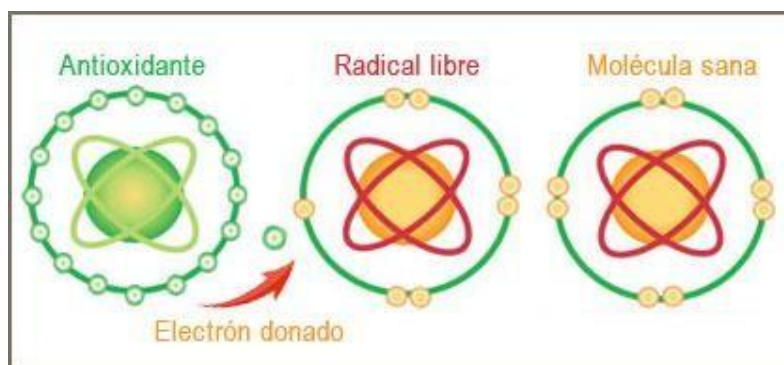


**Figura 6. Diferencia de color de antocianinas a pH 1 y pH 4,5**

Actualmente el interés en este tipo de pigmentos se ha intensificado debido a las propiedades antioxidantes y terapéuticas que presentan las antocianinas. Algunas de ellas son la reducción de las enfermedades coronarias y efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos. Además el mejoramiento de la agudeza visual y el comportamiento cognitivo (Ortíz et al., 2011).

Los antioxidantes naturales son elementos que detienen el proceso oxidativo actuando en defensa contra los radicales libres (Zaheer et al., 2014). Según Tanquina (2013), la oxidación es una reacción química en la que se transfiere un electrón desde una sustancia hasta un agente oxidante. Estas reacciones producen radicales libres e inician reacciones en cadena que deterioran las células. Debido a que los antioxidantes son

agentes reductores, detienen estas reacciones y el daño producido a las células (Figura 7).



**Figura 7. Actividad antioxidante contra los radicales libres. Fuente: Cebanatural (2016)**

La capacidad antioxidante de las papas se ha relacionado directamente con la concentración de antocianinas de la piel y la pulpa. Un estudio comparativo de la cáscara y pulpa de papa realizado en China reveló que el contenido de antocianinas, fenoles y actividad antioxidante es significativamente más alto en la cáscara que en la pulpa. La cáscara suele ser un subproducto de la industria de las papas que se desecha, aunque esta podría ser utilizada para producir pigmentos y antioxidantes naturales incrementando así el valor de las papas pigmentadas (**Liqin et al., 2016**). Además, la piel de las papas se considera como una fuente importante de fibra dietética (**Friendman, 2006**). La piel de la papa conserva minerales, vitaminas y fibra y dado que en las papas nativas no es necesario que se pele, el consumidor se beneficia de una gran riqueza nutricional (**Analuisa, 2012**).

Según **Wang et al. (2016)**, para explotar al máximo el potencial que ofrecen los tubérculos como la papa nativa y el camote se debería utilizar toda la planta, es decir; el tubérculo, la cáscara del tubérculo, los tallos y las hojas debido a que cada parte tiene diferentes efectos benéficos en la salud y posiblemente el combinar todas estas partes puede resultar en un método más poderoso para el tratamiento de enfermedades que usando solo una parte de la planta. Además, este podría ser un buen enfoque para minimizar el desperdicio de comida.

## Micronutrientes

Con respecto a los minerales, son sustancias nutritivas de origen inorgánico que se encuentran en cantidades muy pequeñas en los alimentos. No se destruyen por efectos de la cocción o preparación de alimentos. Solamente se pierden al disolverse en el agua de cocción, si ésta no se utiliza posteriormente en otras preparaciones (**García, 1983**).

Según **Vásquez et al. (2005)**, en el organismo humano, los minerales suponen de un 4 a 5 % del peso corporal total (2,8 kg para un hombre de 70 kg). Este peso mayoritariamente proviene del calcio y fósforo y en menor cantidad de magnesio, sodio, cloro, potasio y azufre. Además entre los oligoelementos más importantes se encuentran: hierro, zinc, cobre, yodo, manganeso, flúor, molibdeno, cobalto, selenio y cromo. Todos ellos cumplen funciones esenciales en el organismo y tanto su exceso como carencia provoca trastornos y anomalías. En la Tabla 2 se presentan los minerales esenciales para adultos, entre ellos el magnesio, el calcio y el hierro.

**Tabla 2. Ingesta diaria recomendada para adultos (IDR) de minerales esenciales**

Mineral	IDR	Unidad
Calcio (Ca)	1000 - 1200	mg
Fósforo (P)	800	mg
Magnesio (Mg)	300	mg
Hierro (Fe)	10 - 15	mg
Zinc (Zn)	15 - 40	mg
Yodo (I)	150	mg

**Fuente: Nelson (2005)**

Los minerales realizan dos de las tres funciones básicas de los nutrientes contenidos en los alimentos. Primero, muchos se utilizan como elementos para la construcción de los tejidos corporales, entre ellos los huesos, dientes, músculos y otros. Segundo, algunos de los minerales forman parte de enzimas implicadas en la regulación del metabolismo (**Vásquez et al., 2005; Williams, 2002**).

El Fe es un elemento traza que funciona a través de su incorporación con proteínas y enzimas como la hemoglobina, mioglobina y citocromo C. Estos elementos son esenciales para la producción de energía en la mitocondria y el rendimiento físico en general. Además, realiza el transporte de oxígeno en la sangre. Los humanos requieren

una fuente abundante y regular de Fe para mantener una vida saludable. Esto ha sido ampliamente estudiado y los resultados muestran que la tercera parte de la población mundial sufre de deficiencia de Fe, haciendo que este desorden sea la deficiencia de nutrientes más común en el mundo (**Charlinton, 2008; Anderson et al., 2012**).

Más del 99 % del Ca total en el cuerpo se encuentra en los huesos y los dientes, donde funciona como un elemento estructural, dándoles fuerza y rigidez. El resto del Ca en el cuerpo sirve de señal para algunos procesos fisiológicos vitales como la contracción vascular, coagulación de la sangre, contracción de los músculos y transmisión nerviosa. La ingesta inadecuada de calcio ha sido asociada con el incremento del riesgo de osteoporosis, nefrolitiasis, cáncer colorrectal, hipertensión, enfermedades coronarias, resistencia a la insulina y obesidad. La mayoría de estas enfermedades tienen tratamiento pero no cura por lo que su prevención es importante (**OMS, 2008**)

Según **Walji (2003)**, el Mg es uno de los minerales más abundantes en el cuerpo humano, después del Ca y el P. El 60 % del Mg se combina con estos elementos en la estructura ósea, mientras que el 26 % se encuentra en el músculo y el resto en tejidos blandos y fluidos corporales. Este micronutriente es esencial para la liberación de la energía, el crecimiento y los impulsos nerviosos. Además, los músculos y nervios necesitan una cantidad adecuada de Mg para funcionar adecuadamente por lo que su carencia puede tener repercusiones en casi todas las funciones del cuerpo.

A diferencia de las antocianinas, los minerales son más resistentes y no se eliminan con las temperaturas usuales de cocción. Según **Lakra et al. (2011)**, después de aplicar una cocción e incluso un autoclavado no se encontró diferencia significativa en el contenido de Mg, Fe, Mn y Zn en legumbres. Además, la cocción podría disminuir la acción del ácido fítico, polifenoles, saponinas e inhibidores de la tripsina. Según **Zaheer et al. (2014)**, los glicoalcaloides presentes en la cáscara de la papa, pueden causar problemas de salud en altas concentraciones (>200 ppm). Sin embargo, procesos térmicos como el horneado o fritura pueden reducirlos hasta un 93 %, por lo que el contenido de glicoalcaloides en la cáscara de la papa no representa un problema para su consumo.



## **2.2 Hipótesis**

El tipo de variedad de papa nativa y la presentación de la misma (pelada y entera) tienen influencia significativa sobre el contenido de antocianinas, hierro, magnesio y calcio.

## **2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **Variables independientes**

Variedades de papa nativa

Presentación de la papa

### **Variables dependientes**

Concentración de antocianinas

Contenido de hierro

Contenido de magnesio

Contenido de calcio

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

##### **Materia prima**

Se empleó papas nativas de las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* cosechadas en la comuna de Tamboloma, perteneciente a Pilahuín, Provincia de Tungurahua. Las muestras fueron proporcionadas por el Consorcio de Productores de Papa del Ecuador (CONPAPA) ubicado en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato. Se trabajó con 25 kg de cada variedad de papa, destinando 5 kg para preparación de la muestra y posterior determinación de antocianinas, micronutrientes y composición química (humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra). Los 20 kg de papa restantes se utilizaron para los análisis correspondientes a la caracterización física (color, peso, volumen, densidad, y diámetro ecuatorial y longitudinal).

##### **Material de laboratorio**

- Tamices HUMBOLDT de 150 micras
- Cuchillos de acero inoxidable
- Fundas plásticas herméticas marca Ziploc®
- Etiquetas
- Vasos de precipitación de 20, 50, 250, 500 y 600 ml
- Balones de aforo de 10, 25, 50, 100 y 500 ml
- Matraces de 50 ml
- Probetas de 10 y 40 ml
- Dedales de celulosa
- Pera de succión
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Pipetas de Pasteur
- Micropipetas Transferpette® S de 20-200  $\mu\text{L}$  y 100-1000  $\mu\text{L}$

- Puntas de micropipeta
- Pinzas metálicas
- Crisoles de porcelana de 30 ml
- Guantes para calor
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla para solventes orgánicos
- Agitadores magnéticos
- Tubos para centrifuga de 15 ml
- Jeringas de 1 ml
- Filtros para jeringas de 0,45  $\mu\text{m}$
- Celdas de plástico de 1 cm

### **Reactivos**

- Agua destilada
- Agua desmineralizada
- Etanol al 96 %
- Hexano al 95 %
- Éter dietílico al 99,7 %
- Ácido sulfúrico al 1,25 %
- Hidróxido de potasio al 1,25 %
- n-octanol
- Ácido clorhídrico concentrado
- Ácido nítrico concentrado
- Ácido nítrico al 1 %
- Acetato de sodio 1 M
- Cloruro de potasio 0,2 N
- Ácido clorhídrico 0,2 N
- Ácido clorhídrico 1 N
- Estándares de minerales PG Instruments STDS-CA, STDS-FE y STDS-MG de 1000 ppm en 0,5 M de  $\text{HNO}_3$
- Cloruro de lantano al 1 %
- Gas: Aire/Acetileno AA 2.5 Linde al 99,5 %

- Gas: Acetileno/óxido nitroso

### **Equipos**

- Procesador de papas Robot Coupe CL Ultra
- Secador de bandejas GANDER MTN
- Molino M20 IKA WERKE
- Calibrador pie de rey BP GOLD
- Balanza analítica XPE204
- Balanza infrarroja HX204
- pH-metro METTLER TOLEDO
- Estufa BINDER
- Mufla NABERTHERM
- Centrífuga K PLC SERIES
- Plancha de agitación y calentamiento IKA C-MAG HS7
- Desecador
- Velp Científica Solvent extractor SER 148 (para grasa)
- Velp Científica Raw fiber (para fibra)
- Espectrofotómetro UV visible EVOLUTION 201
- Colorímetro Lovibond LC 100
- Espectrofotómetro de absorción atómica AA500 PG Instruments

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1. Preparación de la muestra de papa**

Una muestra de 2 kg de papa variedad *Puca Shungo* se lavó, pesó y dividió en dos lotes de acuerdo al diseño experimental; luego se peló 1 kg de papa en forma manual (sin cáscara) y se sumergió en agua de llave. El kilogramo restante se mantuvo entero (con cáscara). Se procedió de igual manera con las variedades *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.

A continuación, las muestras se lavaron y cortaron en forma de hojuelas de 5 mm de grosor mediante un procesador de papas de acero inoxidable. Inmediatamente las

muestras se sometieron a secado a 50 °C durante 24 horas, se molieron y tamizaron hasta obtener una granulometría de 100 Mesh (tamiz de 150 micras). Finalmente, las muestras secas se empacaron en fundas sellables Ziploc® y se almacenaron en un lugar seco.

### **3.2.2. Caracterización física**

#### **3.2.2.1. Determinación de color**

Definir el color de los alimentos es muy importante; sin embargo, la percepción humana del color se puede ver afectada por diferentes factores como la iluminación, el tamaño de la muestra y el ángulo de observación. Es por esto que existen instrumentos colorimétricos que ayudan a tener condiciones estándar y que permiten asegurar la consistencia y repetitividad de cada muestra. Esta cuantificación del color, en colorimetría, está basada en la teoría del color, la cual dice que el ojo humano posee tres receptores para los colores primarios de carácter aditivo (rojo, verde y azul) y que los demás colores son las mezclas de estos tres colores primarios. De esta manera los colorímetros emplean tres fotocélulas como receptores para “ver” el color de la misma manera que lo hace el ojo humano (Ulloa, 2007).

Según la Comisión Internacional d’Eclairage (CIE), el color puede definirse mediante tres propiedades principales que son la luminosidad ( $L^*$ ), el tono ( $h$ ) y la saturación ( $C$ ).  $L^*$  se refiere a la cantidad de luz que refleja un objeto a partir de un estándar de luz blanca (D65) incidente en su superficie.  $h$  se refiere a una propiedad cualitativa del color determinada por la longitud de onda predominante que refleja su superficie; es lo que hace que se pueda diferenciar el color rojo del verde o del amarillo, por ejemplo.  $C$  es un parámetro que indica el grado de pureza de un color, oscilando entre 100 (saturación máxima de color, o color puro) y 0 (desaturación total o situación en la que la superficie de un objeto se ve totalmente gris, sin percibirse ninguna tonalidad de color) (Aparici, 2010; LOVIBOND, 2016); Konica-Minolta, 2007). De esta forma, los colores que carecen de blanco se dice que tienen una saturación máxima.

Para la determinación del color, se tomaron 10 papas de cada variedad, se cortaron por la mitad longitudinalmente, y se midió el color de la pulpa de cada papa por triplicado

mediante un colorímetro Lovibond LC 100. Este equipo automáticamente emitió un promedio de los valores de L\* (Luminosidad), a\* (componente rojo-verde), b\* (componente amarillo-azul), croma (saturación) y h (tono), en base al espacio de color CIE Lab.

#### **3.2.2.2.Determinación de peso**

Se tomaron y etiquetaron diez unidades de papa de cada variedad, y se registró la lectura de cada una de ellas mediante la utilización de una balanza analítica Mettler-Toledo XPE204 calibrada con precisión 0,1 mg.

#### **3.2.2.3.Determinación de volumen**

Se determinó el volumen de la papa mediante el método de inmersión en líquidos, mismo que toma como base el principio de Arquímedes: un cuerpo que se encuentra sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta una fuerza ascendente igual al empuje del peso del líquido desplazado, por lo tanto el volumen de líquido que se desplaza es igual al volumen de la parte que está sumergida del cuerpo (**Ramírez, 2010**).

Para ello, se utilizó un vaso de precipitación de 600 ml, mismo que se colocó sobre un recipiente para recoger el agua desplazada, luego con cuidado se introdujo la papa y se midió el volumen de agua desplazado. Esta cantidad de agua es igual al volumen de la papa. Se realizó el mismo ensayo con diez papas de cada variedad.

#### **3.2.2.4.Determinación de densidad**

Una vez obtenidos los valores de peso y volumen de cada variedad de papa, se calculó la densidad de cada una de ellas mediante la ecuación 1:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ecuación 1

Donde:

m = Masa en gramos

v = Volumen en mililitros

### 3.2.2.5. Determinación del diámetro ecuatorial y longitudinal

Se tomaron las mismas muestras anteriores de papa y mediante la utilización de un calibrador pie de rey, se midieron los valores del lado izquierdo al lado derecho (diámetro ecuatorial) y de la parte superior a la parte inferior (diámetro longitudinal) de cada papa de cada variedad. En la Figura 8 se muestra la orientación de cada diámetro.



Figura 8. Diámetro longitudinal y ecuatorial de la papa nativa

### 3.2.3. Caracterización química

#### 3.2.3.1. Determinación de grasa

Para la determinación de grasa se tomó como base el método oficial 2003.06 de la AOAC (2006). Las determinaciones se realizaron por triplicado de la misma muestra preparada. Previamente, se lavaron los vasos del equipo y se secaron en una estufa a 102 °C durante 3 h. Luego se enfriaron en un desecador y posteriormente se pesaron. En los dedales de celulosa se pesaron 5 g de cada muestra de harina y en los vasos secos se colocaron 50 ml de hexano. Luego, tanto los dedales como los vasos se ubicaron en el equipo VELP Científica Solvent Extractor (Soxhlet) y se inició el primer ciclo de extracción de grasa. Este proceso se mantuvo durante 4 h a 160 °C. Una vez terminado este tiempo se inició el segundo ciclo de recuperación de hexano durante 30 min. Luego, los vasos se colocaron en la estufa a 60 °C para su secado y posterior enfriamiento en un desecador. Finalmente se pesaron los vasos. Las muestras desengrasadas de los dedales se recogieron para su posterior análisis de fibra. El porcentaje de grasa se calculó mediante la ecuación 2.

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{F - T}{S} * 100$$

Ecuación 2

Donde:

F = Masa del vaso con grasa en gramos

T = Masa del vaso vacío en gramos

S = Masa de la muestra en gramos

### **3.2.3.2. Determinación de proteína**

El análisis de proteína de la papa se efectuó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LACONAL) utilizando el método oficial 2001.11 AOAC (2001).

### **3.2.3.3. Determinación de fibra cruda**

Para este análisis se tomó como referencia el método oficial 962.09 de la AOAC (1982) utilizando el equipo Velp Cientifica Raw fiber extractor (Kjeldahl).

Previamente, se lavó y secó los vasos del equipo a 102 °C durante 2 h. Luego se pesó 1 g de muestra en cada vaso y se colocó en el equipo. A continuación se añadieron 150 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1,25 % en cada columna y se llevó a ebullición durante 30 min. Una vez terminado el tiempo, se conectó el vacío y se lavó tres veces cada vaso con agua destilada hirviendo.

Seguidamente, se añadieron 150 ml de NaOH al 1,25 % en cada columna, se llevó a ebullición durante 30 minutos y de igual forma se lavó tres veces cada vaso con agua destilada hirviendo. A continuación se realizó un último lavado con agua destilada fría. Luego se retiró los vasos y se los llevó a la estufa a 105 °C durante 1 h. A continuación se colocaron los vasos en un desecador y una vez fríos se los pesó. En este punto se obtuvo el peso de los vasos más la fibra y cenizas.

Para determinar las cenizas se llevaron los vasos a un horno mufla a 550 °C durante 8 h, luego se enfriaron en un desecador y se pesaron. Así, se obtuvo el peso de los vasos más las cenizas. El porcentaje de fibra cruda se calculó mediante la ecuación 3.



$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{F1-F2}{F0} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

F0 = Masa de la muestra en gramos

F1 = Masa de la fibra cruda y ceniza en gramos

F2 = Masa de la ceniza en gramos

#### **3.2.3.4. Determinación de humedad**

Se cortaron finamente 2 g de papa y se colocaron en una balanza infrarroja Mettler-Toledo HX204 a una temperatura de secado de 150 °C. El ensayo se realizó diez veces por cada variedad de papa.

#### **3.2.3.5. Determinación de cenizas**

Para la determinación de cenizas se tomó como base el método oficial 923.03 de la AOAC (1990). Previamente, se lavaron los crisoles y se colocaron en la mufla a 650 °C durante 4 h. Luego, se enfriaron en un desecador y posteriormente se pesaron. Inmediatamente se pesaron aproximadamente 0,8 g de harina seca en cada crisol. A continuación, se colocaron los crisoles en la mufla a 650 °C durante 8 h. Una vez terminada la calcinación, se retiraron los crisoles con las cenizas y se enfriaron en un desecador. Posteriormente se pesó cada crisol y se calculó el porcentaje de cenizas mediante la ecuación 4.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{C3-C1}{C2-C1} * 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

C1 = Masa del crisol vacío en gramos

C2 = Masa del crisol con la muestra en gramos

C3 = Masa del crisol con las cenizas en gramos

#### **3.2.3.6. Determinación de carbohidratos**

Según **Pérez et al. (2013)**, una vez obtenidos los valores de proteínas, humedad, grasa, cenizas y fibra cruda se puede calcular el contenido de carbohidratos por diferencia, utilizando la ecuación 5.

$$\% \text{ Carbohidratos} = (100 - (\text{Proteínas} + \text{Humedad} + \text{Grasas} + \text{Cenizas} + \text{fibra cruda}))$$

Ecuación 5

### 3.2.3.7. Determinación de energía

Para la determinación de energía se consideró que tanto las proteínas como los carbohidratos aportan 4 kcal/g, mientras que las grasas aportan 9 kcal/g. Con ello, se aplicó la ecuación 6.

$$\text{Energía} \left( \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right) = ((\text{Proteínas} \times 4) + (\text{Grasa} \times 9) + (\text{Carbohidratos} \times 4))$$

Ecuación 6

### 3.2.3.8. Determinación de antocianinas totales

Las antocianinas son pigmentos que sufren cambios en su estructura dependiendo del pH en el que se encuentren. A pH 1 se forma el ion flavilio y se intensifica al máximo el color rojo de estos pigmentos mientras que a pH 4,5 el pigmento se decolora. De esta manera se utilizó la diferencia de la intensidad de color de ambos pH para determinar el contenido de antocianinas totales expresado como cianidina 3-glucósido. Para ello, se utilizó el método de pH diferencial desarrollado por **Giusti & Wrolstad (2001)** mediante espectrofotometría UV-visible.

Se pesaron 0,25 g de harina de papa *Puca Shungo* por duplicado. En un vaso se agregaron 10 ml de buffer pH 1 y en el otro 10 ml de buffer pH 4,5, previamente preparados. Luego, se llevó los vasos a agitación magnética durante 1 h. A continuación se colocó las soluciones agitadas en tubos y se centrifugó durante 30 min a 8000 rpm. Al mismo tiempo se encendió el espectrofotómetro UV-visible.

Una vez terminado el centrifugado, se midió la absorbancia de la muestra a pH 1 a las longitudes de onda de 510 y 700 nm utilizando como blanco el buffer de pH 1. De igual manera se midió la absorbancia de la muestra a pH 4,5 a ambas longitudes de onda y utilizando como blanco el buffer pH 4,5. Se determinó el promedio de la absorbancia mediante la ecuación 7, y el contenido total de antocianinas mediante la ecuación 8. Se procedió de la misma manera con las otras variedades, utilizando 0,05 g y 0,6 g de muestra para *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, respectivamente.

$$\text{Absorbancia} = (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{pH1} - (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{pH4.5} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$A_{\lambda \text{ vis-max}}$  = Absorbancia a 510 nm

$A_{700}$  = Absorbancia a 700 nm

$$\text{Antocianias} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A * MW * DF * 1000}{\epsilon * 1}$$

Ecuación 8

Donde:

A = Absorbancia

MW = Peso molecular de cianidina 3-glucósido (449,2 g/mol)

DF = Factor de dilución

$\epsilon$  = Coeficiente de absortividad de cianidina 3-glucósido (26.900 L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>)

### 3.2.3.9. Determinación de Hierro, Magnesio y Calcio

Para la determinación de Fe, Mg y Ca se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica AA500 de llama (PG Instruments) y tomando como base los métodos oficiales de la AOAC: para Fe el método 999.11 y para Ca y Mg el método 984.27

#### Preparación de la muestra

La calcinación de las muestras de papa se realizó conforme al método 923 de la AOAC (1990) utilizando 0,7 g de muestra. Una vez obtenida la ceniza, se procedió a la fase de digestión añadiendo al crisol 500  $\mu$ L de HCl y 250  $\mu$ L de HNO<sub>3</sub> concentrado. Se dejó en reposo durante 15 min con el propósito de disolver la ceniza en el ácido; y en el caso de ciertas muestras, se utilizó una plancha de calentamiento. Seguidamente, se filtró la muestra utilizando una jeringa de 1 ml y filtros desechables. Luego, se aforó a 25 ml con HNO<sub>3</sub> al 1 % y se guardó en un recipiente adecuado. Se realizó este proceso 5 veces para cada presentación de cada variedad de papa.

#### Configuración y preparación del equipo

El espectrofotómetro de absorción atómica consta de mechero, lámparas, compresor, sorbona, cilindros de gas, computadora y horno de grafito. En la presente investigación se utilizó el método de la llama, más no el de horno de grafito por lo que los gases se ajustaron de acuerdo al mineral a medir. La mezcla de aire/acetileno se utilizó para Fe

y Mg, mientras que el acetileno/óxido nitroso para Ca. De igual manera se colocó el mechero adecuado para cada gas, la diferencia entre ambos radica en el tamaño de la abertura por donde sale la llama. La llama de acetileno/óxido nitroso es más grande que la de aire/acetileno por lo que la abertura del mechero del primero es más amplia. En la computadora se configuraron algunos parámetros según en el Cookbook del equipo, tales como la longitud de onda y las lámparas para cada mineral. Las longitudes de onda óptimas fueron 248,34, 285,27 y 422,74 nm para Fe, Mg y Ca, respectivamente.

### **Determinación del analito (Fe, Mg y Ca)**

Previo a la determinación de los micronutrientes, se realizó una curva de calibración para cada mineral. Para esto se utilizaron estándares de 1000 ppm de Fe, Mg y Ca que se llevaron a 5 diluciones con concentraciones más bajas y aforadas con HNO<sub>3</sub> al 1 %. Estos patrones fueron de 0,1 a 2, 0,06 a 0,48 y 0,25 a 2 ppm para cada mineral, respectivamente. Además, como blanco se utilizó la solución de HNO<sub>3</sub> al 1 %. En el caso del Mg se añadió LaCl<sub>3</sub> al 1 % en los patrones, diluciones a medir y blancos para evitar interferencias y lograr mediciones con menor error.

Luego de haber obtenido las absorbancias de las curvas de calibración se procedió a medir las muestras de papa nativa. Para ello se prepararon diluciones de cada muestra. Para medir Fe, Mg y Ca se tomaron 5 ml, 200 µL y 1 ml de muestra, y se aforaron a 10, 25 y 10 ml, respectivamente.

Para la cuantificación de cada micronutriente, se utilizó la ecuación 9 y se consideraron las diluciones y aforos realizados, y el peso de cenizas de cada muestra.

$$x = \frac{y-b}{m}$$

Ecuación 9

Donde:

x = Concentración ( $\mu\text{g}$ ) de Fe, Mg o Ca

y = Absorbancia de la muestra analizada

b = Intercepto de la recta de la curva de calibración

m = Pendiente de la recta de la curva de calibración

### 3.3 Diseño Experimental

En esta investigación se utilizó un diseño experimental AxB, donde se plantearon como variables independientes la variedades de papa (*Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*) y su presentación (con y sin cáscara) y, como variables dependientes, los valores de concentración de antocianinas y micronutrientes (Fe, Mg y Ca). El procesamiento de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y las medias fueron comparadas según la prueba de Tukey con una significancia del 5 % mediante el software estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV.II

Así, los factores y niveles del diseño experimental fueron los siguientes:

#### Factores

a = Variedad

b = Presentación

#### Niveles

a<sub>0</sub> = Puca Shungo

a<sub>1</sub> = Yana Shungo

a<sub>2</sub> = Yema de huevo

b<sub>0</sub> = Con cáscara

b<sub>1</sub> = Pelada

Luego, los tratamientos fueron los siguientes:

a<sub>0</sub>b<sub>0</sub> = Puca Shungo con cáscara

a<sub>0</sub>b<sub>1</sub> = Puca Shungo pelada

a<sub>1</sub>b<sub>0</sub> = Yana Shungo con cáscara

**a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>** = Yana Shungo pelada

**a<sub>2</sub>b<sub>0</sub>** = Yema de huevo con cáscara

**a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>** = Yema de huevo pelada

La determinación de antocianinas y micronutrientes se realizó por triplicado y quintuplicado, respectivamente.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis y discusión de los resultados

##### 4.1.1. Caracterización física de las variedades de papa nativa

En la Tabla 3 se muestran los resultados de las características físicas (peso, volumen, densidad, diámetro y color interno de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.

**Tabla 3. Datos referenciales de peso y volumen de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de Huevo***

Parámetro	Variedad de papa <sup>1</sup>		
	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>	<i>Yema de Huevo</i>
Peso (g)	171,20 ± 16,55 <sup>b</sup>	272,30 ± 56,37 <sup>a</sup>	41 ± 3,71 <sup>c</sup>
Volumen (ml)	126 ± 16,07 <sup>b</sup>	207 ± 45,95 <sup>a</sup>	37 ± 3,02 <sup>c</sup>

##### 4.1.1.1 Peso y volumen

Como se puede observar en la Tabla 3, los resultados de peso y volumen fueron diferentes para cada variedad. Según la prueba de rangos múltiples de Tukey con un 95 % de confianza, se presentó diferencia significativa entre las tres variedades. La papa con valores más altos fue la *Yana Shungo* con 272,30 g y 207 ml de peso y volumen, respectivamente. Además, en esta variedad se presentó la mayor cantidad de tubérculos de diferentes tamaños y pesos, apreciable en su elevada desviación típica. Al contrario, en la variedad *Yema de huevo* se presentó la menor desviación estándar en cuanto a estos parámetros. Villacrés et al. (2005) mencionan que en general las papas nativas presentan tubérculos de diferentes tamaños y pesos (entre 20 g y mayores a 90 g).

**Tabla 4. Caracterización física de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo***

Parámetro		Variedad de papa <sup>1</sup>		
		<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>	<i>Yema de huevo</i>
<b>Densidad (g/ml)</b>		1,37 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,36 ± 0,23 <sup>a</sup>	1,11 ± 0,03 <sup>b</sup>
<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Longitudinal</b>	8,12 ± 0,45 <sup>b</sup>	11,52 ± 1,41 <sup>a</sup>	4,37 ± 0,21 <sup>c</sup>
	<b>Ecuatorial</b>	6,66 ± 0,34 <sup>a</sup>	7,29 ± 0,59 <sup>a</sup>	4,03 ± 0,20 <sup>b</sup>
<b>Color interno</b>	<b>L* (Luminosidad)</b>	32,13 ± 3,52 <sup>b</sup>	19,2 ± 1,13 <sup>c</sup>	65,3 ± 0,81 <sup>a</sup>
	<b>h (Tono)</b>	354,72 ± 1,71 <sup>a</sup>	325,9 ± 4,89 <sup>b</sup>	78,5 ± 0,38 <sup>c</sup>
	<b>C (Saturación)</b>	17,35 ± 0,94 <sup>b</sup>	10 ± 1,18 <sup>c</sup>	42 ± 1,40 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Letras diferentes en forma horizontal representan diferencias significativas al 95 % de probabilidad

#### 4.1.1.2 Densidad

Según **Sumba (2008)** tanto la densidad como la gravedad específica son factores importantes en el procesamiento de los tubérculos, ya que son un indicativo del contenido de materia seca. Además, se consideran una referencia para evaluar la calidad de los tubérculos al someterlos a fritura o cocción. Así, en el proceso de fritura de hojuelas de papa, una densidad mayor a 1,085 g/ml permite obtener un buen rendimiento, buena textura y color (**Martínez, 2009**). Como se puede observar en la Tabla 4, los valores de densidad obtenidos fueron 1,37 g/ml 1,36 g/ml y 1,11 g/ml para papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, respectivamente; por lo tanto todas las variedades fueron aptas para este procesamiento. De acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey, la densidad entre las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ); contrariamente a lo observado con la variedad *Yema de huevo* que si presento diferencia significativa tanto con la variedad *Puca Shungo* como con la *Yana Shungo*.

#### 4.1.1.3 Diámetro longitudinal y ecuatorial de la papa

En la Tabla 4 se observan los diámetros longitudinal y ecuatorial de las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, mismos que fueron superiores a los reportados por **Untuña (2013)**, 5,52 ± 0,40 cm y 7,89 ± 0,41 cm de diámetro longitudinal, respectivamente. Similarmente, los diámetros ecuatoriales fueron superiores a los

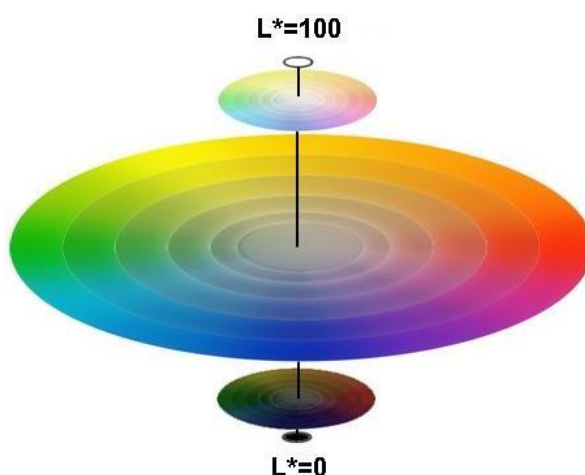


señalados por el autor indicado con  $5,93 \pm 0,57$  cm y  $6,11 \pm 0,70$  cm para las mismas variedades. Esta diferencia puede explicarse por la procedencia de las muestras de papa, pues para la presente investigación se emplearon muestras de la provincia de Tungurahua; mientras que las muestra utilizadas por **Untuña (2013)** corresponde a las provincias de Azuay e Imbabura. Según **Martínez (2009)**, las características morfológicas de la papa dependen en gran medida de las condiciones del clima, suelo y altura del lugar donde se realice la siembra. Es por esto que a pesar de que existen las mismas variedades de papa en Ecuador y Latinoamérica, los cultivos presentan ligeras diferencias, pues siempre se verán influenciados por el lugar de donde provienen.

Según la prueba de Tukey, el diámetro longitudinal de las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). Mientras que el diámetro ecuatorial entre las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* no presentó diferencia significativa, la variedad *Yema de huevo* si lo hizo con respecto a ambas variedades de papa morada.

#### 4.1.1.4 Color

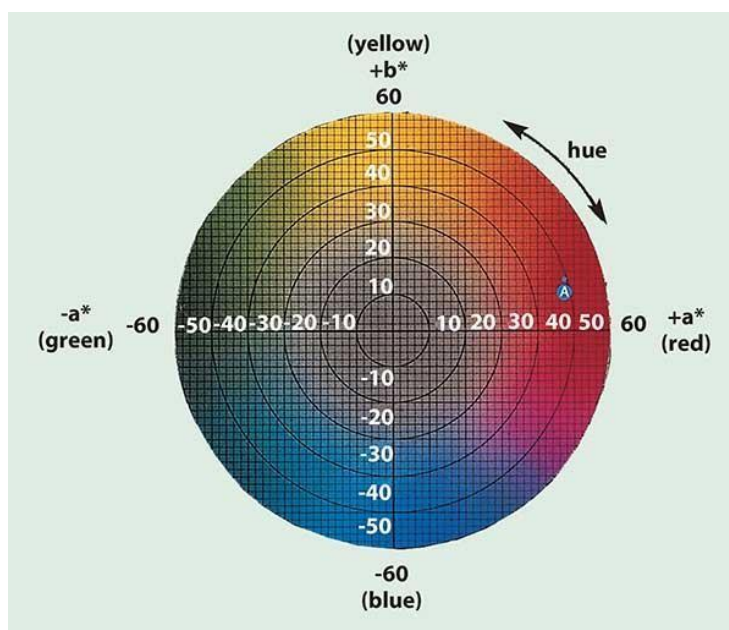
En la Tabla 4 se presentan los resultados de  $L^*$ ,  $h$  y  $C$  de las variedades de papa nativa.



**Figura 9. Escala de medición de luminosidad. Fuente: Hernández (2013)**

Como se puede observar en la Figura 9, la luminosidad se puede medir en una escala de 0 a 100. Los resultados de  $L^*$  de las variedades de papa morada presentaron una

menor luminosidad con valores de 32,13 y 19,2 para *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, respectivamente, mientras que la variedad *Yema de huevo* presentó mayor luminosidad al presentar valores de  $L^*$  de 65,3. El análisis de Tukey mostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades de papa. Sin embargo, las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* presentaron luminosidades similares mientras que la variedad *Yema de huevo* presentó un valor diferente.



**Figura 10. Plano cartesiano del color. Fuente: Hernández (2013)**

En la Figura 10 se pueden ubicar los resultados correspondientes a  $h$  de las variedades de papa. Los ángulos de tonalidad fueron  $354,72^\circ$  y  $325,9^\circ$  para las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, respectivamente; valores que se ubican en el cuarto cuadrante del plano cartesiano indicando la presencia de colores de tonalidades rojas y moradas. **Untuña (2013)** reportó valores similares de  $349,15^\circ$  y  $322,42^\circ$  para las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, respectivamente. En el caso de la papa *Yema de huevo* se obtuvo un tono de  $78,5^\circ$ , ubicado en el primer cuadrante y señalando la presencia de colores de tonalidad anaranjada.

En cuanto a  $C$ , se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre todas las variedades de papa, presentando valores de 17,35, 10 y 42 para *Puca Shungo*, *Yana*

*Shungo* y *Yema de huevo*, respectivamente. **Untuña (2013)** reportó valores semejantes de  $13,08 \pm 1,92$  y  $12,16 \pm 1,06$  para las dos primeras variedades, respectivamente.

Estadísticamente, se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre todas las variedades de papa, debido a los colores característicos de cada una de ellas: fucsia y rosado (*Puca Shungo*), morado (*Yana Shungo*), y amarillo y naranja (*Yema de huevo*).

El color de la pulpa tanto de la papa *Puca Shungo* como de la papa *Yana Shungo* es el factor que les ha permitido sobresalir sensorialmente en comparación a otras variedades de papa nativa que no poseen estos pigmentos (antocianinas). **Herrera et al. (2011)** señalan que el color es un parámetro muy importante pues es la primera propiedad sensorial que el consumidor aprecia y puede ser determinante en la decisión de compra. Así, **Monteros et al. (2011)** mencionan que el cultivo de papa *Yana Shungo* tiene un 76 % de aceptación en la ciudad de Quito, mientras que la papa *Puca Shungo* tiene un 74 % de aceptación, en ambos casos debido al color llamativo de la pulpa. En el mismo informe, se reportó que variedades de papa nativa con pulpa no llamativa como la *Coneja negra* y *Leona negra* tuvieron un 21 y 11 % de aceptación, respectivamente.

En la Figura 11 se muestran los colores predominantes de cada variedad de papa nativa.



**Figura 11.** Colores predominantes de las variedades de papa nativa *Yana Shungo*, *Puca Shungo* y *Yema de huevo*

#### 4.1.2. Caracterización química de las variedades de papa nativa

La papa es un alimento rico en carbohidratos que le hace ser una buena fuente de energía. Posee alrededor del 2,1 % de proteína, con aminoácidos que son adecuados para los requerimientos del ser humano. Además contiene muchos micronutrientes, incluyendo las vitaminas C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>6</sub> y minerales como Fe, K, P y Mg (Lakra et al., 2011). En la Tabla 4 se muestran los resultados de las características químicas (humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra cruda, carbohidratos y energía) de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* entera.

**Tabla 5. Caracterización química de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo***

Parámetro	Variedad de papa <sup>1</sup>		
	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>	<i>Yema de huevo</i>
Humedad (%)	76,3 ± 1,22 <sup>b</sup>	79,5 ± 0,93 <sup>a</sup>	78,6 ± 1,92 <sup>a</sup>
Cenizas (%)	3,5 ± 0,15 <sup>c</sup>	4,3 ± 0,16 <sup>a</sup>	4,0 ± 0,05 <sup>b</sup>
Grasa (%)	0,25 ± 0,046 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,029 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,085 <sup>c</sup>
Proteína <sup>2</sup> (%)	1,84	1,92	1,89
Fibra cruda (%)	0,76 ± 0,073 <sup>b</sup>	0,88 ± 0,099 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,095 <sup>c</sup>
Carbohidratos <sup>3</sup> (%)	17,35	13,01	14,87
Energía (kcal/g) <sup>3</sup>	79,05	63,23	68,48

<sup>1</sup> Letras diferentes en forma horizontal representan diferencia significativa. <sup>2</sup> Un solo ensayo. <sup>3</sup> Obtenida por cálculo matemático

##### 4.1.2.1. Humedad

Las variedades de papa *Yana Shungo*, *Yema de huevo* y *Puca Shungo* presentaron humedades de 79,5 ± 0,93 %, 78,6 ± 1,92 % y 76,3 ± 1,22 %, respectivamente. Estos valores corresponden a los de vegetales frescos, altos en humedad (entre 75-90 %) y también al contenido de humedad de la papa comercial (77 %) (INIAP, 2002). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey, existió diferencia significativa (p<0,05) entre las variedades *Yana Shungo* y *Yema de huevo* con la *Puca Shungo*. En consecuencia, también se puede observar que el contenido de materia seca de la variedad *Puca Shungo* (23,7 %) es mayor que las otras variedades. En la mayoría de usos de la papa es conveniente tener un alto contenido de materia seca, pues se relaciona con la consistencia y de esto depende la facilidad con la que el tubérculo se desintegra en el momento de procesarlo (Alvarado, 1996). La papa *Cecilia*, una de las

variedades mejoradas más consumidas en Tungurahua, presenta un contenido de materia seca de 20,34 % (Cuesta et al., 2011). Monteros et al., (2005) mencionan que las variedades de papa nativa tienen un mayor contenido de materia seca respecto a las variedades mejoradas, lo que les permite ofrecer mayor cantidad de nutrientes.

#### 4.1.2.2. Cenizas

Según Banderas (2012), las cenizas totales representan el contenido de la materia inorgánica del alimento, es decir, las sales minerales. Por lo tanto, el contenido de cenizas es un indicativo directo del contenido de micronutrientes. Éstos permanecen luego de que la materia orgánica se ha eliminado mediante calcinación.

Los resultados del contenido de cenizas de las tres variedades en estudio (Tabla 5) son relativamente altos con respecto al contenido en papa mejorada (1,08 %) (INCAP, 2012). Además, Wang et al. (2016) mencionan que en un estudio que involucró 80 variedades de camote o papa dulce se obtuvo un rango de 1,1 a 4,9 % de cenizas. De esta manera se puede observar que la papa nativa contiene un gran porcentaje de cenizas denotando así su rico contenido en micronutrientes. Más allá de la variedad de papa, un factor que contribuye al aumento del contenido de ceniza es la cáscara de la papa. Al comparar los contenidos de ceniza entre las variedades nativas, según la prueba de Tukey, se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades, siendo la *Yana Shungo* la que presentó un mayor contenido (4,3 %), luego la variedad *Yema de huevo* (4,0 %) y finalmente la variedad *Puca Shungo* (3,5 %).

#### 4.1.2.3. Grasas

A pesar de que el contenido de grasa en papa no es significativo, la mayoría de este contenido se encuentra en la cáscara del tubérculo (Llumiyinga, 2014; Herrera et al., 2011). Según Andrade et al. (2015), las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* presentan valores de 0,25 y 0,45 % de grasa, respectivamente, mientras que para la variedad *Yema de huevo* Ramírez (2010) reportó un 0,15 % de grasa. En el presente análisis (Tabla 5) se obtuvieron contenidos similares, 0,25 %, 0,39 % y 0,16 % para las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, respectivamente. Además, estos valores se encuentran cercanos al rango de grasa establecido por Wang

**et al. (2016)** para camote (0,2 % a 3,0 %). De esta manera se puede confirmar que el contenido de grasa en este tipo de tubérculos, así como en las frutas, no es relevante (**Llumiuinga, 2014**). De acuerdo a la prueba de Tukey, se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las tres variedades, siendo *Yana Shungo* la papa con mayor contenido de grasa.

#### **4.1.2.4. Proteína**

Como se puede observar en la Tabla 5, los resultados obtenidos de proteína en peso fresco fueron 1,84, 1,92 y 1,89 % para las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*; que corresponden a valores de proteína en peso seco de 7,78 %, 9,34 % y 8,83 %, respectivamente. **Cuesta et al. (2011)** mencionan los niveles de proteína para *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* de 7–9 %, 10–11 % y 6,4 %, respectivamente. Además, señalan que la variedad mejorada *Superchola* contiene 8,5 % de proteína. Esto permite afirmar que el contenido de proteína de las variedades nativas *Yana Shungo* y *Yema de huevo* es superior a la variedad mejorada *Superchola*.

Según **Villacrés et al. (2013)** combinando la proteína vegetal de la papa y la proteína animal del queso o los huevos se puede obtener el mejor sustituto de la carne. Siendo esta una buena opción para la alimentación vegetariana. Además, el valor biológico de la proteína de papa se considera superior al de los cereales debido a la presencia de lisina, aminoácido limitante en los cereales (**Paca, 2011**).

#### **4.1.2.5. Fibra cruda**

Según **Badui (2006)**, la fibra representa un amplio grupo de polisacáridos que no son aprovechados metabólicamente, es decir no se pueden digerir, pero sí cumplen un papel muy importante en el bienestar del ser humano. Además, estos polímeros no se encuentran en fuentes animales, son propios de los vegetales. La fibra cruda representa mayoritariamente la celulosa y lignina de un alimento. También están presentes, aunque en pequeñísimas cantidades, hemicelulosa, gomas, mucílagos y otras sustancias pécticas que en su gran mayoría se retiran en el proceso de extracción y que representan a la fibra dietética. Debido a que el proceso de extracción de fibra cruda se realiza con ácidos y bases fuertes, se provoca la pérdida del 70 % al 80 % de la

hemicelulosa y 30 % a 50 % de la celulosa. Por esto se considera que el valor de la fibra dietética es hasta seis veces mayor que el de la fibra cruda. **Banderas (2012)** señala que la extracción de fibra cruda es esencial para la determinación de carbohidratos disponibles de un alimento.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de fibra cruda en las tres variedades de papa. Las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* presentaron 0,76 y 0,88 % de fibra cruda, respectivamente, valores superiores a la presentada por la variedad *Yema de huevo* (0,48 %). Un estudio realizado en Tanzania reportó valores de 0,83 % y 0,93 % de fibra cruda para diferentes variedades de batata (**Mahungu, 2007**). Al comparar las tres variedades de papa mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las variedades.

#### 4.1.2.6. Carbohidratos

**Badui (2006)** menciona que los carbohidratos son los compuestos más abundantes en la naturaleza y también los más consumidos a nivel mundial, en muchos países constituyen del 50 al 80 % de la dieta de la población. Según **Muñoz (2014)**, la papa es una buena fuente de carbohidratos que contiene menos calorías y grasas que otras fuentes de carbohidratos como el pan, las pastas o el arroz.

El contenido de carbohidratos en las variedades de papa nativa se indica en la Tabla 5. Los contenidos de carbohidratos fueron de 17,35 %, 13,01 % y 14,87 % para las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, respectivamente. Los resultados fueron similares a los contenidos de carbohidratos reportados por la bibliografía para diferentes variedades de papa (20,13 %) (**INIAP, 2002**). Además, **Ramírez (2010)** obtuvo un promedio de 18,6 % de carbohidratos en papa *Yema de huevo* de diferentes localidades (Carchi y Cotopaxi). Debido a que los valores de carbohidratos no han sido cuantificados en el laboratorio sino que han sido calculados por diferencia de peso, pueden existir errores acumulados de las anteriores determinaciones (**Banderas, 2012**).

#### 4.1.2.7. Energía

Vergara (2008) señala que las papas tienen gran cantidad de almidón (carbohidratos), por lo cual son una buena fuente energética. En la Tabla 5 se indican los aportes energéticos de las variedades de papa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* los cuales fueron de 79,05 kcal/g, 63,23 kcal/g y 68,48 kcal/g, respectivamente, valores similares a los reportados para papa comercial (87,0 kcal/g) (INIAP, 2002). Según Zaheer et al. (2014), la población de países subdesarrollados que son incapaces de obtener productos con alto aporte energético como la carne y leche, usan las papas como su principal fuente energética. En el siglo XVII la papa se hizo famosa en Europa por ser un cultivo que salvaba gente durante las hambrunas. Además, cuando otros cultivos se perdían debido al clima, la papa resistía las condiciones y contribuía a los suministros de alimentos.

#### 4.1.2.8. Contenido de antocianinas en papa nativa, entera y pelada

Según Badui (2006) y Wang et al. (2016), las antocianinas son antioxidantes naturales pertenecientes a la familia de los flavonoides. Tienen varios beneficios en la salud principalmente por su actividad antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena, antidiabética y antitumoral. Además, actúan como agentes antihepatotóxicos (protección de las células del hígado), y anti-obesidad. Estos pigmentos son los responsables de una gran gama de colores como rojo, anaranjado, azul y púrpura. Se pueden encontrar tanto en la cáscara del fruto (manzanas y peras) como en la pulpa (fresas y ciruelas). En la Tabla 6 se presentan los resultados del contenido de antocianinas de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, en las presentaciones pelada y entera.

**Tabla 6. Contenido de antocianinas de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* (mg/100 g materia seca)**

<i>Puca Shungo</i>		<i>Yana Shungo</i>		<i>Yema de huevo</i>	
Pelada	Entera	Pelada	Entera	Pelada	Entera
32,10 ± 3,16 <sup>d</sup>	49,78 ± 3,09 <sup>c</sup>	211,17 ± 6,85 <sup>b</sup>	252,77 ± 5,51 <sup>a</sup>	0,56 ± 0,35 <sup>e</sup>	2,06 ± 0,49 <sup>e</sup>

Letras diferentes representan diferencias significativas al 95 %.



Se puede observar que las antocianinas están presentes tanto en la cáscara como en la pulpa del tubérculo, aunque las proporciones presentes en la piel varían sensiblemente en función de la variedad. Las variedades de papa nativa presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre ellas, observándose que la variedad *Yana Shungo* presenta los más altos contenidos de antocianinas, tanto entera como pelada. Le sigue en contenido la variedad *Puca Shungo*, y finalmente la variedad *Yema de huevo* con valores muy bajos.

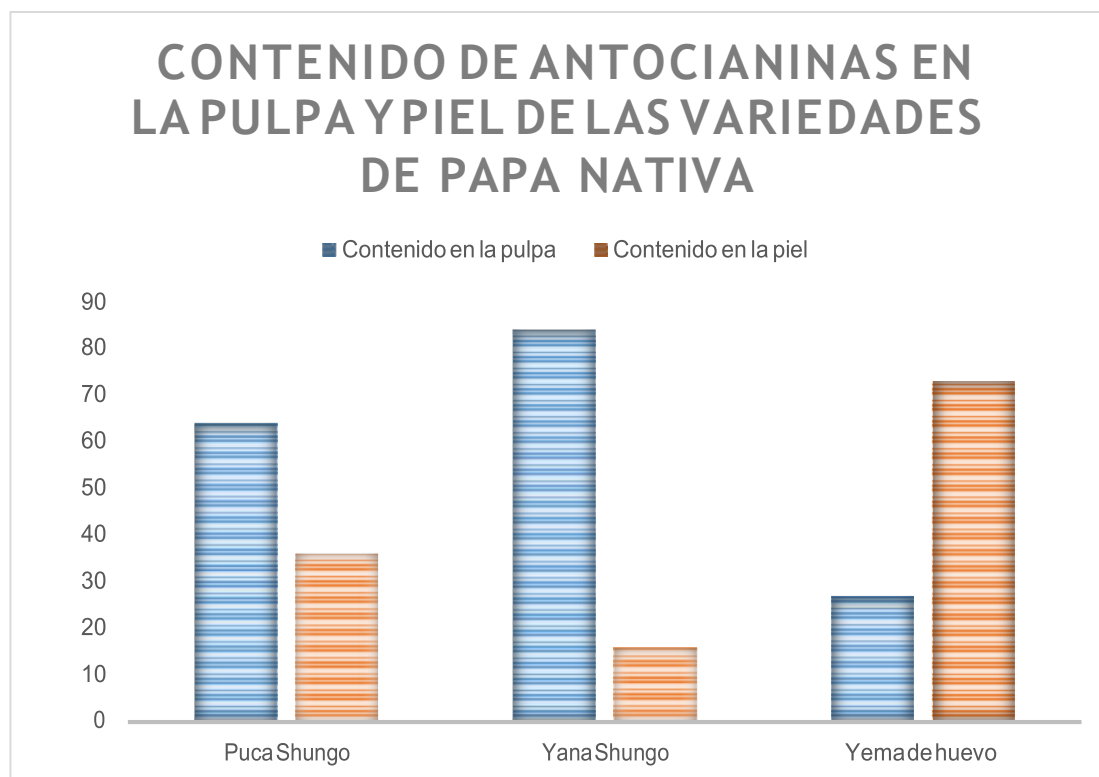
Según la prueba de múltiples rangos de Tukey con un 95 % de confianza, comparando el contenido de antocianinas de la papa de las tres variedades por presentación (pelada y entera), se observó que el contenido de antocianinas de la papa entera de las dos variedades (*Puca Shungo* y *Yana Shungo*) es superior al de la papa pelada. Mientras que entre las presentaciones de la variedad *Yema de huevo* no se presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre la pelada y entera, posiblemente por los bajos contenidos de antocianos de ambas fracciones (piel y pulpa) que dificultaron el encontrar diferencias significativas, debido al alto error relativo (ratio entre la desviación típica y el promedio) de la técnica analítica empleada.

Al comparar los contenidos de antocianinas de las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, pelada y entera, se observó diferencia significativa, por lo que se puede deducir que el consumo de papa con cáscara involucra un mayor consumo de antocianinas y un mejor efecto en la salud que el consumo de papa pelada.

En cuanto a la variedad *Yema de huevo* se encontraron valores muy bajos debido a que esta variedad de papa posee un color amarillo intenso que denota la presencia de carotenoides más no de antocianinas (**Herrera et al., 2011**). Según **Wang et al. (2016)**, el contenido de carotenoides depende del color. Así, el camote naranja, amarillo, crema, blanco y morado difirieron en su composición de carotenoides, siendo el tubérculo naranja el que presentó mayor concentración de carotenos.

**Fuenzalida (2008)** menciona que al evaluar dos variedades de papa, una nativa con pigmentación morada (rica en antocianinas) y una mejorada con pigmentación amarilla (rica en carotenoides) con y sin cáscara, la mayor cantidad de polifenoles y actividad antioxidante se encontraba en la papa nativa con piel. Además, la capacidad antioxidante fue mayor en la papa nativa con pigmentación antociánica que en la papa con pigmentación carotenoide. Generalmente, la piel o cáscara de la papa no se

consume, esto provoca una pérdida de vitamina C y otros antioxidantes (**Zaheer et al., 2014**).



**Figura 12.** Contenido de antocianinas en la pulpa y piel de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.

En la Figura 12 se presenta el contenido de antocianinas tanto en la pulpa como en la piel de cada variedad de papa. En las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* se observa que la mayor cantidad de antocianinas se concentra en la pulpa de la papa, mientras que en la variedad *Yema de huevo* el mayor porcentaje de antioxidantes se encuentra en la piel del tubérculo.

Comparando los resultados experimentales del contenido de antocianinas de las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* del presente estudio con los reportados bibliográficamente, el contenido de las primeras fue superior, particularmente la variedad *Yana Shungo* presenta casi el doble del contenido de antocianinas respecto a lo reportado. **Untuña (2013)** reportó contenidos de antocianinas entre de 40 y 152 mg/100 g de materia seca para las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, respectivamente, valores inferiores a los observados en el presente estudio (Tabla 5). Similarmente, **Tanquina (2013)** encontró contenidos menores en las variedades *Puca*

*Shungo* (44,96 mg/100 g ms) y *Yana Shungo* (168,13 mg/100 g ms).

Algunos estudios recientes indican que la capacidad antioxidante total, fenoles totales y antocianinas totales se presentan en el siguiente orden descendente: cultivos morados, rojos, amarillos y blancos (**Zaheer et al., 2014**). Luego, la variedad *Yana Shungo* al poseer un color morado oscuro contiene la mayor concentración de antocianinas.

**Wang et al. (2016)** mencionan que el contenido de antocianinas depende de la variedad del alimento, por ejemplo para camote, el rango va de 32 a 1390 mg de antocianinas /100 g ms expresado como cianidina 3-glucósido y utilizando el método de cuantificación de pH diferencial. En el mismo estudio se señala que los procesos térmicos provocan la degradación de las antocianinas, sin embargo, con el horneado se obtuvo una mejor retención de antocianinas que con el vapor. **Tanquina (2013)** menciona que muchas de las sustancias antioxidantes presentes en los alimentos son sensibles a factores del procesamiento y del ambiente como calor, luz, acidez, oxígeno, etc., por lo que se destruyen parcialmente. Estos datos son importantes para elegir un procesamiento adecuado de la papa, que retenga la mayor cantidad de antioxidantes.

En adición al contenido de antocianinas, la papa es una excelente fuente de vitamina A en forma de  $\beta$ -caroteno y vitamina C. Ambas vitaminas son antioxidantes muy poderosos que trabajan en el cuerpo para eliminar los radicales libres. Comparadas con las variedades blancas de papa, las amarillas tienen una concentración superior de carotenoides. Además, el contenido de luteína es hasta 10 veces superior en papa amarilla. El consumo de ambas variedades de papa pigmentada, amarilla y morada, puede disminuir el daño oxidativo causado por los radicales libres (**Zaheer et al., 2014**).

#### **4.1.3. Contenido de micronutrientes en papa nativa, entera y pelada**

Según **Banderas (2012)**, los minerales son elementos químicos necesarios para el bienestar de las células e intervienen en funciones de transporte, plásticas y reguladoras. Además, debido a que no se sintetizan en el organismo, es esencial que estos minerales provengan de la ingesta diaria de alimentos. En general, al comparar los resultados del contenido de minerales de las tres variedades de papa, se puede observar que el contenido de minerales en la papa entera es superior a la pelada. Según

Villacrés et al. (2013), la gran mayoría de vitaminas y minerales de la papa se encuentran ubicadas justo debajo de la piel de la papa.

#### 4.1.3.1. Hierro

El hierro cumple varias funciones en el ser humano, principalmente transportar y almacenar oxígeno a través de la hemoglobina y mioglobina, y participar como cofactor de varias enzimas (Badui, 2006). Observando la Figura 13, se establece estadísticamente ( $p < 0,05$ ) que los contenidos de Fe de las variedades *Yana Shungo* y *Puca Shungo* son similares para las dos condiciones de presentación; sin embargo, los contenidos de Fe de estas variedades son superiores a los de *Yema de huevo*, pelada o entera. Cuesta et al. (2011) mencionan haber encontrado intervalos para los contenidos de hierro entre 6,1-8,6 mg/100 g, 8,2-8,6 mg/100 g y 4,6 mg/100 g para las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, respectivamente.

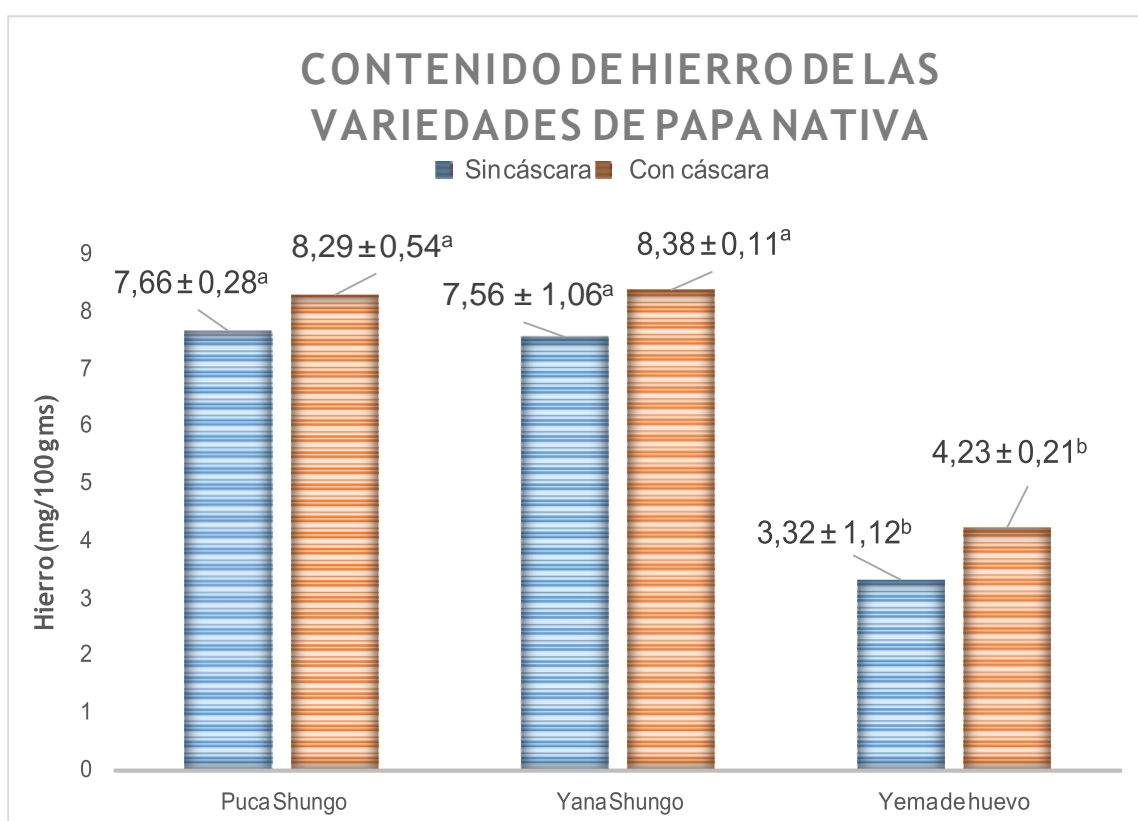


Figura 13. Contenido de hierro de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera

Como se puede observar en la Figura 13, la variedad con mayor contenido de Fe fue la *Yana Shungo* entera con un valor de 8,38 mg/100 g ms. Al comparar el contenido de Fe de esta variedad con o sin cáscara, la primera mostró mayor concentración del micronutriente. Lo mismo ocurrió con las variedades *Puca Shungo* y *Yema de huevo* ya que la cáscara de la papa contiene mayoritariamente minerales, tales como el Fe, Mg y Ca que aumentan el contenido de micronutrientes. Sin embargo en el caso del Fe esta diferencia de contenidos entre papa entera y pelada de cada variedad de papa nativa no representó una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). Al comparar el contenido de Fe entre las variedades se pudo observar que la papa *Yema de huevo* presentó los valores más bajos de este micronutriente, marcando una diferencia significativa en relación a las variedades de papa morada.

Al comparar los contenidos de Fe de las variedades de papa del presente estudio con el contenido de la variedad de papa mejorada *Super Chola* (4,2 mg/100 g) (**Villacrés et al. 2009**), se observa que las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* poseen casi el doble del contenido de este micronutriente, mientras que la *Yema de huevo* presenta un contenido similar al de esta variedad mejorada. Además, **Ortega (2014)** reporta que los valores más altos de Fe para las variedades mejoradas *INIAP-Fripapa* y *Superchola* son de 6,41 y 7,41 mg/100 g de Fe, respectivamente. Debe señalarse que una parte del Fe de la papa mejorada proviene los fertilizantes químicos, mientras que el Fe de la papa nativa procede de una producción sin utilización de fertilizantes de síntesis.

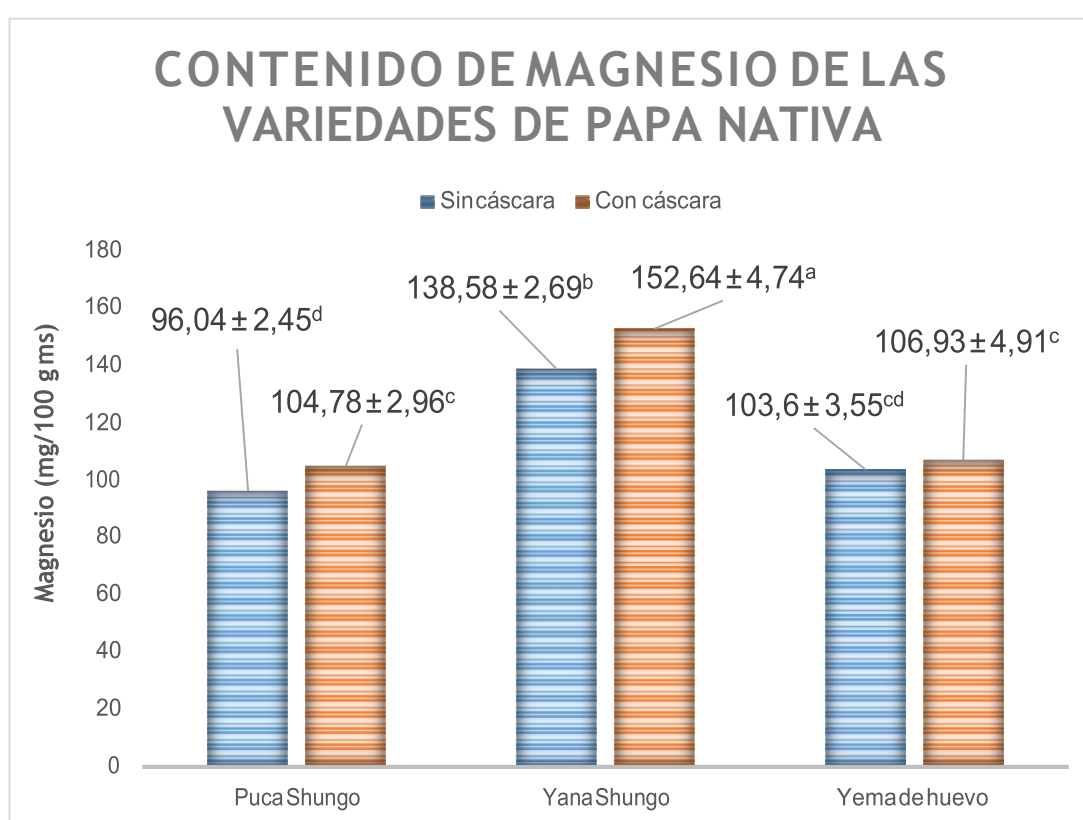
Al comparar el contenido de Fe de las tres variedades de papa nativa (entre 3,32 y 8,38 mg/100 g ms) con otros tubérculos, como el camote (entre 1,64 y 2,27 mg/100 g ms de Fe), se observa claramente que las variedades de papa nativa presentaron contenidos superiores de Fe; y por lo tanto, son buenas fuentes de este micronutriente (**Wang et al., 2016**).

Según **Nelson (2005)**, la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de Fe para adultos varía de 10 a 15 mg (Tabla 2). Considerando una porción de papa fresca de 150 g de la variedad *Yana Shungo* con cáscara se lograría cubrir aproximadamente el 17 % de este requerimiento. En una dieta variada, al combinar la papa con otros alimentos se logra cubrir las necesidades diarias completamente. Además, la presencia de la vitamina C y bajos contenidos de ácido fítico en la papa resultan beneficiosos, pues la primera promueve la absorción de Fe en el intestino y el ácido fítico, siendo un inhibidor pero estando en bajas concentraciones, permite que el hierro pueda ser absorbido y

aprovechado adecuadamente por el consumidor (Ortega, 2014; Analuisa, 2012).

#### 4.1.3.2. Magnesio

Según **Badui (2006)**, el Mg principalmente interviene en la formación de huesos y dientes, forma parte de varios líquidos intracelulares y también actúa como coenzima en el metabolismo de carbohidratos. Observando la Figura 14, la variedad *Yana Shungo* presentó concentraciones de Mg más altas con respecto a las variedades restantes; mientras que el contenido de este mineral entre las variedades *Puca Shungo* y *Yema de huevo* fue similar.



**Figura 14.** Contenido de magnesio de las variedades de papa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, peladas y enteras.

Al comparar los contenidos de Mg de las presentaciones pelada y entera de la papa *Yana Shungo* y *Puca Shungo*, se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre dichas presentaciones, mientras que en la papa *Yema de huevo* no existió diferencia significativa entre las mismas. De esta manera, la papa *Yana Shungo* presentó el mayor contenido de Mg, seguida por la *Yema de huevo* y *Puca Shungo*.

**Untuña (2013)** reportó contenidos de 70 y 140 mg Mg /100 g ms para *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, respectivamente. Mientras que **Cuesta et al. (2011)** establecieron intervalos de 80 a 130 mg Mg /100 g ms y 80 a 170 mg Mg/100 g ms para las mismas variedades, respectivamente. Además, en comparación al valor reportado por el **USDA (2016)** de 23 mg/100 g ms de Mg en una papa comercial, se puede observar que el contenido de Mg de las variedades nativas son muy superiores; y por lo tanto, constituyen una excelente fuente de Mg. Similarmente ocurre al comparar los resultados con el contenido de Mg de camote (26,7 a 27 mg Mg/100 g ms).

La variedad *Yana Shungo* presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en relación a las variedades *Puca Shungo* y *Yema de huevo*, con los contenidos más altos de 152,64 y 138,58 mg/100 g ms para la entera y pelada, respectivamente. Entre la papa *Yema de huevo* y *Puca Shungo*, entera y pelada, con valores de 106,93, 103,6, 104,78 y 96,04 mg/100 g ms, respectivamente no existió diferencia significativa. En el caso de la variedad *Yema de huevo* no difiere el contenido de Mg si se consume como papa pelada o entera. Al contrario, en las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* existe entre sus presentaciones diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

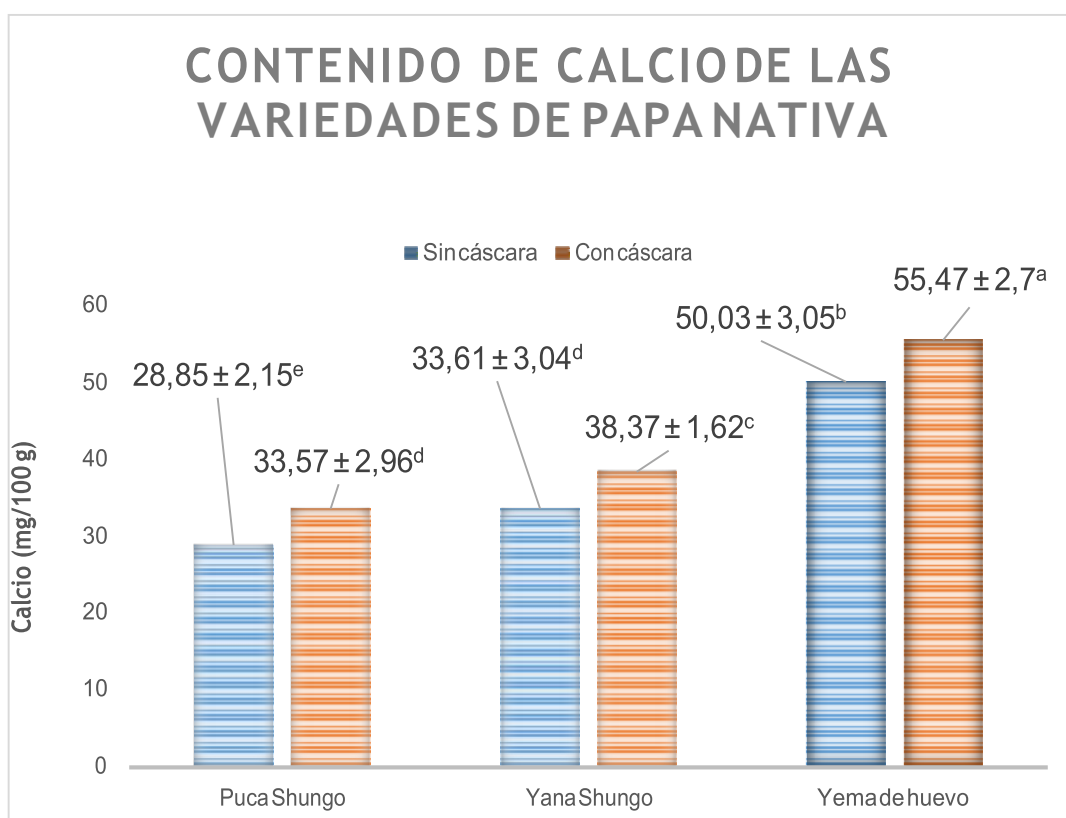
Según **Nelson (2005)**, la IDR para adultos es de 300 mg de Mg (Tabla 2), y si se considera una porción de 150 g de papa fresca *Yana Shungo* con cáscara se cubriría aproximadamente el 16 % del requerimiento diario. Si bien las fuentes más abundantes de Mg son de origen animal, la papa nativa constituye una buena fuente de este mineral. En adición, una dieta balanceada que aporte los nutrientes inorgánicos necesarios para una buena salud se logra con la combinación adecuada de alimentos (**Badui, 2006**), y el aporte de Mg y otros minerales en los alimentos fortificados. El consumo extra de fuentes naturales como la papa nativa podría inclusive evitar el uso de suplementos minerales.

De la misma manera que ocurre con el Fe, la absorción del Mg y Ca se ve afectada por la formación de complejos con los fitatos de la soya y los cereales. Por esto, el bajo contenido de ácido fítico en la papa representa una ventaja desde el punto de vista nutricional (**Badui, 2006**).

### 4.1.3.3. Calcio

El Ca es el mineral más abundante en el cuerpo humano, donde desempeña funciones importantes como la coagulación de la sangre, contracción muscular y transmisión de impulsos nerviosos, además de la función estructural. Las principales fuentes de Ca son los alimentos de origen animal (**Badui, 2006**).

A diferencia de lo que ocurre con el Fe y Mg, cuyos contenidos en la variedad *Yema de huevo* son menores a la *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, el contenido de Ca en la primera variedad es superior a la variedad *Yana Shungo*, seguido de la *Puca Shungo*. En la Figura 15 se observa que los mayores contenidos de Ca se encuentran en la variedad *Yema de huevo* con 50,03 y 55,47 mg/100 g ms en papa pelada y entera, respectivamente. **Ramírez (2010)** reportó valores de 8,5 y 4,5 mg/100 g ms de Ca para variedades *Yema de huevo* provenientes de Carchi y Cotopaxi, respectivamente. Es muy destacable, por tanto, el contenido de Ca que la variedad *Yema de huevo* proveniente de Tungurahua posee en relación con la cultivada en las otras provincias.



**Figura 15.** Contenido de calcio de las variedades de papa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera.



Al comparar los contenidos de Ca de las variedades de papa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* en sus presentaciones pelada y entera, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas. También se observó que entre la papa *Puca Shungo* entera y *Yana Shungo* pelada no existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), por lo que no difiere el contenido de Ca si se consume papa de la variedad *Puca Shungo* entera o de la variedad *Yana Shungo* pelada.

**Monteros et al. (2011)** indican que los contenidos de Ca varían entre 30 a 60 mg/100 g ms y 50 a 90 mg/100 g ms para *Puca Shungo* y *Yana Shungo*, respectivamente. En cuanto a la variedad *Puca Shungo*, el contenido fue similar, y en el caso de *Yana Shungo* el contenido fue inferior al señalado bibliográficamente.

Según **Nelson (2005)**, la IDR para adultos varía de 1000 a 1200 mg de Ca (Tabla 2). Al comparar el contenido de Ca de 100g de papa fresca *Yema de huevo* con cáscara (12 mg/ 100 g) del presente estudio con el valor reportado por el **USDA (2015)** (12 mg/100 g) se observa que los contenidos son similares y que los aportes de este micronutriente de papas en general son bajos en relación a las necesidades diarias.

De esta manera, las papas nativas no solo destacan por sus colores y formas vistosas, sino porque aportan cantidades importantes de proteína, fibra, minerales, polifenoles, carotenos y antocianinas en relación a las variedades mejoradas más comercializadas (**Montero et al., 2008**).

#### **4.2 Verificación de la hipótesis**

El contenido de antocianinas, hierro, magnesio y calcio difirió dependiendo de la variedad de papa y de la presentación de la misma, por lo que se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa que indica que las variables inciden en la concentración de antocianinas y micronutrientes. Ambas variables presentaron diferencias significativas en relación al contenido de antocianinas y micronutrientes. El máximo contenido de antocianinas, Fe y Mg se obtuvo con la papa *Yana Shungo* entera, mientras que el mayor contenido de Ca se obtuvo con la papa *Yema de huevo* entera.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se evaluó el contenido de antioxidantes (antocianinas) y micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) en papas nativas enteras y peladas de las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*. Se observaron valores superiores en la papa entera o con cáscara, tanto en el contenido de antocianinas como en el de micronutrientes. Las variedades de papa nativa *Puca Shungo* y *Yana Shungo* presentaron los valores más altos de antocianinas con respecto a la *Yema de huevo*. El aporte de Fe, Mg y Ca fue notorio en todas las variedades de papa, destacándose el mayor contenido de Ca en la variedad *Yema de huevo*.
- Se caracterizó física y químicamente las variedades de papa nativa (*Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*) entera. Las variedades *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* presentaron pesos promedios de 171,2 g, 272,3 g y 41,0 g, respectivamente. La forma de las variedades *Puca Shungo* con diámetro longitudinal y ecuatorial de 8,12 cm y 6,66 cm, respectivamente, y *Yana Shungo* con diámetro longitudinal y ecuatorial de 11,52 cm y 7,29 cm, respectivamente, fue similar; mientras que *Yema de huevo* presentó un diámetro longitudinal y ecuatorial de 4,37 cm y 4,03 cm, respectivamente. La variedad *Puca Shungo* presentó los mayores contenidos de materia seca (23,7 %), carbohidratos (17,35 %) y energía (79,05 kcal/g), mientras que la variedad *Yana Shungo* mostró valores más altos en cenizas (4,3 %), grasa (0,38 %), proteína (1,92 %) y fibra cruda (0,88 %). El tono interno de la pulpa fue diferente para cada variedad; así, *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo* presentaron tonalidades de 354,72°, 325,9° y 78,5° mostrando claras diferencias de color.
- Los resultados del contenido de antocianinas y micronutrientes de papa entera y pelada señalaron que la papa entera variedad *Yana Shungo* contiene las

mayores concentraciones de antocianinas (252,77 mg/100 g ms) y Mg (152,64 mg/100 g ms); las variedades *Yana Shungo* y *Puca Shungo* los mayores valores de Fe con 8,38 mg/100 g ms y 8,29 mg/100 g ms respectivamente; y la variedad *Yema de huevo* el contenido más alto de Ca (55,47 mg/100 g ms). Los contenidos de Ca y Mg de la papa entera y pelada presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo*; mientras que no hubo diferencia en el contenido de Fe entre la papa entera y pelada en ninguna de las tres variedades.

- Se evidenció una mejor calidad nutritiva de la papa nativa con respecto a la comercial, pues se observó que el contenido de antocianinas de las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* fue superior al de las variedades mejoradas que poseen color amarillo o blanco con mínimas cantidades de antocianinas. En cuanto a Fe, las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* presentaron valores superiores en relación a las variedades mejoradas *INIAP-Fripapa* (6,41 mg/100 g ms) y *Superchola* (7,41 mg/100 g ms); mientras que la *Yema de huevo* presentó valores de Fe comparables a los de las variedades comerciales. Con respecto a Mg y Ca, las variedades de papa nativa estudiadas presentaron contenidos superiores a los reportados para papa comercial.
- Se determinó que la variedad nativa *Yana Shungo* presentó el mayor contenido de antocianinas (252,77 mg/100 g ms), hierro (8,38 mg/100 g ms) y magnesio (152,64 mg/100 g ms) en la presentación entera; mientras que la variedad *Yema de huevo* mostró los contenidos más altos de Ca en sus dos presentaciones, 50,03 y 55,47 mg/100 g para papa pelada y entera, respectivamente.

## 5.2 Recomendaciones

- Cuantificar el contenido de otros minerales importantes (potasio, fósforo, sodio, cloro, azufre, yodo, zinc) en las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*.
- Investigar el contenido de carotenoides presentes en la variedad de papa nativa *Yema de huevo*.

- Evaluar la actividad antioxidante de antocianinas, polifenoles y carotenoides presentes en la papa nativa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J. (1996). Principios de Ingeniería aplicada a alimentos. OEA, Programa Multinacional de Biotecnología y Tecnología de Alimentos. Quito-Ecuador. Pp 100-120.
- Amorós, W., Bonierbale, M. & Manrique, K. (2008). Mejoramiento genético de la papa para uso gourmet. Centro Internacional de la Papa CIP. (Lima).
- Analuisa, G. (2012). *Efectos del pirofosfato ácido de sodio sobre las antocianinas en la elaboración de hojuelas de papa nativa (Solanum andigena) de tres variedades Puca Shungo, Yana Shungo y Yema de huevo*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.
- Anderson, G. & McLare, G. (2012). Iron Physiology and Pathophysiology in Humans. New York: Pringer Science & Business Media. Pp 3, 4.
- AOAC. Official Method of Analysis 923.03. Ash determination. 15th Edition. USA. (2006)
- AOAC. Official Method of Analysis 962.09. Fiber (crude) in animal food and pet food. 15th Edition. USA. (2006)
- AOAC. Official Method of Analysis 984.27. Calcium, Copper, Iron, Magnesium, Manganese, Phosphorus, Potassium, Sodium and Zinc in Infant Formula. 15 Edition. USA. (2006)
- AOAC. Official Method of Analysis 999.11. Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in foods. 15th Edition. USA. (2006)
- AOAC. Official Method of Analysis 2003.06. Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages. 15th Edition. USA. (2006)
- Aparici, R. & García, A. (2010). Lectura de imágenes. (3era. Ed). Madrid-España: Editorial Ediciones de la Torre. pp. 87, 88.

- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. (4ta Ed.). México: Editorial PEARSON EDUCACIÓN.
- Banderas, M. (2012). *Análisis proximal de los principales componentes nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz amarillo y papa chola*. (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Católica del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Bashar, S., Muhammad, R. & Muhammad, Z. (2016). Anthocyanina and Human Health: Biomolecular and therapeutic aspects. Springer briefs in food, health and nutrition. Arab American University Jenin. Jenin-Palestine. Pp. 23
- Burgos, G., Amoros, W., Morote, M., Stangoulis, J., & Bonierbale, M. (2007). Iron and zinc concentration of native Andean potato cultivars from a human nutrition perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 675(February 2006), 668–675. <http://doi.org/10.1002/jsfa>
- CebaNatural. (2016). Por qué hablamos tanto de los antioxidantes.  
 Disponible en: [www.cebanatural.com/en/por-que-hablamostanto-los-antioxidantes-blog-335.html](http://www.cebanatural.com/en/por-que-hablamostanto-los-antioxidantes-blog-335.html)
- Charlinton, L. (2008). *Exercise and Women's Health*. New York: Nova Science Publishers, Inc. pp. 17.
- Cuesta, X., Monteros, C., Rivadeneira J. & Torres, L. (2011). Variedades de papa nativa. Disponible en: <https://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades/>
- Estrada, N. (2000). *La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa*. La Paz-Bolivia: Editorial Plural. pp. 44, 45.
- Faostat, FAO. (2017). *Cifras de producción (toneladas) y área cosechada (hectáreas) de papa en Ecuador y el mundo en 2014*.  
 Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Friendman, M. (2006). Potato Glycoalkaloids and Metabolites : Roles in the Plant and in the Diet. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54; 8655-8.
- Fuenzalida, N. (2008). *Determinación de la cantidad de fenoles totales y actividad*

- antioxidante en papas nativas pigmentadas*. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.
- García, P. (1983). *Fundamentos de nutrición*. (1era. Ed.). San José-Costa Rica: Editorial de la Universidad Estatal a distancia. pp. 256
- Giusti, M. & Wallace, T. (2013). *Anthocyanins in Health and Disease*. CRC PRESS Taylor Francis Group. Pp. 14
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1–13.
- Guarnizo, A. & Martínez, P. (2009). *Experimentos de química orgánica con enfoque en ciencias de la vida*. Armenia, Quindío-Colombia: Ediciones Elizom. pp. 69, 70
- Hernández, J. (2013). *Colorimetría aplicada a los alimentos: Teoría y práctica*.  
Disponible en: <https://es.slideshare.net/lauragassos/curso-colorimetra-aplicada-a-los-alimentos-teora-y-prctica-27456182>
- Herrera, A. & Rodríguez, L. (2011). *Tecnologías de producción y transformación de papa criolla*. (1era. Ed.). Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- INCAP. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centro América*. (3era, Ed.)
- INIAP. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. (1era. Ed.). Quito-Ecuador: Editores Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood.
- Konica-Minolta. (2007). *Precise color communication. Color control from perception to instrumentation*.  
Disponible en: [www.konicaminolta.com/instruments/about/network](http://www.konicaminolta.com/instruments/about/network)
- Kuskoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J. & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos para determinar actividad antioxidante en pulpas de frutos. *Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Campinas-Brasil.
- Instituto Nacional de Nutrición (INNE). (1965). *Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos*. (3era. Ed.). Quito-Ecuador.

- Lakra, P., & Sehgal, S. (2011). Influence of processing on total and extractable mineral content of products prepared from potato flour. *Journal of Food Science and Technology*, 48(December), 735–739. <http://doi.org/10.1007/s13197-010-0140-z>
- Liqin, Y., Tao, C., Yun, L., Shaohong, F., Lan, L., Mingchao, X., & Yingze, N. (2016). A Comparative Study on Total Anthocyanin Content , Composition of Anthocyanidin , Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Pigmented Potato Peel and Flesh. *Food Science and Technology Research*, 22(2), 219–226. <http://doi.org/10.3136/fstr.22.219>
- Lock, O. (1997). Colorantes naturales. (1era. Ed.). Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. pp. 112.
- Lovibond. (2016). Understanding Colour Communication.  
Disponible en: [www.lovibondcolour.com](http://www.lovibondcolour.com)
- Llumiquinga, T. (2014). *Composición química y capacidad antioxidante de tres variedades de papas nativas (Solanum tuberosum): Yana Shungo, Puca Shungo y Leona Negra*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.
- Mahungu, N. & Manyong, V. (2007). Advances in Root and Tuber Crops Technologies for Sustainable Food Security, Improved Nutrition, Wealth Creation and Environmental Conservation in Africa. Proceedings of 9th ISTTRC-AB symposium, Mombasa, Kenay, 1-5 November 2004.
- Martínez, F. (2009). *Caracterización morfológica e inventario de conocimientos colectivos de variedades de papas nativas (Solanum Tuberosum L.) en la provincia de Chimborazo*. (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.
- Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rivadeneira, J., Monteros, C., & Cuesta, X. (2016). *Catálogo de variedades de papa, FAO-INIAP*. Quito-Ecuador.
- Monteros, J., Reinoso, R., & Iván, A. (2010). Biodiversidad y oportunidades de mercado para las papas nativas ecuatorianas. I Congreso Internacional de Investigación y Desarrollo de Papas Nativas PAPANAT 2010. Quito-Ecuador.

- Monteros, A. (2016). Rendimientos de papa en el Ecuador primer ciclo 2016 (diciembre-junio). *Dirección de Análisis Y Procesamiento de La Información, Coordinación General Del Sistema de Información Nacional, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca. Quito-Ecuador.*
- Monteros, C., Cuesta, X., Jiménez, J., López, G., & Carmen, C. (2005). *Las papas nativas en el Ecuador* (1era ed.). Quito-Ecuador. pp 6-13
- Monteros, C., & Reinoso, I. (2011). *Informe final del proyecto Proyecto FTG-353/05 “Innovaciones Tecnológicas y Mercados Diferenciados para Productores de Papas Nativas.”* Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. (FONTAGRO), INIAP-Ecuador, Quito-Ecuador.
- Nelson, T. (2005). Una guía rápida de vitaminas, minerales y suplementos. (2da. Ed.). Nashville, TN, E.U.A: Editorial Caribe Inc. pp. 37-60
- Ocampo, R., Ríos, L., Betancur, L., & Ocampo, D. (2008). Curso práctico de Química Orgánica enfocado a biología y alimentos. (1era. Ed.). Editorial de la Universidad de Caldas. pp. 56-59
- Ordinola, M., & Fonseca, C. (2011). Papas nativas: Aportes para la seguridad alimentaria, nutrición y generación de ingresos en zonas altas del Perú. In *Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa-ALAP* (pp. 2–3). Uberlândia, Brasil.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). Salud pública y medio ambiente.. Consenso de expertos. Derived from Calcium and Magnesium in Drinking water: Beneficial impacts on Health.
- Ortega, D. (2014). *Evaluación del comportamiento agronómico de genotipos de papa (Solanum tuberosum) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la Sierra Ecuatoriana.* (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Ortíz, M. A., Reza, C., Gerardo, R., Madinaveitia, C., & Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas Y de La Salud*, 16–22.



- Paca, A. (2011). Obtención de harina nixtamalizada de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) con mayor contenido de calcio para elaboración de pan. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador.
- Pérez, P. J. E., Plaza, Y. J. P., & Puente, A. P. M. (2013). Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátanos variedades Papocho y Pelipita (Musa ABB Simmonds). *Acta Agronómica*, 62(3), 189
- Ramírez, D. (2010). Caracterización física, química y nutricional de la papa chaucha (*Solanum Phureja*) cultivado en dos suelos edafoclimáticos del Ecuador, como base de estudio para la elaboración de una norma técnica (PAPA CHAUCHA FRESCA REQUISITOS 2010) por parte del INEN. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Sumba, M. (2008). Caracterización morfológica, agronómica y etnobotánica de cincuenta cultivares de papas nativas (*Solanum sp.*) en cuatro localidades en la Provincia de Cotopaxi. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga-Ecuador.
- Tanquina, I. (2013). Efecto de la especie y el procesamiento sobre el contenido de compuestos y propiedades antioxidantes del Maíz (*Zea mays L.*) negro, Fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) negro, Sangorache (*Amaranthus quitensis L.*) y variedades de Papas nativas (*tuberosum grupo andigenum*). (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.
- Tierno, R., & Galarreta, J. I. R. D. E. (2015). Influence of selected factors on anthocyanin stability in colored potato extracts. *Journal of Food Processing and Preservation ISSN 1745-4549*, 1–7. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12682>
- Ulloa, A. (2007). Frutas de alta humedad auto estabilizadas en el envase. (1era. Ed.). Nayarit-México. Pp. 120, 121.
- UNICEF Ecuador. (2007). UNICEF, PMA y OPS trabajan juntos contra la desnutrición infantil
- Untuña, P. (2013). *Estudio del efecto de la fritura al vacío sobre los atributos de calidad de chips de papa nativa*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

United States Department of Agriculture (USDA). (2016). Basic report of nutrients of potatoes, flesh and skin, raw en 2016.

Disponible en: <https://ndb.nal.usda> =1

Vásquez, C., De Cos, A., & López, C. (2005). Alimentación y nutrición. Manual teórico-práctico. (2da. Ed.). Madrid-España: Editorial Díaz de Santos. Pp 47-49

Velasco, R. (2013). *Evaluación de densidades de siembra en papa nativa (Solanum spp.) y variedades INIAP-Yana Shungo e INIAP-Puca Shungo en el sector huagrahuasi de la parroquia San José de Poaló del cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.

Vergara, E. et al. (2008). Utilidades y beneficios de la cáscara de papa.

Disponible en: <http://lacascaradepapa.blogspot.com/>

Villacrés, E., Quelal, M. & Álvarez, J. (2013). Nutrición, Procesamiento y Gastronomía de Raíces y Tubérculos Andinos en Ecuador: Una revisión bibliográfica de la Papa, Melloco, Oca, Mashua, Zanahoria Blanca y Jícama. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Centro Internacional de la Papa (CIP). Quito-Ecuador.

Villacrés, E. Quilca, N. Reinoso, R. Iván, A. Monteros, J. Muñoz, R. (2011). Valorización nutricional y funcional de las papas nativas (*Solanum andigena* ssp.). *Memorias Del IV Congreso Ecuatoriano de La Papa*. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador.

Villacrés E., Quilca N., Muñoz R., Monteros C. y I. Reinoso. (2009). Caracterización física, nutricional y funcional de papas nativas (*Solanum tuberosum* ssp.) para orientar sus usos en Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 15(1):52-54

Walji, H. (2003). Vitaminas y minerales. (2da. Ed.). Madrid-España: Editorial EDAF, SL. Pp. 105.

Wang, S., Nie, S., & Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International*, 89, 90–116.  
<http://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.032>

Williams, M. (2002). *Nutrición para la salud, condición física y el deporte*. (5ta. Ed.).  
Barcelona-España: Editorial Paidotribo. Pp. 242-244

Zaheer, K., & Akhtar, M. H. (2014). Recent advances in potato production, usage,  
nutrition-a Review. *Food Science and Nutrition*, (June), 37–41.  
<http://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>

## ANEXOS

### Datos experimentales

**Tabla 7. Determinación del color de la pulpa de la papa nativa *Puca Shungo***

Réplicas	L* (Luminosidad)	a* (Coord. rojo- verde)	b* (Coord. amarillo- azul)	C (Saturación)	h (Tono)
1	39,7	17,4	-0,7	17,4	357,6
2	34,4	17,9	-2,1	18	353,4
3	30,2	16,7	-1,2	16,8	355,8
4	33,2	19,3	-2,0	19,4	354,2
5	23,2	17,3	-2,0	17,4	352,4
6	34,5	18,6	-1,5	18,7	355,5
7	31,3	17,6	-1,2	15,5	353,4
8	30,3	18,3	-1,5	18,4	355,3
9	37,8	14,4	-0,5	16,4	350,8
10	26,7	15,5	-0,3	15,5	358,8
<b>Promedio</b>	<b>32,13</b>	<b>17,3</b>	<b>-1,3</b>	<b>17,35</b>	<b>354,72</b>

**Tabla 8. Determinación de color de la pulpa de la papa nativa *Yana Shungo***

Réplicas	L* (Luminosidad)	a* (Componente rojo-verde)	b* (Componente amarillo-azul)	C (Saturación)	h (Tono)
1	19,3	7,9	-3,9	8,9	335,5
2	19,0	9,7	-8,4	12,9	319,1
3	18,1	7,3	-5,1	8,9	324,7
4	20,6	7,0	-4,5	8,3	327,0
5	20,6	8,3	-9,0	12,2	312,8
6	16,7	8,9	-6,0	10,7	325,9
7	22,1	7,2	-4,3	8,4	329,5
8	17,9	8,3	-6,7	10,6	321,3
9	19,7	9,2	-4,6	10,2	333,5
10	18,3	7,3	-4,2	8,4	330,0
<b>Promedio</b>	<b>19,2</b>	<b>8,1</b>	<b>-5,7</b>	<b>10,0</b>	<b>325,9</b>

**Tabla 9. Determinación de color de la pulpa de la papa nativa *Yema de huevo***

Réplicas	L*	a*	b*	C	h
	(Luminosidad)	(Componente rojo-verde)	(Componente amarillo-azul)	(Saturación)	(Tono)
1	64,4	8,5	42,2	43,0	78,7
2	64,6	8,4	40,4	41,3	78,3
3	65,1	8,9	41,9	42,9	78,0
4	65,4	8,4	40,3	41,2	78,2
5	67,0	8,9	44,0	44,9	78,6
6	66,3	7,6	42,1	42,8	79,7
7	65,3	8,8	41,3	42,3	77,9
8	63,5	8,5	42,1	43,0	78,6
9	66,7	8,5	39,7	40,6	77,9
10	64,3	7,5	36,9	37,6	78,6
<b>Promedio</b>	<b>65,3</b>	<b>8,4</b>	<b>41,1</b>	<b>42,0</b>	<b>78,5</b>

**Tabla 10. Determinación de peso de las variedades de papa nativa *Puca Shungo, Yana Shungo y Yema de huevo***

Peso (g)	Variedad de papa		
	Réplicas	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>
1	191	255	45
2	221	221	40
3	173	389	43
4	156	346	39
5	172	302	51
6	158	387	44
7	156	236	41
8	141	211	37
9	158	171	33
10	186	128	36
<b>Promedio</b>	<b>175,42</b>	<b>264,60</b>	<b>42,17</b>

**Tabla 11. Determinación de volumen de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo***

Volumen (ml)	Variedad de papa			
	Réplicas	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>	<i>Yema de huevo</i>
1		155	184	40
2		165	182	35
3		120	274	40
4		115	284	35
5		125	267	45
6		110	269	40
7		110	92	35
8		100	198	35
9		110	174	30
10		150	146	35
<b>Promedio</b>		<b>126,00</b>	<b>207,00</b>	<b>37,00</b>

**Tabla 12. Determinación de densidad de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo***

Densidad (g/ml)	Variedad de papa			
	Réplicas	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>	<i>Yema de huevo</i>
1		1,232	1,386	1,133
2		1,339	1,214	1,156
3		1,442	1,420	1,082
4		1,357	1,218	1,124
5		1,376	1,131	1,136
6		1,436	1,439	1,100
7		1,418	2,228	1,159
8		1,410	1,192	1,055
9		1,436	1,213	1,114
10		1,240	1,171	1,016
<b>Promedio</b>		<b>1,37</b>	<b>1,36</b>	<b>1,11</b>

**Tabla 13. Determinación de los diámetros longitudinal y ecuatorial de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo***

Diámetro (cm)	Variedad de papa					
	<i>Puca Shungo</i>		<i>Yana Shungo</i>		<i>Yema de huevo</i>	
Réplicas	Diámetro Longitudinal	Diámetro Ecuatorial	Diámetro Longitudinal	Diámetro ecuatorial	Diámetro Longitudinal	Diámetro ecuatorial
1	8,55	6,88	14,07	6,60	4,41	4,30
2	9,25	7,65	9,53	7,20	4,62	3,87
3	8,33	6,06	13,35	7,52	4,57	3,64
4	7,56	6,58	11,93	8,50	4,11	4,00
5	8,14	6,35	10,74	7,96	4,77	4,41
6	7,60	6,90	13,14	8,33	4,60	4,42
7	7,74	6,09	13,67	5,95	4,51	4,18
8	7,16	6,53	10,06	7,48	4,17	3,85
9	8,14	6,51	10,11	6,74	3,90	3,78
10	8,73	7,03	8,55	6,58	4,06	3,82
<b>Promedio</b>	<b>8,12</b>	<b>6,66</b>	<b>11,52</b>	<b>7,29</b>	<b>4,37</b>	<b>4,03</b>

**Tabla 14. Determinación de humedad de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo***

% Humedad	Variedad de papa		
Réplicas	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>	<i>Yema de huevo</i>
1	75,29	81,18	81,93
2	73,27	80,25	83,29
3	77,77	80,44	77,63
4	78,62	80,44	76,19
5	77,02	81,67	77,88
6	76,52	81,82	73,91
7	75,47	78,60	78,42
8	78,36	82,84	78,77
9	74,67	78,96	78,37
10	75,87	78,41	80,08

<b>Promedio</b>	<b>76,3</b>	<b>80,5</b>	<b>78,6</b>
-----------------	-------------	-------------	-------------

**Tabla 15. Determinación de cenizas de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo, Yana Shungo* y *Yema de huevo***

% Cenizas	Variedad de papa		
	Réplicas	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>
1	3,4	4,2	4,0
2	3,5	4,5	4,1
3	3,3	4,2	3,9
4	3,7	4,0	4,0
5	3,5	4,1	4,0
6	3,0	4,4	4,1
7	3,7	4,0	4,0
8	3,7	4,2	3,9
9	3,5	4,5	3,9
10	3,4	4,5	4,0
<b>Promedio</b>	<b>3,5</b>	<b>4,3</b>	<b>4,0</b>

**Tabla 16. Determinación de grasa de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo, Yana Shungo* y *Yema de huevo***

% Grasa	Variedad		
	Réplicas	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>
1	0,25	0,41	0,19
2	0,24	0,38	0,13
3	0,27	0,39	0,14
<b>Promedio</b>	<b>0,25</b>	<b>0,39</b>	<b>0,16</b>

**Tabla 17. Determinación de fibra cruda de las variedades de papa nativa entera *Puca Shungo, Yana Shungo* y *Yema de huevo***

% Fibra cruda	Variedades de papa		
	Réplicas	<i>Puca Shungo</i>	<i>Yana Shungo</i>
1	0,75	0,92	0,52
2	0,79	0,84	0,48
3	0,73	0,89	0,45
<b>Promedio</b>	<b>0,76</b>	<b>0,88</b>	<b>0,48</b>



**Tabla 18. Absorbancia de la papa nativa *Puca Shungo* pelada y entera para la cuantificación del contenido de antocianinas**

Réplicas	pH	Presentación			
		Pelada		Entera	
		Abs 510 nm	Abs 700 nm	Abs 510 nm	Abs 700 nm
1	1,0	0,483	0,003	0,734	0,018
	4,5	0,063	0,017	0,119	0,035
2	1,0	0,498	0,049	0,796	0,029
	4,5	0,006	0,026	0,077	0,016
3	1,0	0,433	-0,024	0,74	0,005
	4,5	0,097	0,048	0,082	0,016

$$Absorbancia = (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{pH1} - (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{pH4.5}$$

$$Absorbancia = (0,483 - 0,003)_{pH1} - (0,063 - 0,017)_{pH4.5}$$

$$Absorbancia = 0,434$$

$$Antocianinas \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{A * MW * DF * 1000}{\epsilon * l}$$

$$Antocianinas \left( \frac{mg}{g} \right) = \frac{A * MW * 1000}{\epsilon * l} * \frac{Vt}{Wmuestra * \left( 1 - \% \frac{Humedad}{100} \right)}$$

$$Antocianinas \left( \frac{mg}{g} \right) = \frac{0,434 * 449,2 \frac{g}{mol} * 1000}{26900 \frac{L}{mol \text{ cm}} * 1 \text{ cm}} * \frac{0,01L}{0,26g * (1 - 0,1073)}$$

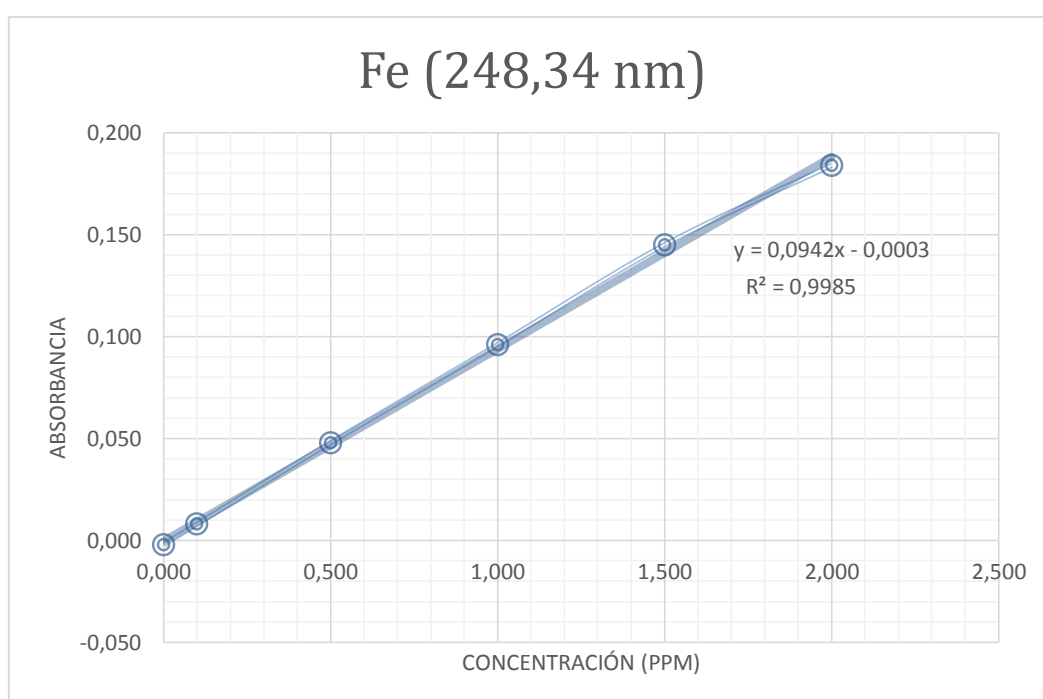
$$Antocianinas = 0,313 \frac{mg}{g}$$

**Tabla 19. Absorbancia de la papa nativa *Yana Shungo* pelada y entera para la cuantificación del contenido de antocianinas**

Réplicas	pH	Pelada		Entera	
		Abs 510 nm	Abs 700 nm	Abs 510 nm	Abs 700 nm
1	1	1,564	0,004	0,730	0,024
	4,5	0,284	0,192	0,034	0,009
2	1	0,646	0,008	0,726	-0,024
	4,5	0,034	0,009	0,056	0,023
3	1	0,698	0,027	0,749	0,011
	4,5	0,056	0,019	0,033	0,015

**Tabla 20. Absorbancia de la papa nativa *Yema de huevo* pelada y entera para la cuantificación del contenido de antocianinas**

Réplicas	pH	Pelada		Entera	
		Abs 510 nm	Abs 700 nm	Abs 510 nm	Abs 700 nm
1	1	0,163	0,063	0,148	0,002
	4,5	0,128	0,054	0,110	0,021
2	1	0,178	0,073	0,078	0,000
	4,5	0,096	0,013	0,114	0,026
3	1	0,010	-0,005	0,150	0,003
	4,5	0,016	0,013	0,120	0,034



**Figura 16. Curva de calibración para estándar de Fe**

**Tabla 21. Absorbancia de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera para la cuantificación del contenido de Fe**

Absorbancia	<i>Puca Shungo</i>		<i>Yana Shungo</i>		<i>Yema de huevo</i>	
	Pelada	Entera	Pelada	Entera	Pelada	Entera
1	0,123	0,138	0,054	0,057	0,028	0,029
2	0,118	0,131	0,058	0,059	0,026	0,032
3	0,122	0,129	0,043	0,058	0,026	0,032
4	0,118	0,128	0,058	0,057	0,028	0,033
5	0,126	0,129	0,043	0,058	0,031	0,031

Intercepto (b)	-0,0003	0,00149	-0,0044
Pendiente (m)	0,0942	0,0479	0,0600

$$\text{Concentración Fe} = \frac{\text{Absorbancia} - b}{m}$$

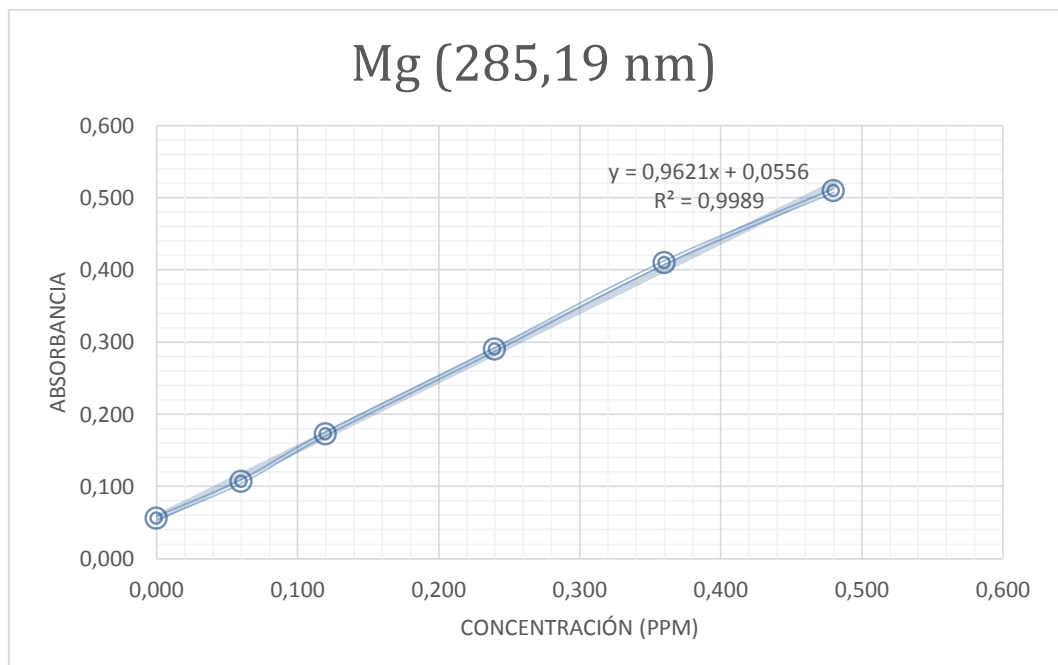
$$\text{Concentración Fe} = \frac{0,123 + 0,0003}{0,0942}$$

$$\text{Concentración Fe} = 1,308 \text{ ppm}$$

$$\frac{\mu\text{g Fe}}{\text{g harina}} = \frac{C \text{ Fe} * A \text{ foro}}{W \text{ ceniza}}$$

$$\frac{\mu\text{g Fe}}{\text{g harina}} = \frac{1,308 \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} * 25}{0,6}$$

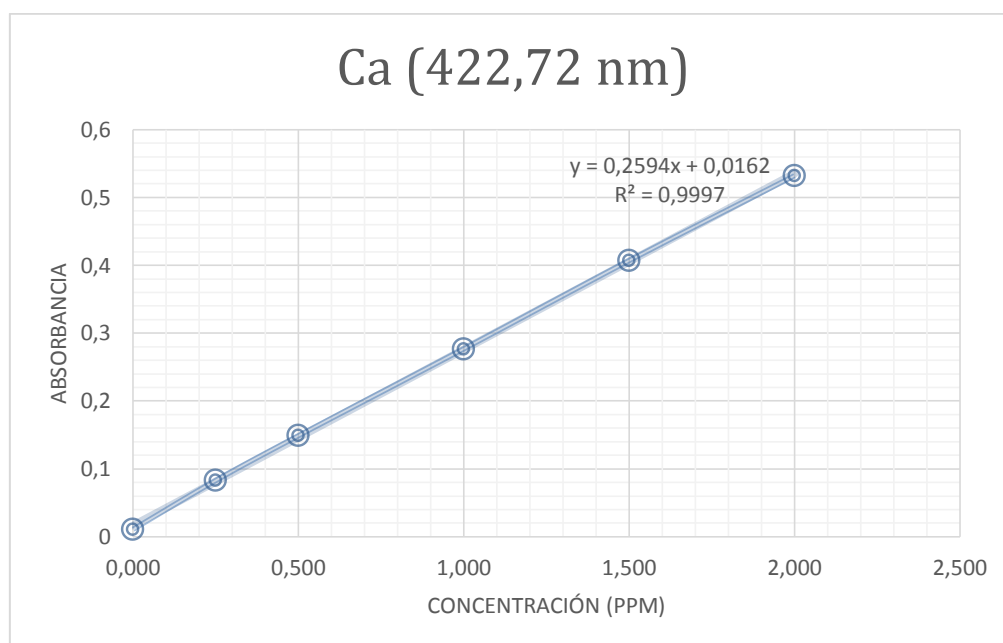
$$\frac{\mu\text{g Fe}}{\text{g harina}} = 77,81$$



**Figura 17. Curva de calibración para estándar de Mg**

**Tabla 22. Absorbancia de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera para la cuantificación del contenido de Mg**

Absorbancia	<i>Puca Shungo</i>		<i>Yana Shungo</i>		<i>Yema de huevo</i>		
	Réplicas	Pelada	Entera	Pelada	Entera	Pelada	Entera
1		0,137	0,136	0,183	0,202	0,276	0,282
2		0,135	0,144	0,182	0,199	0,288	0,284
3		0,133	0,160	0,186	0,208	0,283	0,287
4		0,134	0,145	0,187	0,202	0,276	0,282
5		0,134	0,136	0,186	0,208	0,274	0,300
Intercepto (b)		0,0158		0,00649		0,0556	
Pendiente (m)		0,5484		0,5723		0,9621	



**Figura 18. Curva de calibración para estándar de Ca**

**Tabla 23. Absorbancia de las variedades de papa nativa *Puca Shungo*, *Yana Shungo* y *Yema de huevo*, pelada y entera para la cuantificación del contenido de Ca**

Absorbancia	<i>Puca Shungo</i>		<i>Yana Shungo</i>		<i>Yema de huevo</i>		
	Réplicas	Pelada	Entera	Pelada	Entera	Pelada	Entera
1		0,196	0,248	0,270	0,295	0,307	0,347
2		0,208	0,218	0,257	0,279	0,292	0,322
3		0,221	0,256	0,250	0,307	0,322	0,338

4	0,196	0,233	0,248	0,307	0,309	0,333
5	0,218	0,243	0,248	0,300	0,300	0,317
Intercepto (b)	0,0043		0,01618		0,0011	
Pendiente (m)	0,2506		0,2594		0,2063	




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 5517, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com  
Ambato-Ecuador

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

<b>Certificado No:17-383</b>		R01-5.10 06				
Solicitud N°: 17-383		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción: 24 de noviembre de 2017		Fecha de ejecución de ensayos: 27 de noviembre de 2017				
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa:	C.I./RUC: 1804477873					
Representante: Viviana Patricia Valladares Moyano	Tlf: 2586475 - 0958718909					
Dirección: Ernesto Alvarado y Gaspar de Villarroel	Email: vivi_b_m@hotmail.com					
Ciudad: Ambato						
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto: Harinas de papa	Peso: 36 g, 50 g y 50 g					
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: funda resellable					
Lote: n/a	No de muestras: tres					
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 30 días					
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 24 de noviembre de 2017					
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Papa Yana Shungo	38317669	Ninguno	Proteína	AOAC Ed 20, 2016 2001.11	%(Nx6,25)	<b>9,34</b>
Papa Yema de huevo	38317670	Ninguno	Proteína	AOAC Ed 20, 2016 2001.11	%(Nx6,25)	<b>8,83</b>
Papa Puca Shungo	38317671	Ninguno	Proteína	AOAC Ed 20, 2016 2001.11	%(Nx6,25)	<b>7,78</b>
Conds. Ambientales: 18,4 °C; 46%HR						
			 <b>Ing. Gladys Risueño</b> Directora de Calidad			
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.  
No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

Documento original de LACONAL

**Figura 16. Resultados de los análisis de proteína realizados en el laboratorio LACONAL de las variedades de papa Puca Shungo, Yana Shungo y Yema de huevo**

## Análisis Estadístico (Varianza)

Tabla 24. ANOVA para Peso por Variedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	269151,	2	134575,	59,62	0,0000
Intra grupos	60942,6	27	2257,13		
Total (Corr.)	330093,	29			

Tabla 25. ANOVA para Volumen por Variedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	144607,	2	72303,3	46,67	0,0000
Intra grupos	41832,0	27	1549,33		
Total (Corr.)	186439,	29			

Tabla 26. ANOVA para Densidad por Variedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,451634	2	0,225817	6,01	0,0069
Intra grupos	1,01439	27	0,0375699		
Total (Corr.)	1,46602	29			

Tabla 27. ANOVA para Diámetro longitudinal por Variedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	255,32	2	127,66	88,23	0,0000
Intra grupos	39,0652	27	1,44686		
Total (Corr.)	294,385	29			

Tabla 28. ANOVA para Diámetro ecuatorial por Variedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	59,7921	2	29,896	90,40	0,0000
Intra grupos	8,92901	27	0,330704		
Total (Corr.)	68,7211	29			

Tabla 29. ANOVA para Luminosidad por Variedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	11275,9	2	5637,95	603,19	0,0000
Intra grupos	252,366	27	9,34689		
Total (Corr.)	11528,3	29			

**Tabla 30. ANOVA para Tono por Variedad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	461334,	2	230667,	13098,32	0,0000
Intra grupos	475,482	27	17,6104		
Total (Corr.)	461810	29			

**Tabla 31. ANOVA para Saturación por Variedad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5616,84	2	2808,42	1017,35	0,0000
Intra grupos	74,534	27	2,76052		
Total (Corr.)	5691,37	29			

**Tabla 32. ANOVA para Humedad por Variedad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	54,3918	2	27,1959	6,93	0,0037
Intra grupos	105,928	27	3,92326		
Total (Corr.)	160,32	29			

**Tabla 33. ANOVA para Cenizas por Variedad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,000322467	2	0,000161233	52,20	0,0000
Intra grupos	0,0000834	27	0,00000308889		
Total (Corr.)	0,000405867	29			

**Tabla 34. ANOVA para Grasa por Variedad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0872	2	0,0436	87,20	0,0000
Intra grupos	0,003	6	0,0005		
Total (Corr.)	0,0902	8			

**Tabla 35. ANOVA para Fibra por Variedad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,250756	2	0,125378	98,98	0,0000
Intra grupos	0,0076	6	0,00126667		
Total (Corr.)	0,258356	8			



**Tabla 36. ANOVA para Antocianinas por Variedad y Presentación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES	185611,	5	37122,1	6225,41	0,0000
A:Tratamiento					
B:Réplicas	51,7433	2	25,8717	4,34	0,0440
RESIDUOS	59,63	10	5,963		
TOTAL (CORREGIDO)	185722,	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 37. ANOVA para Hierro por Variedad y Presentación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	12186,8	5	2437,36	79,94	0,0000
B:Réplicas	120,11	4	30,0275	0,98	0,4382
RESIDUOS	609,79	20	30,4895		
TOTAL (CORREGIDO)	12916,7	29			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 38. ANOVA para Magnesio por Variedad y Presentación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	1,30261E6	5	260522,	167,21	0,0000
B:Réplicas	9322,6	4	2330,65	1,50	0,2411
RESIDUOS	31160,7	20	1558,03		
TOTAL (CORREGIDO)	1,34309E6	29			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 39. ANOVA para Calcio por Variedad y Presentación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	274247,	5	54849,4	129,00	0,0000
B:Réplicas	2327,57	4	581,893	1,37	0,2802
RESIDUOS	8503,66	20	425,183		
TOTAL (CORREGIDO)	285078,	29			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

## Análisis estadístico (Prueba de Múltiple Rangos)

**Tabla 40. Prueba de Tukey para Peso por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	10	40,9	X
0	10	171,2	X
1	10	272,3	X

**Tabla 41. Prueba de Tukey para Volumen por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	10	37,0	X
0	10	126,0	X
1	10	207,0	X

**Tabla 42. Prueba de Tukey para Densidad por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	10	1,1047	X
1	10	1,3612	X
0	10	1,3686	X

**Tabla 43. Prueba de Tukey para Diámetro longitudinal por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	10	4,372	X
0	10	8,12	X
1	10	11,515	X

**Tabla 44. Prueba de Tukey para Diámetro ecuatorial por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	10	4,027	X
0	10	6,658	X
1	10	7,286	X

**Tabla 45. Prueba de Tukey para Luminosidad por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	10	19,23	X
0	10	32,13	X
2	10	65,26	X

**Tabla 46. Prueba de Tukey para Tono por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	10	78,45	X
1	10	325,93	X
0	10	354,72	X

**Tabla 47. Prueba de Tukey para Saturación por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	10	9,95	X
0	10	17,35	X
2	10	41,96	X

**Tabla 48. Prueba de Tukey para Humedad por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	10	76,286	X
2	10	78,647	X
1	10	79,461	X

**Tabla 49. Prueba de Tukey para Cenizas por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	10	0,0347	X
2	10	0,0399	X
1	10	0,0426	X

**Tabla 50. Prueba de Tukey para Grasa por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	3	0,153333	X
0	3	0,253333	X
1	3	0,393333	X

**Tabla 51. Prueba de Tukey para Fibra por Variedad**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	3	0,483333	X
0	3	0,756667	X
1	3	0,883333	X

**Tabla 52. Prueba de Tukey para Concentración de Antocianinas por Variedad y Presentación**

**Método: 95,0 % Tukey HSD**

Tratamientos	Réplicas	Media LS	Grupos homogéneos
T5	3	0,566667	X
T6	3	2,03333	X
T1	3	32,1	X
T2	3	49,7667	X
T3	3	211,167	X
T4	3	252,767	X

**Tabla 53. Prueba de Tukey para Concentración de Fe por Variedad y Presentación**

**Método: 95,0 % Tukey HSD**

Tratamientos	Réplicas	Media LS	Grupos homogéneos
T5	5	33,22	X
T6	5	42,36	X
T3	5	75,62	X
T1	5	76,56	X
T2	5	82,88	X
T4	5	83,76	X

**Tabla 54. Prueba de Tukey para Concentración de Mg por Variedad y Presentación**

**Método: 95,0 % Tukey HSD**

Tratamientos	Réplicas	Media LS	Grupos homogéneos
T1	5	960,42	X
T5	5	1036,04	XX
T2	5	1047,8	X
T6	5	1069,34	X
T3	5	1385,84	X
T4	5	1526,38	X

**Tabla 55. Prueba de Tukey para Concentración de Ca por Variedad y Presentación**

**Método: 95,0 % Tukey HSD**

Tratamientos	Réplicas	Media LS	Grupos homogéneos
T1	5	288,48	X
T2	5	336,08	X
T3	5	336,12	X
T4	5	383,74	X
T5	5	500,28	X
T6	5	554,68	X

## Fotografías



Figura 17. Preparación de la muestra: Rebanado en hojuelas



Figura 18. Preparación de la muestra: Secado de las hojuelas



**Figura 19. Preparación de la muestra: Tamizado**



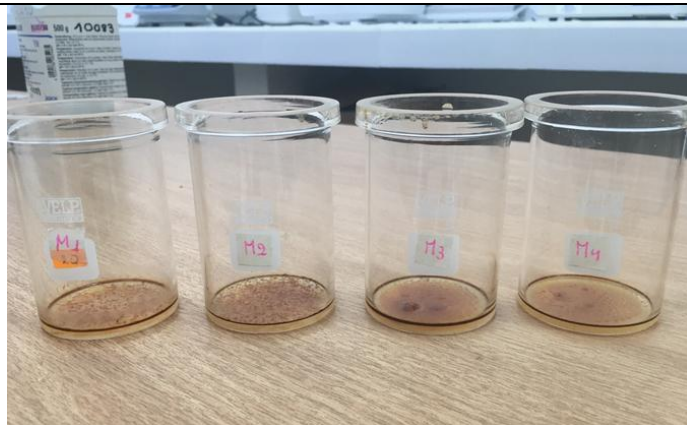
**Figura 20. Medición del color**



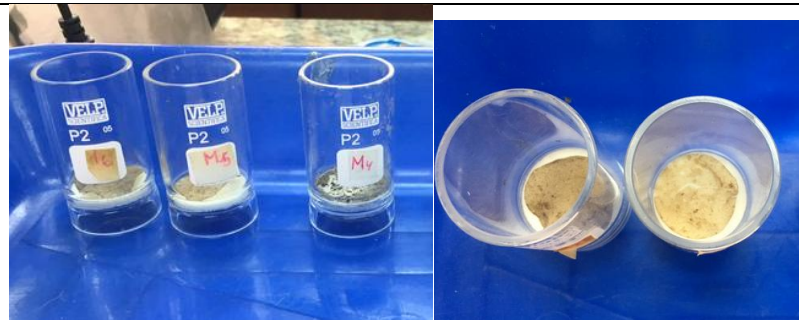
**Figura 21. Determinación del volumen**



**Figura 22. Medición del diámetro longitudinal y ecuatorial**



**Figura 23. Determinación de grasa**



**Figura 24. Determinación de fibra cruda**



**Figura 25. Cuantificación de antocianinas: Agitación**





**Figura 26. Preparación de la muestra para calcinación**



**Figura 27. Preparación de la muestra para digestión**



**Figura 28. Espectrofotómetro de Absorción Atómica**



**Figura 29. Medición de minerales**