

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, TECNO-  
FUNCIONALES Y LA ESTABILIDAD EN  
CONGELACIÓN/DESCONGELACIÓN DEL ALMIDÓN DE CUATRO  
VARIETADES DE *solanum tuberosum* ssp. *andigenum* (PAPA NATIVA).**

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

**AUTOR : Br. DÍAZ BARRERA, Yasmine.**  
**ASESOR : Ing. MSc. ANCCO VIZCARRA, Thomas.**  
**CO-ASESOR : Ing. RAMOS HUALLPARTUPA, David Juan.**

**ANDAHUAYLAS – PERÚ**

**2015**

**TESIS FINANCIADO POR LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA UNAJMA**

## DEDICATORIA

Esta tesis representa la culminación de una etapa muy importante en mi vida, por eso este trabajo lo dedicó a mi madre JULIA que siempre me acompaña y me da las fuerzas para no desmayar en los momentos más difíciles, a mi hermana y padre; YAKELYN y AURELIO; aunque no estén aquí con nosotras sé que nos cuidan y guían de donde estén.

Yas.

## AGRADECIMIENTO

- En primer lugar agradecer a Dios por guiar mis pasos, por la fortaleza que me da y acompañarme lo largo de estos años.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA), de la Universidad Nacional José María Arguedas.
- A mi madre, quien es mi mayor admiración, por apoyarme en todo momento; así mismo a mis tíos Edgar y Aparicio, a mis tías Lourdes, Serafina, Julia, Herlinda, mis primas, Norma, Fiorella y Yeni, por su apoyo, cariño y por estar siempre ahí en los momentos más difíciles.
- A la señorita Yelena Rodríguez, técnica de laboratorio de la UNALM, por el apoyo recibido durante la ejecución de la investigación.
- A mis amigas y amigos, en especial a Elibet, Herson, Henderson, Raúl, Walter, Grace, Clara, Liz, José Luis, Alan, María, Denisse, Diego, Dannya, gracias por su amistad en las buenas y en las malas, y por darme ánimos para seguir.
- A cada uno de los docentes de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial, mi eterna gratitud quienes me brindaron sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional y me apoyaron en los momentos más difíciles, en especial al Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra, Ing. David Juan Ramos Huallpartupa, Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo y a la Blg María del Carmen Delgado Laime, por el apoyo en todo momento; al Ing. MSc. David Choque Quispe y al Ing. Julio Tamara.

## RESUMEN

Los almidones extraídos de raíces y tubérculos se han convertido en productos de suma importancia para la industria alimentaria. El principal objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de papa nativa. Se determinaron las propiedades físicas como humedad y tamaño de los gránulos de almidón; propiedades químicas: proteínas, lípidos, fibra, ceniza, carbohidratos, amilosa-amilopectina, acidez y pH; propiedades tecno-funcionales: temperatura de gelatinización, claridad de pastas, viscosidad, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento y la estabilidad en congelación/descongelación por el porcentaje de sinéresis.

Los almidones de las cuatro variedades de papa nativa presentaron valores de humedad de 10.21-11.20 % y el tamaño de los gránulos para el eje mayor y menor fue de (26.80-55.02  $\mu\text{m}$  y 20.05-35.09  $\mu\text{m}$ ) respectivamente. Estos almidones obtuvieron valores de proteína de 0.2067-0.82 %; lípidos de 0.026-0.060 %; fibra de 0.016-0.033 %; ceniza de 0.08-0.23 % y carbohidratos de 88.09-88.84 %; el pH fue de 6.3-6.93; la acidez presentó rangos de 0.0047-0.005 meq de ácido láctico/ g almidón; la amilosa estuvo entre rangos de 32.687-40.267 % y amilopectina de 59.733-67.313 %.

Las propiedades tecno-funcionales de temperatura de gelatinización tuvo rangos de 63.9-70.0 °C; la claridad de pastas obtuvo valores de porcentaje de transmitancia de 59.9-80.2 %; una viscosidad de 9960-12266.7 cP (centipoise); un índice de absorción de agua 6.332-10.278 g gel/g muestra; un índice de solubilidad en agua 2.03-2.85 g soluble/g muestra; un poder de hinchamiento 6.380-10.253 % y la estabilidad en congelación/descongelación de 0.1-15.7 % de sinéresis del primer y 0-7.93 % de sinéresis del segundo día. Estos datos obtenidos se analizaron estadísticamente por un DCA (diseño completamente al azar) y comparación de rangos múltiples LSD (diferencia mínima significativa). Estos resultados indican que los almidones de la papa nativa presentan propiedades ventajosas, un alto contenido de amilosa, alto poder de hinchamiento, un gel claro y una baja solubilidad.

**Palabras claves:** Almidón de papa nativa propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación.

## ABSTRACT

Starches extracted from roots and tubers have become products of great importance for the food industry. The main objective of this work was to determine the properties physical, chemical, techno-functionals and stability in freeze / thaw starch four varieties of native potato. Were determined physical properties as moisture and size of the starch granules; chemical properties: protein, fat, fiber, ash, carbohydrates, amylose-amylopectin, acidity and pH; techno-functional properties gelatinization temperature, paste clarity, viscosity, index of water absorption, index of water solubility, swelling power and stability to freeze / thaw by percent syneresis. The starches of the four native potato varieties showed values of 10.21-11.20% humidity and granule size to the major and minor axis was (26.80-55.02 and 20.05-35.09 microns microns) respectively. These starches obtained values from 0.2067 to 0.82% protein; 0.026-0.060% lipids; 0.016-0.033% fiber; from 0.08 to 0.23% ash and 88.09-88.84% carbohydrates; pH was 6.3-6.93 starches; acidity introduced ranges from 0.0047 to 0.005 meq lactic / g starch acid; was amylose ranges between 32,687 to 40,267 y 59,733 to 67,313% amylopectin. The techno-functionals properties of gelatinization temperature ranges was 63.9-70.0 ° C; clarity of pasta obtained percent transmittance values of 59.9-80.2%; 9960-12266.7 a viscosity in cP (centipoise); an index of water absorption of 6332-10278 g gel / g sample; an index of solubility in water 2.03-2.85 g / g sample; swelling power 6,380-10,253 % and stability in freeze / thaw of 0.1-15.7% syneresis 0-7.93% first and second day of syneresis. These data were statistically analyzed by a DCA (completely randomized design) and multiple range comparison LSD (minina significant difference). These results indicate that native potato starches exhibit advantageous properties, a high amylose, high swelling, a clear gel and a low solubility.

**Keywords:** Native potato starch physical properties, chemical, techno-functional and stability in freeze / thaw.

## ÍNDICE GENERAL

	Pg.
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. LA PAPA NATIVA .....	4
1.2.1. Clasificación botánica de la papa .....	5
1.3. VARIEDADES DE PAPA NATIVA .....	6
1.3.1. Variedad Huamantanga.....	8
1.3.2. Variedad Ccompis .....	8
1.3.3. Variedad Putis .....	8
1.3.4. Variedad Qeccorani.....	9
1.4. ALMIDÓN.....	9
1.4.1. Características del granulo de almidón.....	9
1.4.2. Propiedades físicas y químicas del almidón .....	10
1.4.2.1. Características de la amilosa.....	10
1.4.2.2. Características de la amilopectina .....	12
1.4.2.3. Proteínas .....	13
1.4.2.4. Lípidos.....	14
1.4.2.5. Minerales y otros componentes .....	14
1.4.2.6. pH y acidez.....	15
1.4.2.7. Humedad.....	16

1.4.2.8. Tamaño de los gránulos de almidón .....	16
1.4.3. Propiedades tecno-funcionales del almidón.....	17
1.4.3.1. Gelatinización .....	17
1.4.3.2. Claridad de las pastas .....	19
1.4.3.3. Viscosidad .....	20
1.4.3.4. Índice de absorción de agua.....	20
1.4.3.5. Índice de solubilidad en agua .....	21
1.4.3.6. Poder de hinchamiento.....	22
1.4.3.7. Estabilidad en congelación/descongelación.....	22
1.4.4. Uso de los almidones .....	24
1.5. JUSTIFICACIÓN .....	26
1.6. OBJETIVOS .....	27
1.7. PROBLEMA .....	27
1.8. HIPÓTESIS .....	28
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	29
2.2. MATERIAL DE ESTUDIO.....	29
2.2.1. Universo y/o población .....	29
2.2.2. Muestra .....	29
2.3. EQUIPOS, MATERIALES, REACTIVOS E INSUMOS DE LABORATORIO .....	30
2.4. METODOLOGÍA.....	34

2.4.1. Extracción del almidón.....	34
2.4.2. Determinación de las propiedades físicas.....	36
2.4.2.1. Determinación de la humedad .....	36
2.4.2.2. Determinación del tamaño de los gránulos .....	36
2.4.3. Determinación de las propiedades químicas .....	37
2.4.3.1. Determinación de amilosa y amilopectina.....	37
2.4.3.2. Determinación de pH.....	38
2.4.3.3. Determinación de la acidez.....	38
2.4.3.4. Determinación del análisis proximal del almidón.....	39
2.4.4. Determinación de las propiedades tecno-funcionales.....	40
2.4.4.1. Determinación de la temperatura de gelatinización .....	40
2.4.4.2. Determinación de claridad de las pastas .....	40
2.4.4.3. Determinación de la viscosidad .....	41
2.4.4.4. Determinación índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua poder de hinchamiento .....	41
2.4.5. Determinación de la estabilidad en congelación/descongelación.....	43
2.4.6. Análisis estadístico .....	45
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	48
3.1. PROPIEDADES FÍSICAS.....	48
3.1.1. Humedad.....	48
3.1.2. Tamaño del granulo.....	50



3.2. PROPIEDADES QUÍMICAS .....	52
3.2.1. Proteínas .....	52
3.2.2. Lípidos .....	54
3.2.3. Fibra .....	56
3.2.4. Ceniza .....	57
3.2.5. Carbohidratos .....	60
3.2.6. pH y acidez .....	61
3.2.7. Amilosa y amilopectina .....	64
3.3. PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES .....	67
3.3.1. Temperatura de gelatinización .....	67
3.3.2. Claridad de la pasta .....	69
3.3.3. Viscosidad .....	72
3.3.4. Índice de absorción de agua .....	74
3.3.5. Índice de solubilidad en agua .....	76
3.3.6. Poder de hinchamiento .....	77
3.3.7. Estabilidad en congelación/descongelación .....	79
IV. CONCLUSIONES .....	84
V. RECOMENDACIONES .....	86
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87
VII. ANEXOS .....	99

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Composición química de la parte comestible (g / 100 g).....	5
<b>Tabla 2:</b>	Variedades de papas nativas.....	6
<b>Tabla 3:</b>	Papas nativas por variedad.....	7
<b>Tabla 4:</b>	Composición química de almidones comerciales.....	15
<b>Tabla 5:</b>	Equipos e instrumentos.....	30
<b>Tabla 6:</b>	Materiales de vidrio.....	31
<b>Tabla 7:</b>	Materiales de acero y plástico.....	32
<b>Tabla 8:</b>	Reactivos e insumos.....	33
<b>Tabla 09:</b>	Matriz del diseño experimental.....	46
<b>Tabla 10:</b>	Contenido de humedad.....	47
<b>Tabla 11:</b>	Dimensiones del granulo.....	49
<b>Tabla 12:</b>	Contenido de proteínas.....	51
<b>Tabla 13:</b>	Contenido de lípidos.....	53
<b>Tabla 14:</b>	Contenido de fibra.....	55
<b>Tabla 15:</b>	Contenido de ceniza.....	57
<b>Tabla 16:</b>	Contenido de carbohidratos.....	59
<b>Tabla 17:</b>	pH y acidez.....	60
<b>Tabla 18:</b>	Contenido de amilosa y amilopectina.....	63
<b>Tabla 19:</b>	Temperatura de gelatinización.....	66
<b>Tabla 20:</b>	Claridad de pasta.....	69
<b>Tabla 21:</b>	Viscosidad.....	71
<b>Tabla 22:</b>	Índice de absorción de agua.....	73
<b>Tabla 23:</b>	Índice de solubilidad en agua.....	75

<b>Tabla 24:</b>	Poder de hinchamiento.....	77
<b>Tabla 25:</b>	Porcentaje de sinéresis.....	79

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Gránulos de almidón de papa nativa de Chiloé.....	10
<b>Figura 2:</b>	Estructura química de la amilosa.....	11
<b>Figura 3:</b>	Estructura química de la amilopectina.....	12
<b>Figura 4:</b>	Proceso de gelatinización de una solución de almidón.....	18
<b>Figura 5</b>	Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón nativo de papa nativa.....	34
<b>Figura 6:</b>	Diagrama de bloques para la estabilidad en congelación y descongelación del almidón.....	43
<b>Figura 7:</b>	Diagrama de contrastación y variables.....	45
<b>Figura 8:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de humedad.....	48
<b>Figura 9:</b>	Gránulos de almidón.....	50
<b>Figura 10:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de proteínas.....	52
<b>Figura 11:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de lípidos.....	54
<b>Figura 12:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de fibra.....	56
<b>Figura 13:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de ceniza.....	57
<b>Figura 14:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de carbohidratos.....	59
<b>Figura 15:</b>	Diagrama de medias para el pH.....	61
<b>Figura 16:</b>	Diagrama de medias para la acidez.....	62
<b>Figura 17:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de amilosa.....	64
<b>Figura 18:</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de amilopectina.....	65
<b>Figura 19:</b>	Diagrama de medias para la temperatura de gelatinización.....	67
<b>Figura 20:</b>	Diagrama de medias para la claridad de pastas.....	70
<b>Figura 21:</b>	Diagrama de medias para la viscosidad.....	72

<b>Figura 22:</b>	Diagrama de medias para el índice de absorción de agua.....	74
<b>Figura 23:</b>	Diagrama de medias para el índice de solubilidad en agua.....	76
<b>Figura 24:</b>	Diagrama de medias para el poder de hinchamiento.....	78
<b>Figura 25:</b>	Diagrama de medias para el primer día.....	79
<b>Figura 26:</b>	Diagrama de medias para el segundo día.....	81
<b>Figura 27:</b>	Diagrama de medias para el tercer día.....	82

## ABREVIATURAS Y UNIDADES

<b>AOAC</b>	: Asociación de los químicos analíticos oficiales.
<b>b.h.</b>	: Base húmeda.
<b>CC.PP.</b>	: Centro poblado.
<b>cP</b>	: Centipoise
<b>CIP</b>	: Centro Internacional de la papa.
<b>DCA</b>	: Diseño completamente al azar.
<b>g</b>	: Gramos.
<b>H</b>	: Horas.
<b>Ha</b>	: Hipótesis alterna.
<b>HCl</b>	: Ácido clorhídrico.
<b>Ho</b>	: Hipótesis nula.
<b>IAA</b>	: Índice de absorción de agua.
<b>ISA</b>	: Índice de solubilidad en agua.
<b>ISI</b>	: Instituto internacional del almidón
<b>Kg</b>	: Kilogramos.
<b>KOH</b>	: Hidróxido de potasio.
<b>LSD</b>	: Diferencia mínima significativa.
<b>l</b>	: Litro
<b>Meq.</b>	: Mili equivalente.
<b>Min</b>	: Minutos.
<b>m.s.n.m.</b>	: Metros sobre el nivel del mar.
<b>mL</b>	: Mililitros.
<b>Nm</b>	: Nanómetros.
<b>NaOH</b>	: Hidróxido de sodio.
<b>PH</b>	: Poder de hinchamiento.

<b>pH</b>	: Potencial de hidrogeniones.
<b>p-value</b>	: Probabilidad evaluada.
<b>T °</b>	: Temperatura.
<b>N</b>	: Normalidad.
<b>RPM</b>	: Revoluciones por minuto.
<b>° C</b>	: Grados Celsius.
<b>µm</b>	: Micrómetro.
<b><math>\bar{X}</math></b>	: Promedio.
<b>s</b>	: Desviación estándar.

## INTRODUCCIÓN

Las papas nativas constituyen una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante siglos las seleccionaron y cultivaron por su agradable sabor, caracterizado por desarrollarse en ambientes con frecuentes heladas y sequías. En el Perú se encuentran más de 3000 variedades de papa nativa, la mayoría son cultivadas sobre los 3000 m.s.n.m., a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan a la papa una naturalidad especial, las cuales además son cultivadas generalmente sin el uso de fertilizantes y casi sin aplicación de pesticidas.

En la provincia de Andahuaylas es la principal fuente de ingresos para los pequeños productores de papa nativa además de formar parte de la canasta alimentaria. Uno de los mayores componentes de estos tubérculos es el almidón. El almidón representa una excelente materia prima y tiene un número enorme de aplicación como estabilizantes, adhesivo, ligante, etc.

Sin embargo en nuestra provincia ha dado mayor énfasis a la investigación con relación a las propiedades genéticas y agronómicas de las papas nativas; pero poco se ha estudiado sobre la extracción del almidón, que es una actividad agroindustrial en el ámbito mundial.

En la industria de los alimentos, es importante porque ofrece una amplia gama de propiedades tecno-funcionales que determina la calidad del producto final.

Por tal razón se estudiaron la propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación de los almidones de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa). Los cuales podrían ser utilizadas en la industria de alimentos.



## 1.1. ANTECEDENTES.

- (Zarate Polanco, y otros, 2014), señalan que el almidón nativo de los clones promisorios de papa criolla caracterizado fisicoquímicamente presentó los siguientes rangos: humedad de 9.33 a 21.67 %; amilosa 14.05 y 49 % y la amilopectina de 51 y 85.95 %. También determinaron las propiedades funcionales con rangos de: temperatura de gelatinización de 62 a 74 °C y sinéresis en congelación de 0.0-33.34%.
- (Lizarazo Hernández, 2013), estudió las propiedades fisicoquímicas de seis almidones nativos provenientes de seis variedades de papa, donde determinó valores de humedad en rangos de 14.57 % y 18.82 %. Además indica que la proteína y la grasa presente en los almidones nativos de papa no muestran diferencias, encontrándose contenidos de proteína entre 0.42 y 0.43 %, valores de grasa 0.32 y 0.35 % para las muestras analizadas.
- (Pardo, Castañeda, & Ortíz, 2013), caracterizaron estructural y térmicamente de almidones de diferentes variedades de papa, donde encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad que se encontraron entre rangos de 5.83 a 6.90 %, el contenido de cenizas osciló entre 0.239 a 0.409 %. En relación a la temperatura de gelatinización de los almidones de las variedades de papa en estudio presentaron rangos de 65.48 a 66.88 °C.
- (Espinoza Muñoz, 2012), realizó un análisis proximal del almidón de tres variedades de papa nativa, obteniendo valores de humedad de 8.13 a 8.43 %, en tanto el contenido de proteína para estas mismas muestras fue de 0.62 a 0.71 %; y el contenido de cenizas obtuvo rangos de 0.1 y 0.13 %.
- (Robles Oñate, 2012), evaluó el tamaño de los gránulos de almidón de papa nativa de Chiloe usando un microscopio de luz polarizada, obteniendo valores de 7.29  $\mu\text{m}$  y 74.7  $\mu\text{m}$  de los gránulos. Además determinó valores del poder de hinchamiento resultando rangos de 8,28 a 11,32 %.

- (Ramírez Suárez, Zárate Polanco, & Otárola Santamaría, 2011), caracterizaron el almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla, donde reportaron valores de humedad de 9.3 a 19.2 %; el contenido de amilosa en estos almidones se encontró en valores de 14 a 49 %; y amilopectina entre 51 a 86 %. Además determinaron propiedades funcionales como temperaturas de gelatinización los cuales obtuvieron rangos de 61 a 74 °C.
- (Garnica H., Romero B., Cerón L., & Prieto Contreras, 2010), caracterizaron funcionalmente a almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa y señalan que el porcentaje de transmitancia fue mayor del 40 %; reportando valores de 54.53 y 82.9 %. La temperatura de gelatinización osciló entre 61 a 65 °C, el IAA estuvo entre 6.5 y 15.04 g gel/g muestra, el ISA presentó valores de 0.74 a 5.29 g soluble/ g muestra, el poder de hinchamiento fue de 6.58 hasta 15.45% y la viscosidad presentó variación entre los datos que fue de 770 a 12920 cP.
- (Romero Bernal & Garnica Holguin, 2009), caracterizaron clones promisorios de papa por su potencial para la producción de almidones nativos, donde encontraron valores de amilosa y amilopectina de (16.5 y 42 %) y (58 y 83.5 %) respectivamente. El contenido de humedad en los almidones obtenidos tuvieron rangos de 3.7 y 22.5%.
- (Alvis, Vélez, Villada, & Rada Mendoza, 2008), realizaron un análisis físico-químico de almidones de papa y determinaron la viscosidad en su pasta, donde determinaron valores del contenido de humedad de 8.50 %; no encontraron ninguna diferencia significativa en el contenido de fibra que fue 0.05 %; obtuvieron también contenido de lípidos entre 0.30 a 0.35 %, la proteína presente en el almidón nativo fue de 0.60 a 0.62 % y el contenido de amilosa fue 24 %. En el IAA en el almidón de papa fue de 5.83 g gel/g muestra y el ISA fue de 2.97 g soluble/g muestra.

- (Andino, 2008), concluye que al medir la estabilidad congelación y descongelación de 4 mezclas de almidones nativos que fueron sometidos a 5 ciclos de estudio, muestras que se descongelaron cada día y mezclas que se descongelaron cada tres días, la cantidad de agua liberada dependió del almidón y del tiempo de congelación al que fueron sometidas las muestras. En el caso de las muestras que fueron descongeladas cada día se observó mayor sinéresis en el primer día pero conforme pasó el tiempo, la cantidad de agua expulsada fue cada vez menor. Esto se debe a que hay mayor retrogradación de la amilosa en los primeros ciclos (1 y 2) y ésta va disminuyendo en los últimos ciclos 4 y 5.
- (Quilca Burga, 2007), caracterizó física y químicamente ecotipos de papa nativa, donde encontró que los gránulos de almidón del ecotipo Puña y del testigo Super Chola son de mayor tamaño (50.42 y 50.54  $\mu\text{m}$ ) que los gránulos de otros 10 ecotipos de papas nativas. El tamaño de los gránulos de Chaucha Holandesa fue de menor tamaño (26.34  $\mu\text{m}$ ). Los gránulos de almidón de los ecotipos de papas nativas y el testigo presentaron formas ovaladas. En relación al contenido de amilosa y amilopectina, los almidones de los ecotipos de papas nativas fue de (36.81, 36.79, 35.58 %).
- (Tarazona de Rodríguez & Cenzano Mayorca, 2002), indican que el contenido de amilosa en la muestras de almidón de papa fue de 38.22 %. En cuanto a la temperatura de gelatinización se observó que los gránulos de almidón de papa gelatinizan en un rango de 71.5 °C.

## **1.2. LA PAPA NATIVA.**

Las papas nativas son el resultado de un proceso de domesticación, selección y natural conservación (Ortega, Gonzales, & Osorio, 2005). Constituyen una valiosa herencia de los pueblos pre-incaicos que durante siglos las seleccionaron por su agradable sabor y resistencia a las condiciones adversas del clima de la sierra caracterizado por frecuentes heladas y sequias (Gómez, Roca, & Ordinola, 2008). La mayor diversidad genética de papa nativa se encuentra en las tierras altas de los andes.

La mayoría de las papas nativas son cultivadas sobre los 3000 m.s.n.m., a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos andinos brindan a estas papas una naturalidad especial las cuales además son cultivadas generalmente sin uso de fertilizantes químicos y casi sin aplicación de pesticidas (Reinoso & Thiele, 2005). Poseen excelentes sabores, formas variadas, atractivos colores y diferentes tamaños y texturas. Se han encontrado altos contenidos de proteínas en algunas variedades de papa nativa. Hoy en día, la papa representa una de las contribuciones más importantes de la región andina al mundo entero, por ser uno de los cultivos alimenticios más consumidos y apreciados (Gijarro Vega, 2008). En la Tabla (1) se muestra los principales componentes de la papa común y criolla.

**Tabla 1:**

**Composición química de la parte comestible (g componentes / 100 g papa)**

<b>Componentes</b>	<b>Papa común</b>	<b>Papa criolla</b>
Agua	76.70	75.50
Proteínas	1.90	2.5
Grasas	0.10	0.10
Carbohidratos	19.30	18.70
Fibra	1.00	2.20
Cenizas	1.00	1.00

**Fuente:** (Angulo Paredes & Montenegro Villavicencio, 2006).

**1.2.1. Clasificación botánica de la papa.**

La papa pertenece a las siguientes características taxonómicas (Quilca Burga, 2007).

Familia: Solanaceae.

Género: *Solanum*.

Sub género: Potatoe.

Sección: Petota.

Serie: *Tuberosa*.

Especies: *phureja, andigenum*.

Nombre común: papa, patata.

### 1.3. VARIEDADES DE PAPA NATIVA.

En el Perú existen alrededor de 3000 variedades de papas nativas, estas se concentran básicamente en los Andes del centro y sur peruano. Según el catálogo de variedades de papas nativas del Perú, realizado por el año internacional de la papa (Gómez et al., 2008), existen alrededor de 50 variedades de papas nativas prometedoras desde el punto de vista comercial. Ya que presentan sabor atractivo, rendimiento aceptable y posibilidades de cosecha en diferentes épocas del año. Estas papas han sido agrupadas en la Tabla (2) de la siguiente manera: comerciales, semi-comerciales y con potencial de mercado.

**Tabla 2:**

#### **Variedades de papas nativas.**

<b>Papa nativas comerciales</b>	<b>Nombre alternativos</b>	<b>Región de procedencia</b>
Amarilla Tumbay	Tumbay, Papa Amarilla.	Huánuco
Huamantanga	Puja Suytu.	Ayacucho, Apurímac
Peruanita	Jilguero, Milagro	Huánuco, Junín.
<b>Semi comerciales</b>		
Camotillo	Camotilla, Garhuash, Karwash	Junín y Huánuco.
Qompis	Puka Qompis, Papa Rosada	Cusco y Apurímac
Yana Pumamaqui	Pumamaki, Pumaqa Makin	Ancash y Junín
Yuraq Imilla	Imilla Blanca, Yuraq Qompis	Puno y Apurímac
<b>Con potencial de mercado</b>		
Amarilla	Amarilla, Choines	Huánuco
Huarina	Rukup Punkan	Huánuco, Junín
Leona	Bolona negra	Cajamarca
Qeqorani	Azul songo, qeqerana	Cusco, Apurimac
Yana warki	Warmanpa uman	Ayacucho, Apurímac

**Fuente:** (Gómez et al., 2008).

Las variedades de papa en el Perú domesticadas por los antiguos peruanos se denominan papas nativas. Ancestralmente, se han seleccionado, domesticado y cultivado una gran diversidad de papas nativas, las cuales poseen características especiales en su forma, color, sabor y composición nutricional. Por las cualidades culinarias, industriales y por su contenido de sólidos, colores, valores nutritivos, valores proteicos. En la provincia de Andahuaylas el cultivo de la papa nativa es uno de los principales cultivos que forma parte de la dieta de la población; en la Tabla (3) se muestran las principales variedades de papa nativa que se produce en la provincia de Andahuaylas:

**Tabla 3:**  
**Papas nativas por variedad.**

<b>Variedades Mejoradas</b>	<b>Variedades Nativas</b>
Canchan	Huayro
Chaska	Peruanita
Yungay	Putis
Cica	Qeqorani
Amarilis	Amarilla Tumbay
Perricholi	Duraznilla
	Sangre de Toro
	Huamantanga
	Camotillo
	Yahuar Soncco
	Ccompis

**Fuente:** (Maldonado, Ordinola, Manrique, Fonseca, Sevilla, & Delgado, 2011).

En la provincia de Andahuaylas se cultivan diversidad de papas nativas como se mostró anteriormente; a continuación se detallan las características de las variedades de papa, de las cuales se les extrajo el almidón que se utilizó en esta investigación:

### **1.3.1. Variedad Huamantanga.**

Esta variedad se desarrolla en la región Suni o Jalca, a una altura de 3700 a 4100 m.s.n.m. Se produce en las siguientes regiones: Huancavelica, Ayacucho, Junín, Apurímac, Huánuco, Ancash y Cusco, y dentro de ellas en las provincias de Huancavelica, Acobamba, Chincheros, Andahuaylas, Paucartambo. La época de cosecha de esta variedad se da a los 150 días en los meses de marzo a junio; contiene 24 % de materia seca; el Centro Internacional de la Papa le denominó un código CIP: 703387. Esta variedad tiene forma alargada, el color de la pulpa es amarillo y tiene lenticelas pequeñas (Gómez et al., 2008).

### **1.3.2. Variedad Ccompis.**

La variedad Ccompis se desarrolla en la región Suni o Jalca, a una altura de 3500 a 4000 m.s.n.m. Las regiones donde se produce esta variedad son: Cusco, Puno, Ayacucho, Apurímac, Huancavelica, Junín; y en las provincia de Paucartambo, Azángaro, Anta, Andahuaylas, Chincheros, Cotabambas, Huancavelica. La cosecha de esta variedad se da a los 150 días en los meses de marzo a junio; contiene 27 % de materia seca; el Centro Internacional de la Papa le denominó un código CIP: 700921. El tubérculo de esta variedad es semi redonda, el color de la pulpa es blanquecino y tiene lenticelas profundas (Gómez et al., 2008).

### **1.3.3. Variedad Putis.**

Esta variedad se desarrolla en la región Suni o Jalca; a una altura de 3500 a 4100 m.s.n.m. Las regiones y las provincias donde se desarrolla este cultivo son Cusco, Apurímac, Ayacucho, Lima, Huancavelica; Chumbivilcas, Andahuaylas, Chincheros, Huancavelica, Junín, Huanta, Canta. Cotabambas. El tubérculo de esta variedad está apto para su cosecha a los 180 días y generalmente se cosecha entre los meses de abril y junio, tiene un contenido de materia seca del 28 %, el Centro Internacional de la Papa le designó un código CIP: 704063. El color de la pulpa de esta variedad es blanca con centro de color morado, y la forma también es alargada (Gómez et al., 2008).

#### **1.3.4. Variedad Qeccorani.**

Esta variedad se desarrolla en la región Suni o Jalca, a una altura de 3500 a 3900 m.s.n.m. se produce en las siguientes regiones: Cusco Ayacucho Huancavelica, Apurímac, dentro de ellas las provincias de Quispicanchis, La Mar, Huancavelica, Andahuaylas. La época de cosecha de esta variedad se da a los 150 días en los meses de marzo a junio; contiene 30 % de materia seca; el Centro Internacional de la Papa le denominó un código CIP: 703287; el color de la pulpa es amarilla con morado, es de forma alargada con lenticelas profundas (Gómez et al., 2008).

#### **1.4. ALMIDÓN.**

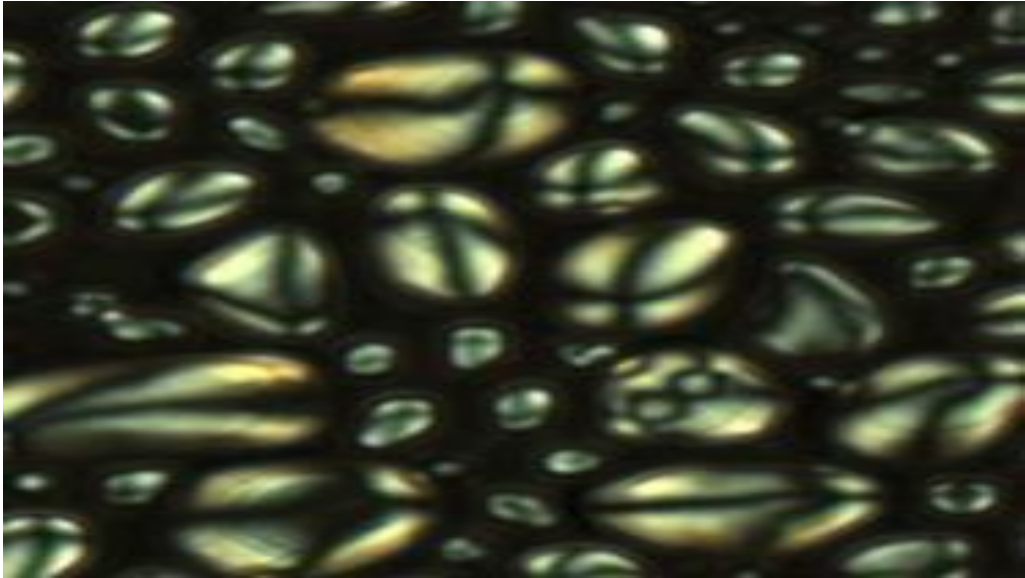
Es un polisacárido propio de tejidos vegetales que tiene como unidad estructural moléculas de glucosa, se presenta en forma de gránulos, que habitualmente ofrecen una forma redondeada, irregular, con tamaños que oscilan entre 2 y 100 micras, tanto la forma como el tamaño de los gránulos son característicos de la especie vegetal y pueden utilizarse para identificar el origen de un almidón o harina. Como hidrato de carbono de reserva, el almidón se encuentra en especial abundancia en determinados tejidos vegetales, como los tubérculos y en el endospermo de las semillas. Sus propiedades funcionales son de importancia en muchos alimentos, el almidón se encuentra en las células vegetales bajo la forma de partículas insolubles o gránulos (Surco Laos, 2004).

##### **1.4.1. Características del granulo de almidón.**

Las características particulares de los gránulos de almidón son: tamaño, forma y el contenido de amilosa y amilopectina. La estructura rígida de los gránulos se conforma por capas concéntricas de amilosa y amilopectina distribuidas radialmente; es decir, es una mezcla de moléculas lineales y ramificadas. Cuando hay asociaciones paralelas entre estas, se mantienen juntas por puentes de hidrógeno de lo que resultan regiones cristalinas, lo cual causa que el granulo sea birrefringente; y evita su disolución en agua fría por la formación de una malla molecular que mantiene juntos los gránulos (Soriano Colchado, 1986). Estos cuerpos son birrefringentes, es decir, tienen dos índices de refracción, por lo que, cuando se irradia con luz polarizada desarrollan la típica



“cruz de malta”. Esta cruz de malta indica un alto orden dentro del granulo; en el centro de la cruz de malta se encuentra el hilio, el cual se cree, es el punto del inicio de la biosíntesis (Espinosa Solis, 2008). En la Figura (1) se observa la imagen de la cruz de malta.



**Figura 1:** Gránulos de almidón de papa nativa de Chiloé.

**Fuente:** (Robles Oñate, 2012).

#### **1.4.2. Propiedades físicas y químicas del almidón.**

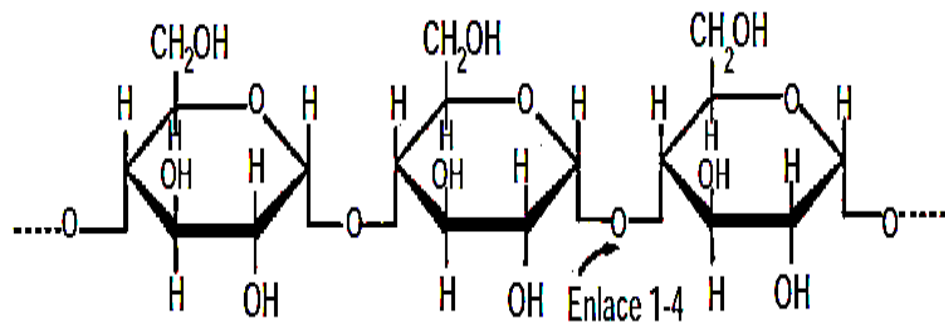
Las propiedades físicas y químicas dependen de la organización física y química (las cantidades respectivas de estos polisacáridos), los cuales otorgan determinadas propiedades fisicoquímicas y características funcionales a los diferentes almidones (Singh, Singh, Kaur, Singh, & Singh, 2003).

Además de la amilosa y amilopectina, existen otros componentes en pequeñas proporciones como: proteínas, lípidos, grupos fosfato y trazas de materiales inorgánicos; tanto la fuente botánica y las condiciones de almacenamiento de los almidones determinan el contenido de estos compuestos que imparten efectos drásticos en la propiedades físico-químicas (Moorthy, 2002).

##### **1.4.2.1. Características de la amilosa.**

Se trata de un polímero lineal de  $\alpha$ -D-glucosa unida por enlaces  $\alpha$ -1,4. Debido al enlace  $\alpha$ -1,4 los anillos de glucosa no se encuentran en una

misma zona plana por lo que la amilosa no es una cadena plana sino que forma un ángulo con cada glucosa con su interior, dando lugar a un hélice tubular estabilizada con puentes de hidrógeno. Esta naturaleza lineal y la longitud de sus cadenas, confieren a la amilosa algunas propiedades únicas, como su capacidad de formar complejos con el yodo, alcohol o ácidos orgánicos, denominados complejos de inclusión helicoidal, siendo en el caso de los compuesto formados con yodo es curioso, ya que el yodo, al incluirse en la cavidad central de la hélice, da un típico color azul, que puede ser utilizado como criterio de identificación. La amilosa se presenta en forma cristalina debido al gran número de enlaces por puentes de hidrógeno existentes entre grupos hidroxilos (Ferrerías Charro, 2009), en la Figura (2) se observa la amilosa.



**Figura 2:** Estructura química de la amilosa.

**Fuente:** (Badui Dergal, 2006).

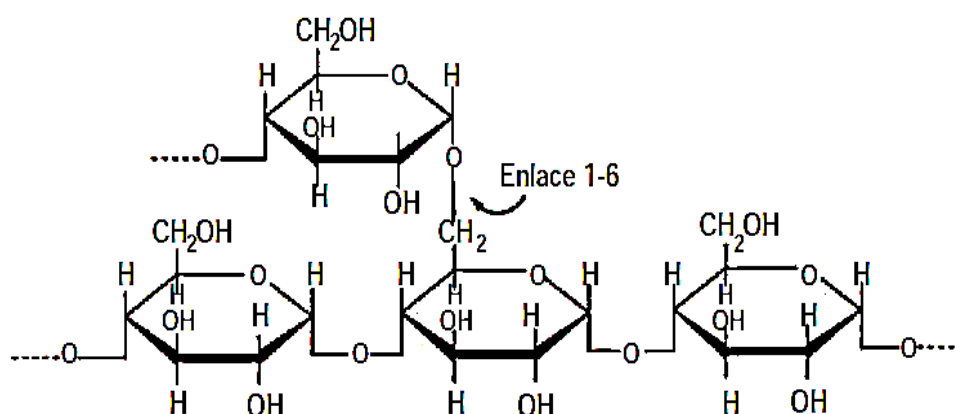
La abundancia de los hidroxilos otorga propiedades hidrofílicas al polímero, impartándole afinidad por el agua. Sin embargo, debido a su linealidad, los polímeros de la amilosa tienden a agruparse muy estrechamente en forma paralela mediante formación de puentes de hidrógeno entre los hidroxilos de los polímeros adyacentes reduciendo así su afinidad por el agua (Naranjo Gallardo & Pazmiño Calvopiña, 2010).

La amilosa se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis (Hoover, 2002). El contenido de amilosa en almidones de papa es aproximadamente de 20 a 22% (Badui Dergal, 2006), las diferencias del

contenido de este polisacárido se debe a diversos factores como genotipo, condiciones ambientales o métodos de aislamiento del almidón (Kaur, Singh, Ezequiel, & Guraya, 2007); también los cambios de este polisacárido se debe a que el porcentaje es proporcional a tamaño del granulo y a la madurez de la planta de la cual se obtuvo el almidón (Utrilla Coello, Agama Acevedo, Rodríguez Ambriz, & Bello Pérez, 2007).

#### 1.4.2.2. Características de la amilopectina.

La amilopectina (Figura 3), es el componente mayoritario del almidón, está formada por cadenas  $\alpha$ -D-glucosa unidos por enlaces  $\alpha$ -1,4; presenta además enlaces  $\alpha$ -1,6, en los puntos de ramificación, los cuales representan de 4-5% de los enlaces totales (Ferrerías Charro, 2009).



**Figura 3:** Estructura química de la amilopectina.

**Fuente:** (Badui Dergal, 2006).

La amilopectina es una molécula predominante en la mayoría de los almidones dependiendo a la fuente (entre 70-80 %), alcanzando en ciertos casos, niveles de hasta 98-99 % en los almidones tipos cerosos, posee porciones cortas y largas lo cual permite un arreglo único que imparte propiedades cristalinas y propicia su acomodo dentro de los gránulos de almidón, las ramificaciones tienen un arreglo helicoidal similar al que presenta la amilosa. Sin embargo, no se favorece la formación de complejos con sustancias. Además, las ramificaciones no permiten una

retrogradación acelerada de esta fracción y no favorecen a la formación de gel (García Zaragoza, 2009).

La amilopectina no tiene estructura micro-cristalina, presentando un grado de cristalinidad inferior al de la amilosa. Los monómeros están interconectados débilmente, constituyendo una especie de formación cristalina que se rompe con facilidad. Es la responsable de la pegajosidad y viscosidad del almidón, debido a que durante la cocción absorbe una importante cantidad de agua, siendo la responsable del hinchamiento del gránulo de almidón, sin embargo, no interviene en la formación del gel, por lo tanto no retrograda (Villagra, 2010). La amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse (Hoover, 2002).

#### **1.4.2.3. Proteínas.**

Los almidones de tubérculos contienen pequeñas cantidades de proteína (<0,1 %); a diferencia de los cereales, los cuales contienen de 0,25 a 0,6 % (Debet & Gidley, 2006). Al igual que los lípidos, las proteínas se encuentran asociadas con el granulo, y en la periferia del mismo. Las proteínas confieren al almidón un aroma y sabor a harina, además de cierta capacidad espumante. Cerca del 10 % de las proteínas asociadas al almidón, se encuentran en la superficie del granulo y pueden ser fácilmente extraídas con agua o soluciones salinas (Beymun G & Roels, 1985).

Entre las proteínas asociadas a la superficie del granulo esta la enzima  $\alpha$ -amilasa, cuya acción hidrolítica afecta las propiedades reológicas de almidón en dispersión, de ahí la importancia de eliminarlas durante el proceso de obtención de este polímero (Moorthy, 2002).

La presencia de proteínas en el almidón es causa de los diferentes lavados que sufre durante su obtención, ya que el agua ayuda a arrastrar a las proteínas (Bello Pérez, Contreras, Romero, Solorza, & Jimenez, 2002).

La presencia de estas también está dada por la morfología del almidón y por el tamaño del granulo (Lawal & Adebowale, 2005). El contenido de proteínas en el almidón de papa presenta un rango de 0.6 % (Guízar Miranda, 2009).

#### **1.4.2.4. Lípidos.**

Los lípidos presentes en los gránulos de almidón se encuentran formando complejos de inclusión con las moléculas de amilosa, dichos complejos son insolubles en agua fría. Los principales ácidos grasos que conforman los lípidos contenidos en los almidones se encuentran el ácido palmítico, ácido oleico, ácido linoleico y fosfolípidos. El contenido de lípidos en almidones de tubérculos como la papa, el camote la tapioca es muy pequeño <0,1 % (Tester, Karkalas, & Qui, 2004). La presencia de grasas o lípidos en el almidón afecta a las propiedades funcionales, al evitar su unión con las moléculas de agua y causar rancidez durante el almacenamiento (Wolfgang, Wili, & P, 1999). Además, contribuyen a elevar las temperaturas de gelatinización y disminuyen la retrogradación. Por lo tanto los lípidos desempeñan un papel muy importante en la calidad y en la propiedades físicas y funcionales de los almidones (Singh et al., 2003).

#### **1.4.2.5. Minerales y otros componentes.**

El almidón posee pequeñas trazas de minerales (<0,5%) como calcio, magnesio, potasio, sodio y fósforo; sin embargo son de poca importancia en la funcionalidad del almidón a excepción del fósforo. El contenido de fósforo en la mayoría de los almidones es mínimo, con excepción del almidón de papa, que hasta ahora es el único almidón comercial que contiene una cantidad apreciable de fósforo (>0,10 %) en forma de monoéster de fosfatos; generalmente el fósforo en el almidón se encuentran en tres formas como fosfolípido, como fosfatos inorgánicos y como monoéster de fosfato unido covalentemente con algunas fracciones de amilopectina. El fósforo presente en el almidón, proporciona un efecto significativo en los alimentos que lo contiene.

Ocasiona una, mayor estabilidad al descongelamiento, así como un incremento en la claridad de pastas (Craig, Maningat, Seib, & Hosney, 1989). Adicionalmente, provoca un rápido hinchamiento de los granulo de almidón a temperaturas relativamente bajas; el fósforo contenido en gránulos de almidones de raíces y tubérculos como la papa, ocasionan un pronunciado incremento en la viscosidad durante el calentamiento o

cocinado de sus dispersiones, en comparación con almidones provenientes de cereales (Moorthy, 2002).

El contenido de ceniza del almidón está relacionado directamente con el fósforo, responsable también con el hinchamiento, la estabilidad de la pasta (Singh & Kaur, 2009).

Por otro lado el contenido de fibra en el almidón es deficiente; existen diferentes factores que afectan el contenido de fibra como es la fuente de obtención y el estado de madurez (a mayor madurez, mayor contenido de fibra) (Gutiérrez Freire, 1980). En la Tabla (4) se muestra la composición química de algunos almidones.

**Tabla 4:**

**Composición química de almidones comerciales.**

<b>Fuente</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Proteínas</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Cenizas</b>
Maíz	0,6	0,35	0,015	0,1
Papa	0,05	0,06	0,1	0,4
Trigo	0,8	0,4	0,06	0,15
Tapioca	0,1	0,1	0,01	0,2
Maíz céreo	0,2	0,25	0,007	0,07
Amilo maíz	0,4	----	0,07	0,2
Camote	0,05	----		0,1

**Fuente:** (Guízar Miranda, 2009).

#### **1.4.2.6. pH y acidez.**

El pH es una medida utilizada químicamente para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido (también se puede utilizar para gases).

Se entiende por la acidez la capacidad de una sustancia para aportar a una disolución acuosa iones de hidrogeno e hidrogeniones al medio. La alcalinidad o base aporta hidroxilo al medio. Por lo tanto, el pH mide la concentración de iones de hidrogeno de una sustancia, iones hidronio presentes en determinadas sustancias y la acidez es una medida de la cantidad de ácido presente en la muestra (Federico, 1968.).

#### **1.4.2.7. Humedad.**

Es una variable física definida formalmente como la cantidad de agua presente o absorbida en un sólido. Se puede expresar tanto en base húmeda como seca (Barrios., 1989). La evaluación de esta variable permite, determinar la estabilidad del almidón en el tiempo. El contenido de humedad es un factor que depende tanto de la materia prima como del método de obtención y las condiciones del proceso de deshidratación. Un contenido de humedad menor al 10 % resulta conveniente para evitar el deterioro de los almidones durante su almacenamiento. El contenido de humedad para el almidón nativo de papa se encuentra entre 7.0 a 13.3 % (Hoover, 2001). Un contenido superior de humedad puede ocasionar daño microbiano y por tanto, el deterioro en la calidad de polímero (Beymun G & Roels, 1985). El contenido de humedad del almidón se debe a la cantidad de amilosa presente, debido que tiene un ligero comportamiento higroscópico, las partículas pueden embeber una pequeña cantidad de agua; ya que estas moléculas presentan terminales polares, los cuales atraen moléculas de agua, es así que altos contenidos de amilosa atraerán mayor contenido de agua (Vaclavick, 2002).

#### **1.4.2.8. Tamaño de los gránulos de almidón.**

El tamaño y forma de los gránulos de almidón es extremadamente diverso y específico para cada especie. Aunque los gránulos de almidón de muchas especies no son uniformes en tamaño (Cenzano Mayorca, 1996). Los gránulos de almidón de papa tienen un tamaño que varía de 10 a 100  $\mu\text{m}$  (Bello Pérez, Pano de León, Agama, & Paredes, 1998), también se encuentran gránulos de almidón de papa de 2 a 150  $\mu\text{m}$ , y tiene formas redondas, elípticas, ovaladas, lenticular o poligonal, dependiendo de la fuente biológica de donde provengan (Vaclavick, 2002). La morfología y el tamaño se relaciona de manera directa con la fuente de obtención, por lo que la forma y el tamaño del granulo es utilizado como criterio taxonómico para identificar la fuente vegetal del almidón (Singh et al., 2003). Los gránulos de almidón de papa tienen forma elíptica; sin embargo los gránulos más pequeños tienen forma circular (Mishra & Rai, 2006).

### **1.4.3. Propiedades tecno-funcionales del almidón.**

Las propiedades tecno-funcionales dependen directamente de la relación entre amilosa y la amilopectina, la cual, puede depender de la variedad, la especie, composición de la papa, el suelo, la edad de la planta y de más factores (Aristizabal & Sánchez, 2007).

Las características tecno-funcionales de los almidones derivan de las propiedades fisicoquímicas de los gránulos del almidón, como son la claridad, solubilidad, absorción de agua, hinchamiento y gelatinización (Lajalo & Wenzel, 2006).

#### **1.4.3.1. Gelatinización.**

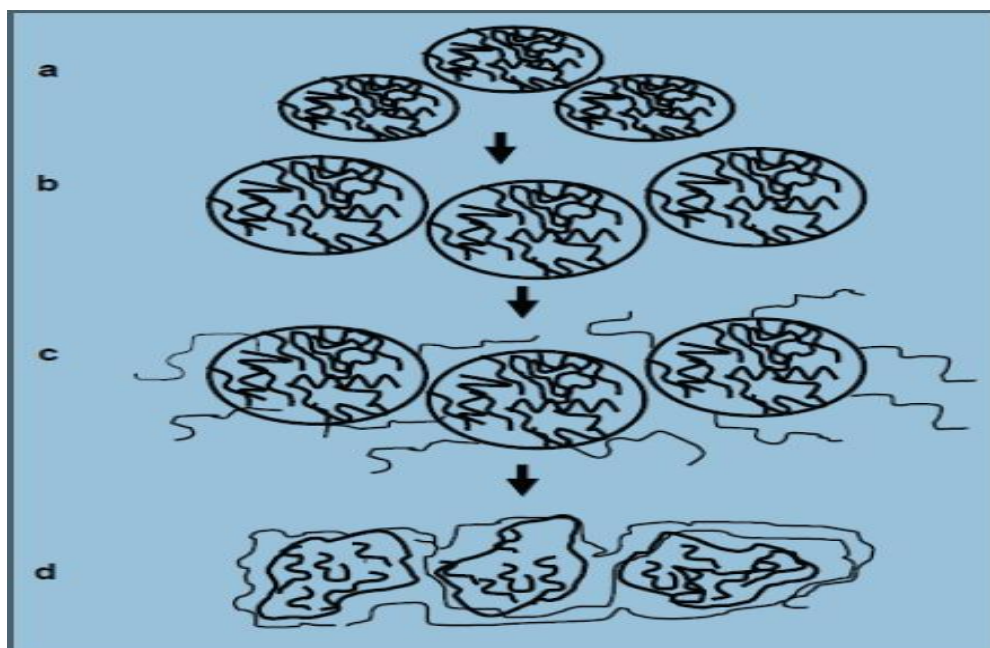
Cuando una suspensión acuosa de gránulos de almidón es suficientemente calentada, sufre un desorden conocido como gelatinización (Cenzano Mayorca, 1996).

Durante el proceso hidrotérmico el agua se propaga por los gránulos de almidón, presentándose un hinchamiento, y así mismo este empieza a solubilizarse. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene mayor cantidad de agua y el granulo empieza a hincharse, aumentando su volumen, una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, la cristalina inicia un proceso semejante, lo que provoca que la zona cristalina empiece a desaparecer (Sánchez Gonzáles, 2007).

A partir de esto se presenta una transición irreversible donde se pierde la cristalinidad, birrefringencia y hay lixiviación de la amilosa. Para este proceso se requiere un porcentaje de agua mayor al 30 % y una temperatura de 60 a 75 °C, pero este valor depende de la fuente de origen del almidón (Aristizabal & Sánchez, 2007).

Este proceso desde la fase reversible hasta cuando se gelatiniza se puede observar en la Figura (4).





**Figura 4:** Proceso de gelatinización de una solución de almidón. a) granulos de almidón nativo. b) adsorción superficial de agua (reversible). c) salida de amilosa y apertura de la estructura. d) Almidón gelatinizado.

**Fuente:** (Lai & Kokini, 1991).

La temperatura de gelatinización depende de varios aspectos como es el porcentaje de amilosa, la forma del granulo y el tamaño, por lo que cada almidón tiene un intervalo de gelatinización diferente (Sánchez Gonzáles, 2007). El contenido de amilosa influye en la temperatura de gelatinización, es inversamente proporcional; ya que a mayor contenido de amilosa, menor temperatura de gelatinización y viceversa (Lindeboom, Chang, & Tyler, 2004).

Las temperaturas de gelatinización se encuentran en un rango de 60 a 85 °C, dependiendo de varios factores; incluyendo de la fuente de almidón, las cantidades relativas de amilosa y amilopectina y la cantidad de humedad disponible para la hidratación (Tester et al., 2004).

#### **1.4.3.2. Claridad de las pastas.**

Este proceso se debe a la interacción de luz con el almidón en agua, esta disolución puede transmitir, reflejar y refractar la luz, por lo cual se determina el grado de transparencia de la suspensión. Es así que cuando un haz de luz incide en una suspensión acuosa de los gránulos de almidón nativo, la luz se dispersa en la superficie de los gránulos. Gran parte de la luz dispersada se refleja, y los gránulos nativos aparecen de color blanco u opaco. Durante la gelatinización, estos gránulos se hinchan y aumenta la cantidad de luz que a través de los gránulos en lugar de ser reflejada. Esto se debe a que las moléculas de almidón se disocian y disminuye la capacidad de los gránulos para reflejar la luz. Sin embargo, el paso de luz transmitida a través de los gránulos hinchados se refracta y el grado de refracción disminuye con el aumento de la hinchazón de los gránulos (Ramírez Suárez, Zárate Polanco, & Otárola Santamaría, 2011). La importancia de esta cualidad radica ya sea en la claridad, transparencia u opacidad de los geles y pastas formadas. Se mide por la capacidad para transmitir la luz (porcentaje de transmitancia %T) cuando son sometidos al paso de un haz radiante. Para algunos productos resulta de vital importancia dicha característica, por ejemplo, la opacidad resulta deseable cuando se requiere destacar el color brillante de algunos productos (Ríos Ríos, 2014). El valor de la claridad en pastas de almidón varía entre 12.5 - 95 %, en cuanto a la pasta del almidón de papa se considera como clara o transparente (Romero Bernal & Garnica Holguin, 2009). La claridad de las pastas son causa de las cadenas poliméricas del almidón gelatinizado, que se asocian entre si y tienden a formar una estructura más ordenada; la cual produce turbidez y reduce la transmitancia de la luz a través de la dispersión del almidón (Lovedeep, Narpinder, & Navdeep, 2002).

La presencia de los lípidos afecta las propiedades funcionales del almidón como la claridad de las pastas (Debet & Gidley, 2006). La elevada transparencia o claridad de las pastas de almidón se debe en parte al contenido de fósforo, ya que este se presente en el almidón de papa como grupos monoéster de fosfato (Beymun G & Roels, 1985).

#### **1.4.3.3. Viscosidad.**

Cuando una suspensión acuosa de almidón es calentada por encima de la temperatura de gelatinización, los gránulos individuales gelatinizan y se hinchan libremente hasta absorbe virtualmente de toda el agua disponible, incrementando su volumen. El continuo calentamiento particularmente en presencia de agitación constante produce pasta cocidas, las cuales son mezclas de gránulos hinchados y gránulos fragmentados los cuales están adheridos unos con otros formando una matriz consistente y en consecuencia la viscosidad de la pasta aumenta considerablemente (Soriano Colchado, 1986). La viscosidad aumenta marcándose después de que los gránulos han hinchado lo suficiente, de manera que chocan con frecuencia. En algunos casos, la fricción llega a ser tan grande que los gránulos, ahora frágiles, se rompen en fragmentos que originan reducción de la viscosidad. Debido a que la viscosidad depende, en principio de la colisión y rotura de los gránulos hinchados, la temperatura a la que aparece notable aumento, así como los posteriores cambios, depende fundamentalmente de la concentración inicial de la suspensión del almidón (Carrera Carazas, 1996). La viscosidad depende del tamaño y la forma del granulo, el cual incide en el aumento de la solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad, cuanto menor sea el tamaño del granulo existirá mayor capacidad de absorción de agua (Hwang & Kokini, 1992). Los equipos comúnmente usados para registrar los cambios de viscosidad de soluciones o pastas de almidón calentadas son: Viscosímetro Scott, el Viscosímetro de Brookfield y Viscosímetro de Brabender (Carrera Carazas, 1996).

#### **1.4.3.4. Índice de absorción de agua.**

La cantidad de agua absorbida por el almidón, dependerá del contenido de humedad del medio que lo rodea; el almidón absorbe agua hasta alcanzar el equilibrio con el medio circundante (proceso reversible); la absorción de agua provoca que el granulo presente un hinchamiento, incrementando el tamaño hasta un 10% (Seib & Stearns, 1972; Singh & Singh, 2003).

En agua caliente, la absorción de agua está determinada por las fuerzas de unión en la estructura del granulo de almidón, es decir, dependen del grado de asociación molecular entre la amilosa y amilopectina y de la temperatura de gelatinización a la que este expuesto el granulo de almidón (Mua & Jackson, 1997). El índice de absorción de agua está relacionada con la fuente biológicas, el tamaño y la forma del granulo (Lindeboom et al., 2004).

#### **1.4.3.5. Índice de solubilidad en agua.**

El almidón es un polímero poco soluble debido a que la amilosa y amilopectina se unen por puentes de hidrógeno, formando una estructura compleja, altamente organizada, que presenta una gran estabilidad a las múltiples interacciones que existen con sus dos polímeros constituyentes, su solubilidad depende de la cantidad de estos polímeros en el medio (Kaur et al., 2007; Singh & Singh, 2003), estudiaron el efecto que tiene la agitación mecánica en las características fisicoquímicas y estructurales del almidón, encontrando que a mayor tiempo de agitación mecánica, el almidón es más soluble en agua fría, debido a la disminución de las zonas cristalinas, permitiendo que mayor cantidad de agua interaccione con el granulo. Es esta propiedad refleja también la influencia del contenido de lípidos en el almidón; un almidón con menor contenido de lípidos será más soluble que aquel cuyo contenido es mayor debido a que los lípidos son insolubles en agua, los lípidos tienden a evitar la interacción entre moléculas del almidón con el agua y como consecuencia, a evitar o disminuir la solubilidad (Yuan, Zhang, Dai, & Yu, 2007).

Las ramificaciones laterales (amilopectina) de las moléculas del almidón y un menor tamaño del gránulo, facilitan la entrada del agua a los espacios intermoleculares, aumentando la solubilidad de los polímeros, siendo la amilopectina la de mayor proporción de disolución. Esto desde luego, incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad (Hwang & Kokini, 1992).

#### **1.4.3.6. Poder de hinchamiento.**

Al presentarse un aumento de temperatura, el gránulo de almidón se hincha, se rompe y además libera al exterior la amilosa que se encontraba dentro del gránulo, formando una red tridimensional. Es por ello que el hinchamiento del almidón depende de su contenido de amilopectina, mientras que la amilosa actúa como un disolvente e inhibidor del hinchamiento. El poder de hinchamiento se presenta cuando los gránulos de almidón se sumergen en agua, presentado un hinchamiento que además con un aumento de la temperatura, se incrementa el volumen y por tal motivo se presenta una pérdida de cristalinidad, por su parte la amilosa puede ser lixiviada formando así un gel. Cuanto más alto es el contenido de amilosa, más bajo es el poder de hinchamiento y menor es la fuerza del gel (Sánchez Gonzáles, 2007).

Lo almidones de tubérculos de papa presentan grupos fosfatos cargados negativamente, lo cual es determinante del poder de hinchamiento ya que le proporciona al almidón una habilidad de enlazarse con un mayor número de moléculas de agua (Fortuna, Januszewska, Juszczak, Kielski, & Palasinski, 2000).

#### **1.4.3.7. Estabilidad en congelación/descongelación.**

La estabilidad del gel de almidón puede ser evaluada mediante la medición de la sinéresis de los mismos luego de un número fijo de ciclos de congelación/descongelación y mediante una fuerza centrífuga. La capacidad del almidón para resistir los cambios físicos indeseables durante el congelado y descongelado es nombrado comúnmente con el termino estabilidad de congelación/descongelación y puede ser usado como un indicador de la tendencia del almidón a retrogradar (Reyes Javier, 2007). La congelación de un gel de almidón, ocasiona la formación de cristales de hielo lo que genera mayor concentración de almidón en la fase de descongelación (Yuan & Thompson, 1998).

En la descongelación, la pasta o el gel continuara estando compuesta por una fase rica en almidón y otra acuosa deficiente de almidón (Reyes Javier, 2007).

La separación de fases se incrementa con el aumento de ciclos de congelación/descongelación debido a la retrogradación de la amilopectina en la fase rica de almidón (Zanial, Noor Fadzlina, Karim, & Teng, 2005).

Durante el almacenamiento en frío, la organización de las moléculas de almidón da como resultado la exudación de agua o mejor conocido como sinéresis y esto produce cambios en las propiedades funcionales del mismo (Zheng & Soluski, 1998). Ocurre entonces una asociación de tipo cristalino de la amilosa, lo que se manifiesta con la pérdida de agua del gel. Aquí la amilosa sufre una retrogradación cuando el gel es sometido a procesos de congelación/descongelación. Conforme el agua se congela y se descongela, el agua que se forma por la fusión de los cristales no se reasocian con el almidón (Vaclavick V. , 1998). Las cadenas de amilopectina se cierran conforme pasa el tiempo, lo que impide que haya salida de agua. La disminución de sinéresis se puede relacionar con el incremento en la rigidez y elasticidad de los geles debido al aumento de la formación de redes esponjosa (Yuan & Thompson, 1998).

El comportamiento químico dentro del gel se da cuando se cierran las moléculas de amilopectina y ocasiona que se expulse las moléculas de agua. Conforme va pasando el tiempo estas moléculas se encuentran cerradas; las moléculas no se cierran todas al mismo tiempo, por lo que siempre habrá una cantidad de agua liberada del gel; mientras transcurre el tiempo de almacenamiento las moléculas se cierran por completo, lo que ocasiona que no haya más expulsión de agua (Santa Cruz, Ruales, & Eliasson, 2003). El almidón se vuelve más elástico y más rígido. Un aumento en la rigidez ocasiona que el gel sea más resistente a deformaciones ocasionadas por el proceso de centrifugación y le da una mayor habilidad de volver a su forma original después de ser centrifugado. En un proceso de congelación/descongelación la retrogradación de la amilosa y la retrogradación de la amilopectina son diferentes (Yuan & Thompson, 1998).

Durante el proceso de congelación, se forman cristales de hielo en toda la estructura del gel, los mismos que desaparecen el momento de la descongelación. Cuando regresan a ser congelados nuevamente se

forman cristales de hielo nuevamente, no necesariamente en los mismos sitios que se formaron los cristales anteriores y consecuentemente dañan la estructura de las muestras que se encuentran en congelación, formando grietas después de un tiempo de mantenerse en almacenamiento. Generalmente, esto ocasiona un daño en el gel, lo que hace que éste vaya perdiendo agua y en el momento de someterlo a procesos de centrifugación no exista sinéresis (Thoufeek Ahamed, Singhal, Pushpa R., & Palb, 1996).

#### **1.4.4. Uso de los almidones.**

Los almidones tienen una infinidad de usos tanto para la alimentación como para la industria. En la alimentación, se le usa como ingrediente de diferentes preparados y a nivel industrial su uso es como materia prima básica o producto auxiliar de industrias alimentarias, textiles, etc. (Tarazona Reyes, 1995).

Dentro de los almidones comercializados los que tienen mayor aceptación en la industria de los alimentos son el almidón de tapioca (yuca) y el de papa (Cenzano Mayorca, 1996).

En la industria alimentaria, el almidón juega un papel determinante en la textura de varios alimentos, factor importante en la palatabilidad y aceptabilidad y es usado para los siguientes propósitos:

- Industria textil; para mejorar el acabado de las telas después del procesamiento de teñido, blanqueado y estampado.
- Industria papelera. Como agente para el encolado interno y recubrimiento del papel con el objeto de mejorar las uniones entre fibras y para retener las cargas y partículas finas.
- Industria farmacéutica. En la elaboración de cremas, pomadas y en comprimidos como agente de relleno, aglutinante, dispersante y en revestimiento de capsulas.
- Industria cosmética. Para las formulaciones de talcos perfumados y en la elaboración de maquillajes.
- Industria de alimentos. Como agente espesante en los enlatados, sopas y salsas. En la industria de la panificación y manufactura de galletas. Como ingrediente en las formulaciones de alimentos en polvo y deshidratados.

- Agente para espolvorear, combinado con azúcar en polvo en gomas caramelos y gomas de mascar.
- Como protector contra la humedad de diversos productos en polvo (azúcares), pues los almidones absorben humedad sin apelmazarse.
- Como aglutinante, para el ligamento de componentes, en la preparación de salchichas y embutidos cocidos para mejorar la consistencia de las pastas y mantiene la unión de los ingredientes.
- Como emulsificantes, produce una emulsión estable en la preparación de mayonesa y salsas similares; donde se necesita emulsiones estables.
- En la mezcla con harinas para bajar el contenido de proteínas y la fuerza del gluten en proteínas.
- Como espesante y estabilizante en los helados, sopas, salsas y mazamoras.
- Otros usos. Como agente adherente y de recristalización en la manufactura de explosivos y fósforos. En la industria de la construcción como aglutinante para tabiques de concreto y adhesivo para madera laminada. En la elaboración de baterías de celda seca pues las paredes de estas son tratadas con almidón y otras sustancias. Otra aplicación importante es en la elaboración de materiales de empaque biodegradables.



## 1.5. JUSTIFICACIÓN.

Es necesario ampliar el conocimiento acerca de la utilización de especies nativas de nuestro país; especialmente de aquella como las papas nativas, que son fuente de alimento y por su potencial para la obtención del almidón, lo que traería un incremento en el valor y demanda en el mercado. La existencia de variedades de papas nativas en la sierra de nuestro país, y su peligro de extinción, es la razón principal que conlleva a la búsqueda de estudio de estos tubérculos, por lo que son especies representativas de los andes peruanos además es la fuente de trabajo e ingreso para sus familias; razón por la cual es necesario extraer el almidón de estos tubérculos y conocer su composición física, química y tecno-funcional y la estabilidad en congelación/descongelación. Esto permitirá determinar las potencialidades de aprovechamiento de estos tubérculos, ya sea en procesamiento o en comercialización. El almidón de papa presenta diversidad de usos principalmente en las industrias en la que es requerido. Entre las industrias de mayor aceptación se encuentra la alimentaria y la farmacéutica, sin embargo cada vez se enfrenta a productos competitivos sintéticos que presenta algunas desventajas con respecto al almidón. Contribuye en gran parte a las propiedades de textura de muchos alimentos, ya que actúa, como espesante, agente gelificante, enlazante de agua y grasa. Controla e influye sobre ciertas características, tales como humedad, consistencia, apariencia y estabilidad en el almacenamiento: además de jugar un papel muy importante, en la aceptabilidad y palatabilidad de numerosos productos alimenticios. Sin embargo cuando los productos a base de almidón son sometidos a varios ciclos de congelación/descongelación sufren ciertas transformaciones en su estructura como es el caso de la pérdida de agua o sinéresis, dando lugar a un ablandamiento de la textura, exudado y a menudo, a un deterioro inevitable de la calidad global del producto. Respecto a las propiedades tecno-funcionales del almidón es importante conocer la influencia de la amilosa-amilopectina. Por tal motivo mediante esta investigación se pretende conocer las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la influencia de la estabilidad congelación/descongelación de los almidones de 4 variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa).

## 1.6. OBJETIVOS.

### General:

- Determinar las propiedades físicas, químicas y tecno-funcionales del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa) y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón gelatinizado.

### Específicos:

- Determinar las propiedades físicas del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa).
- Determinar las propiedades químicas del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa).
- Determinar las propiedades tecno-funcionales del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa).
- Determinar el porcentaje sinéresis de los almidones gelatinizados de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa) que fueron sometidos a congelación/descongelación.

## 1.7. PROBLEMA.

¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa) y el efecto del proceso de congelación/descongelación en la estabilidad del almidón gelatinizado?

## 1.8. HIPÓTESIS.

Existen diferencias significativas entre las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa) y proceso de congelación/descongelación influyen significativamente en la estabilidad del almidón gelatinizado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

Las pruebas experimentales en la primera fase, la determinación del análisis proximal, se realizaron en el laboratorio de Química de la Facultad de Química, de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, y la determinación de la viscosidad en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Las pruebas experimentales en la segunda fase, determinación de las propiedades tecnológicas de temperatura de gelatinización, claridad de pastas, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento y la estabilidad en congelación/descongelación, se realizaron en los laboratorios de Química y Procesos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas.

### 2.2. MATERIAL DE ESTUDIO.

Se utilizaron almidones de cuatro variedades de *Solanum tuberosum ssp. andigenum* (Ccompis, Huamantanga, Qeccorani y Putis) que fueron cosechados en el CC. PP. (Centro poblado) de Laramaru, de la Asociación Sumacc Huayta del distrito de Kishuara, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

#### 2.2.1. Universo y/o población.

Son las cuatro variedades de *Solanum tuberosum ssp. andigenum* (papa nativa), del CC. PP. (Centro poblado) de Laramaru, de la asociación Sumacc Huayta del distrito de Kishuara.

#### 2.2.2. Muestra.

Se realizó un muestreo al azar de las cuatro variedades de *Solanum tuberosum ssp. andigenum* (papa nativa), utilizándose 6 kg de papa nativa por variedad.

### 2.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS E INSUMOS DE LABORATORIO.

En las siguientes tablas se muestran los equipos e instrumentos, materiales de vidrio, plástico, acero, reactivos e insumos y material vegetal utilizados para la investigación:

**Tabla 5:**  
**Equipos e instrumentos.**

<b>Cantidad</b>	<b>Equipos /Instrumentos</b>	<b>Marca</b>
01	Agitador magnético	Schott
01	Balanza digital Cap. 100 g Sensibilidad 0.01 g	ABS 200-4
01	Centrifuga de 4000 rpm	LW-Scientifique
01	Refrigeradora Temperatura hasta -18 °C	Bosch
01	Espectrofotómetro UV-Visible	Genesis
01	Estufa de secado	Memmert
01	Microscopio óptico con cámara digital incluida	Leico
01	Molino manual	Corona
01	Potenciómetro	Enolab 730
01	Termómetro Digital	-----
01	Viscosímetro	Brookfield DV-E, RV5
01	Baño María	-----

**Tabla 6:**  
**Materiales de vidrio.**

<b>Cantidad</b>	<b>Materiales de vidrio</b>	<b>Marca</b>
01	Desecador	Fortuna
04	Frascos de vidrio	Fortuna
12	Fiolas de 250 mL	Fortuna
12	Pipetas de 10 mL	Fortuna
12	Pipetas de 1 mL	Fortuna
1	Probeta de 50 mL	Kyntel
1	Probeta de 250 mL	Kyntel
12	Placas petri	Fortuna
12	Varillas de vidrio	-----
12	Vasos de precipitado 500 mL	Fortuna
12	Vasos de precipitado de 100 mL	Fortuna
12	Vasos de precipitado de 50 mL	Fortuna
01	Vaso de precipitado de 250 mL	Fortuna
20	Tubos de ensayo con tapa rosca	-----

**Tabla 7:**  
**Materiales de acero y plástico.**

<b>Cantidad</b>	<b>Materiales</b>	<b>Marca</b>
04	Bandejas de aluminio	-----
04	Baldes	Rey
12	Capsulas de aluminio	-----
04	Cuchillos de acero	Facusa
04	Espátula de acero inoxidable mango de madera	S/M
01	Gradilla para tubos de ensayo	S/M
04	Mallas de tela	-----
01	Papel toalla	-----
03	Pro-pipetas	D&N
04	Recipientes de plástico	Rey
04	Rallador de acero inoxidable	Rey

**Tabla 8:**  
**Reactivos e insumos.**

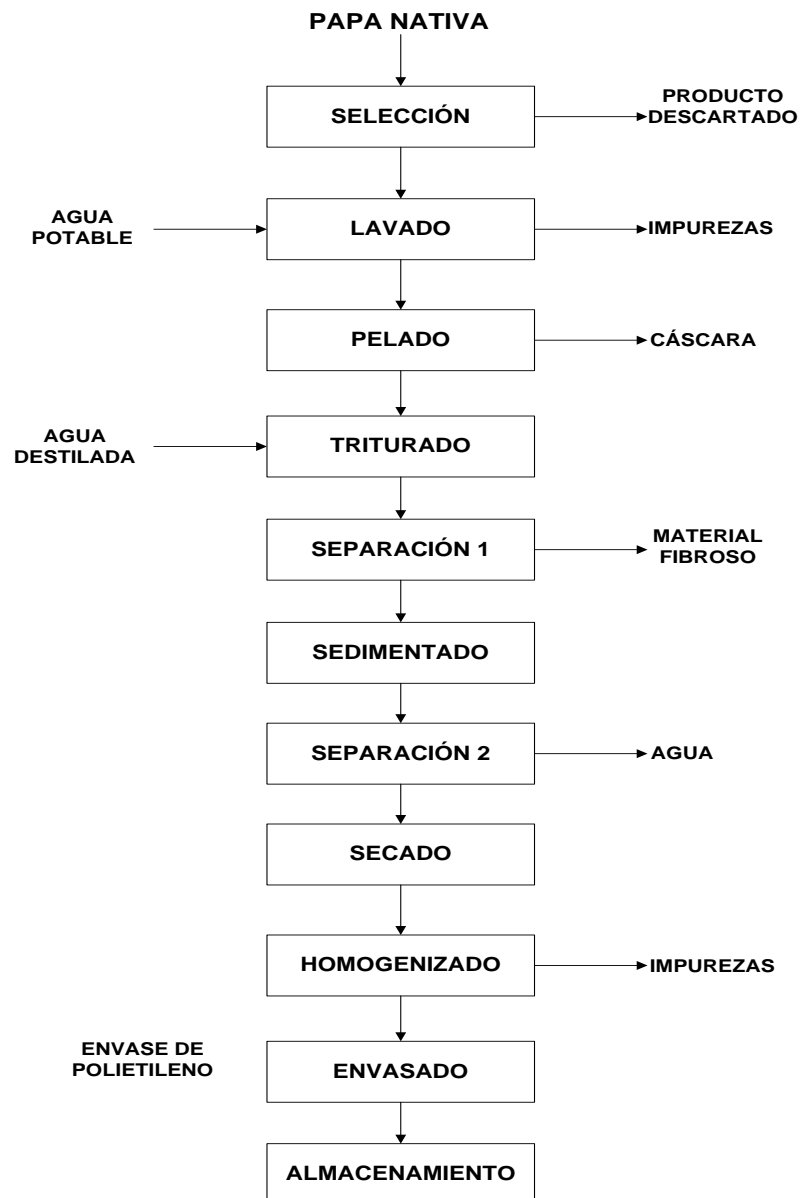
<b>Cantidad</b>	<b>Reactivos e insumos</b>
3,65 mL	Ácido clorhídrico (HCl)
30 l	Agua destilada.
5 ml	Lugol.
10 mL	Indicador fenolftaleína.
7 g	Hidróxido de potasio (KOH)
20 g	Hidróxido de sodio (NaOH)



## 2.4. METODOLOGÍA.

### 2.4.1. Extracción del almidón.

Para ello se trabajó bajo la metodología descrita por (Chavéz & Osuna, 2000), modificado para esta investigación:



**Figura 5:** Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón de papa nativa.

**Fuente:** (Chavéz & Osuna, 2000).

- **Selección:** Se inició con la selección manual de las papas nativas, separando las que tengan daños físicos y mecánicos; y obteniendo las papas nativas seleccionadas.
- **Lavado:** Las papas nativas fueron lavadas, en forma manual para retirar impurezas y partículas extrañas del tubérculo.
- **Pelado:** Se retiró la cáscara de los tubérculos con un cuchillo, evitando retirar la pulpa del tubérculo.
- **Triturado:** Después del lavado, las papas son trituradas por medio de un rallador para liberar los gránulos de almidón y se depositan en agua destilada formando una solución homogénea y opaca.
- **Separación 1:** En esta etapa se realiza la separación del material fibroso de la solución que contiene los gránulos de almidón, obteniendo una solución con dos fases una líquida sobrenadante cristalina y un sólido precipitado homogéneo blanco.
- **Sedimentado:** La solución antes obtenida se dejó sedimentar por 24 horas.
- **Separación 2:** Se separó el líquido de la solución que contenía, el agua del almidón por decantación. El residuo obtenido se lavó varias veces con agua destilada para retirar todo el almidón, hasta que el efluente sea cristalino, obteniéndose una pasta blanca con aproximadamente 70 % de humedad.
- **Secado.** El almidón resultante se distribuyó homogéneamente sobre bandejas dispuestas al sol para su secado.
- **Homogenizado:** una vez seco el almidón, se procedió a homogenizarlo mediante un molino de fricción para tener un tamaño uniforme de las partículas del almidón, y descartar algunas impurezas y facilitar su uso.
- **Envasado:** El almidón homogenizado se procedió a envasarlo en recipientes de polietileno.
- **Almacenamiento:** Los envases con almidón se almacenaron en un ambiente seco a temperatura adecuada no mayor a 18 °C.

## **2.4.2. Determinación de las propiedades físicas.**

### **2.4.2.1. Determinación de la humedad.**

Se utilizó del INDECOPI la (Norma Técnica Peruana 209.067, 1974).

#### **Procedimiento:**

- Se pesó 5 g de almidón en una capsula de aluminio previamente tarada.
- Se dejó secar en la estufa de vacío a 135 °C durante 3 horas.
- Se dejó enfriar en un desecador aproximadamente 30 minutos; y luego se pesó el residuo.

#### **Cálculos:**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (01)$$

### **2.4.2.2. Determinación del tamaño de los gránulos.**

Se utilizó la metodología descrita por (Carrera Carazas, 1996), se utilizó un Microscopio Electrónico Leico.

#### **Procedimiento:**

- Se preparó una suspensión de almidón al 0.2 %.
- Luego se tomó una gota de la suspensión y se ubicó en el Microscopio electrónico.
- Se tomaron fotografías con un aumento de 40X de magnificación.
- Seguidamente se tomaron las medidas del tamaño de los gránulos mediante el programa LAEZ, instalado al microscopio electrónico.

### 2.4.3. Determinación de las propiedades químicas.

#### 2.4.3.1. Determinación de amilosa y amilopectina.

Se utilizó el método de (Williams & Lee Scelleur, 1970); las determinaciones se realizaron espectrofotométricamente con el porcentaje de absorbancia preparando las siguientes soluciones:

**KOH (0,5 N):** 7 g de KOH en 250 mL de agua destilada.

**HCl (0,5 N):** 3.65 mL de HCl en 200 mL de agua destilada.

**Blanco:** 10 mL de KOH (0,5 N) posteriormente esta disolución se diluyó hasta 100 mL con agua destilada.

#### **Procedimiento:**

- Se pesó 20 mg de almidón en base seca en una fiola previamente seca. A dicha fiola se le agrego 10 mL de KOH (0,5 N), posteriormente se diluyo hasta completar 100 mL con agua destilada.
- En seguida se tomó 10 mL de aquella solución y se colocaron en un frasco volumétrico de 50 mL.
- Luego se le agrego 5 mL de HCl (0.5 N) y 0.5 mL de lugol diluyéndose con agua a 50 mL. Finalmente se lee la absorbancia a 625 nm después de 5 minutos.
- Posteriormente se determinó el contenido de amilosa mediante la siguiente ecuación de la recta de la curva estándar para la determinación de amilosa:

$$y = 103.34x - 0.2436 \quad (02)$$

#### **Dónde:**

X: valor de absorbancia.

y: % de amilosa.

El % de amilopectina se determinó mediante diferencia con el contenido de amilosa.

#### **2.4.3.2. Determinación del pH.**

Se utilizó la (Norma Técnica Peruana 209.069, 1974). El valor de pH es medido con un medidor de pH (Potenciómetro).

##### **Procedimiento:**

- Se inició calibrando el potenciómetro utilizando soluciones tampón de pH 4.0 y 7.0 antes de proceder con la determinación de la muestra.
- Se pesó 20 g de almidón en base seca y se colocó en un vaso de precipitado.
- Luego se agregó 100 mL de agua destilada a temperatura ambiente.
- Se agito la mezcla en forma moderada durante 5 minutos y luego se procedió a la lectura en el potenciómetro.

#### **2.4.3.3. Determinación de la acidez.**

Técnica usada ((ISI), 1999), la acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido y es calculado por la presencia de ácidos presentes, en este caso como meq de ácido láctico/g de almidón.

##### **Procedimiento:**

- Se pesó 20 g de almidón en base seca y se colocó en un vaso de precipitado.
- Luego se agregó 100 mL de agua destilada a temperatura ambiente.
- Se tomó 50 mL de la suspensión y se agregó 3 gotas de solución indicadora de fenolftaleína.
- Se procedió a titular con hidróxido de sodio a 0.1 N hasta que surja una tonalidad rosa que persista por 30 segundos.

##### **Cálculos:**

- Con el gasto de NaOH se procedió a realizar los cálculos respectivos y obtener la acidez total expresándola en porcentaje de ácido láctico en la muestra.

$$\% \text{ de acidez} = \frac{G \times N \times \text{Meq ácido predominante}}{\text{mL o g de muestra alicuota}} \quad (03)$$

**Dónde:**

G: gasto de NaOH

N: normalidad de NaOH (0.1 N)

Meq de ácido láctico: 0.090.

**2.4.3.4. Determinación del análisis proximal del almidón.**

Los análisis proximales son necesarios para saber el contenido de proteínas, fibra, cenizas y carbohidratos totales de cada variedad de almidón. Se determinó la composición proximal de acuerdo a los métodos oficiales que la ((AOAC), 1997) señala.

- **Cenizas (método 923.03).** Se calcularon como el residuo inorgánico resultante de incinerar la muestra en una mufla a 550 °C durante 4 horas.
- **Proteína cruda (método 954.01).** Se determinó en el sistema Kjeldhal. El valor de proteína bruta se calculó a partir del nitrógeno total utilizando el factor de conversión 6.25.
- **Grasa cruda (método 920.39).** Se cuantificó el contenido de lípidos después de la extracción de la muestra durante 1 hora con éter etílico en el equipo Soxhlet.
- **Fibra cruda (método 962.09).** Se calculó después de que la muestra sufra una digestión ácida y alcalina.
- **Carbohidratos totales.** Se calcularon por diferencia al 100% como el extracto libre de nitrógeno.

La metodología para la determinación del análisis proximal se muestra en el **Anexo 01**.

#### **2.4.4. Determinación de las propiedades tecno-funcionales.**

##### **2.4.4.1. Determinación de la temperatura de gelatinización.**

Técnica usada (Grace, 1977).

###### **Procedimiento:**

- Se pesó 10 g de almidón en base seca, el cual se disolvió con agua destilada y se completó a 100 mL de volumen.
- Después se calentó agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C.
- Se tomó 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL.
- Luego se introdujo el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C.
- Se agitó con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos, por último se procedió a la lectura de la temperatura de gelatinización.

##### **2.4.4.2. Determinación de claridad de las pastas.**

Técnica usada (Craig, Maningat, Seib, & Hosney, 1989); las determinaciones se realizaron espectrofotométricamente con el porcentaje de transmitancia.

###### **Procedimiento:**

- Se pesó 0.1 g de almidón en base seca en tubos de ensayo limpio y seco.
- Luego se agregó agua destilada hasta completar un volumen de 10 mL.
- Seguidamente se colocaron los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos, luego la suspensión se agitó cada cinco minutos.
- Se dejó enfriar los tubos a temperatura ambiente.

- Se ubicó la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y se procedió al leer el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

#### **2.4.4.3. Determinación de la viscosidad.**

Se utilizó la metodología descrita por ((ISI), 2002); utilizando un Viscosímetro Brookfield con accesorio RV5.

##### **Procedimiento:**

- Se pesó 25 g de almidón en base seca, se disolvió en agua destilada y completo hasta los 500 mL.
- Las suspensiones se gelatinizaron en un baño maría a 80 °C con agitación constante por 15 minutos.
- Enfriar el gel hasta 25 °C.
- Se midió la viscosidad de los geles a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM.

#### **2.4.4.4. Determinación del índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento.**

Estas características fueron determinadas por triplicado, usando el método reportado por (Anderson, 1982), que permite cuantificar la cantidad de agua incorporada a la muestra y el porcentaje de sólidos solubles disueltos en agua a 30 °C; modificado para esta investigación.

##### **Procedimiento:**

- Se pesaron 0.625 g de almidón en base seca en tubos de ensayo, luego se agregó 10 mL de agua destilada.
- Posteriormente, los tubos se colocaron en baño maría a 30 °C por 30 minutos, después de centrifugaron a una velocidad de 3000 rpm durante media hora.



**Determinación del índice de solubilidad en agua:**

- De la solución anterior se tomaron 2.5 mL del sobrenadante de cada tubo y se transfirieron a placas Petri previamente pesadas.
- Las muestras se colocaron en una estufa a 105 °C hasta evaporar todo el líquido.
- El resto del sobrenadante de cada tubo se midió para obtener el volumen del líquido total.
- El ISA se determinó mediante la siguiente ecuación.

$$ISA = \frac{A \times \left(\frac{B}{2.5}\right)}{C} \times 100 \quad (04)$$

**Dónde:**

A: sólidos disueltos en 2.5 mL de sobrenadante.

B: mL totales del sobrenadante.

C: peso de la muestra seca.

**Determinación del índice de absorción de agua:**

- Se pesó el tubo con la muestra de almidón húmedo.
- Por diferencia se obtuvo el peso del sedimento.
- El IAA se expresó mediante la siguiente ecuación.

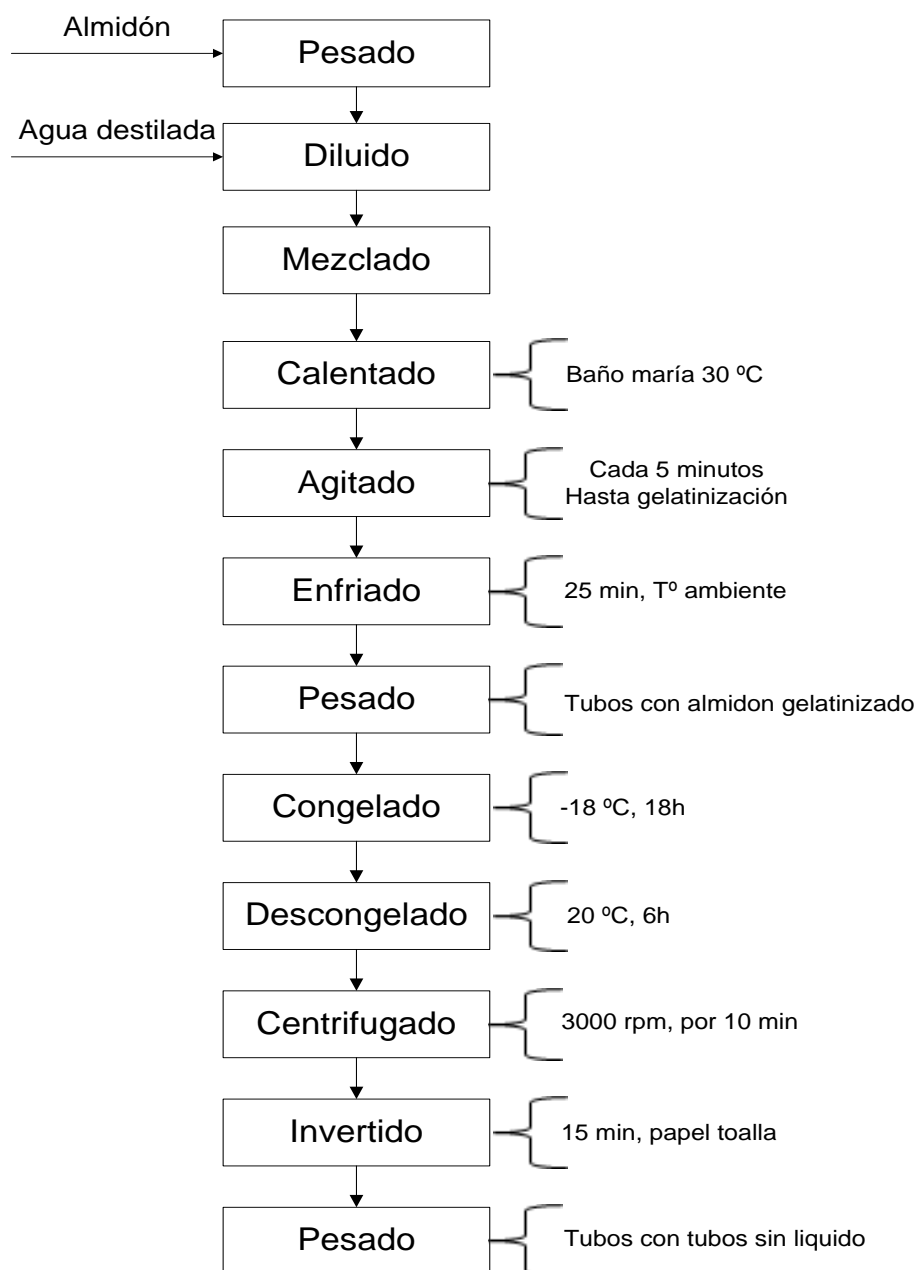
$$IAA = \frac{\text{peso del sedimento}}{\text{peso de la muestra seca}} \quad (05)$$

**Determinación del poder de hinchamiento:**

$$PH = \frac{\text{peso del sedimento}}{\text{peso de la muestra seca} - \text{peso de disueltos}} \quad (06)$$

#### 2.4.5. Determinación de la estabilidad en congelación y descongelación.

Para ello se trabajó bajo la metodología descrita por método de (Bello Pérez et al., 2002).



**Figura 6:** Diagrama de bloques para la estabilidad en congelación y descongelación del almidón.

**Fuente:** (Bello Pérez et al., 2002).

- **Pesado:** Se pesó 0.5 g de almidón en base seca, en 4 tubos de ensayo de cada variedad, y por cada ciclo de congelación/descongelación (5 ciclos).
- **Diluido:** Luego se agregó agua destilada y se completó a 10 mL.
- **Mezclado:** Se mezcló bien de forma manual cada uno de los tubos para que haya una completa distribución del almidón en la suspensión y de ésta forma, se evitará aglomeraciones en el fondo del tubo.
- **Calentado:** Se calentó la suspensión hasta que gelatinice completamente a 30 °C.
- **Agitado:** Se agitó manualmente 5 veces hasta llegar a su gelatinización.
- **Enfriado:** Terminado el proceso se retiró los tubos del baño y se enfrió por 25 minutos a temperatura ambiente, sin tapa con el propósito de que el agua producto de la condensación no se confunda con el agua obtenida de la sinéresis de la muestra.
- **Pesado:** Pasado los 25 minutos, se tapó los tubos, cada uno con sus respectivas tapas y a continuación se pesará para posteriormente congelarlos.
- **Congelado:** Se congeló los tubos en una refrigeradora a una temperatura de -18 °C por 18 horas.
- **Descongelado:** Pasado este tiempo se descongeló los tubos a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C) por 6 horas.
- **Centrifugado:** Después se centrifugó a 3000 rpm por 15 minutos.
- **Invertido:** Luego de centrifugar los tubos del ciclo 1, se invirtieron los tubos destapados durante 15 minutos sobre papel toalla para eliminar toda el agua producto de la sinéresis de las muestras, evitando perder el gel.
- **Pesado:** Se pesaron los tubos de ese ciclo con sus respectivas tapas. Repetir la operación por 5 días o 5 ciclos de congelación /descongelación. Finalmente mediante la siguiente ecuación se obtuvo el porcentaje de pérdida de agua por ciclo:

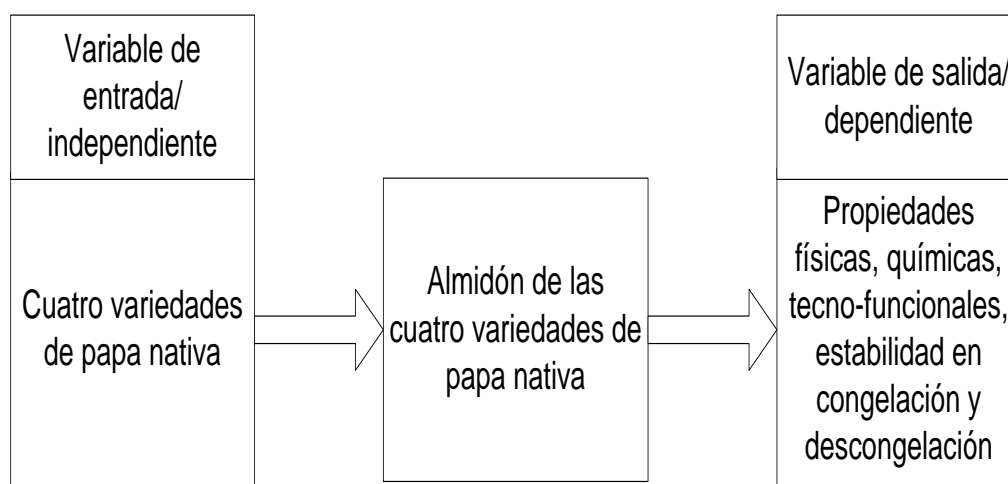
$$\text{Sinéresis} = \frac{\text{peso del tubo con agua} - \text{peso del tubo sin agua}}{\text{peso del tubo con agua} - \text{peso del tubo vacío}} \times 100 \quad (07)$$

#### 2.4.6. Análisis estadístico.

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un DCA (diseño completamente al azar), que es el más simple de todos los diseños que se utilizan para comparar dos o más tratamientos, dado que solo consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

Este diseño se llama completamente al azar porque las corridas experimentales se realizan en orden aleatorio completo. De esta manera, si durante el estudio se hacen en total N pruebas, estas se corren al azar, de manera que los posibles efectos ambientales y temporales se vayan repartiendo equitativamente entre los tratamientos (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008).

Se trabajó con cuatro variedades de papa nativa (variables dependientes), de los cuales se les extrajo el almidón, a los cuales se les determinó las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación (variables independientes).



**Figura 7:** Diagrama de contrastación y variables.

**Tabla 09:**

**Matriz del diseño experimental.**

Tratamientos	Almidón de papa nativa	Propiedades físicas	Propiedades químicas	Propiedades tecno-funcionales	Estabilidad en congelación/descongelación
1	Ccompis				
2	Huamantanga				
3	Putis				
4	Qeccorani				

**Análisis del diseño completamente al azar.**

El modelo estadístico para este diseño está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : Resultado de la determinación de las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación.

$\tau_i$ : Replica de los tratamientos.

$\varepsilon_{ij}$ : Error aleatorio que se da en las réplicas.

$\mu$ : Promedio de las medias de cada variable.

Este modelo implica que en el diseño completamente al azar actuarían a lo más dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

**ANOVA PARA EL DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA)**

Para el análisis de las pruebas cuantitativas se utilizará el análisis de varianza (ANOVA), el cual es la técnica central en el análisis de datos experimentales, y se aplicará la prueba de comparación de medias de LSD.

## HIPOTESIS EXPERIMENTALES

El objetivo del análisis de varianza en un diseño complemente al azar (DCA) es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_K$$

Para lo cual se propuso las siguientes hipótesis:

**Ho:** No existen diferencias significativas entre las propiedades físicas, químicas y tecno-funcionales del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa) y proceso de congelación/descongelación no influyen significativamente en la estabilidad del almidón gelatinizado.

**Ha:** Existen diferencias significativas entre las propiedades físicas, químicas y tecno-funcionales del almidón de cuatro variedades de ***Solanum tuberosum ssp. andigenum*** (papa nativa) y proceso de congelación/descongelación influyen significativamente en la estabilidad del almidón gelatinizado.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1. PROPIEDADES FÍSICAS.

#### 3.1.1. Humedad.

La humedad, es una variable física definida formalmente como la cantidad de agua presente o absorbida por el sólido; se puede expresar en base húmeda como seca (Barrios., 1989). En la Tabla (10), se observan los resultados de la humedad expresados en porcentaje en base humedad (b.h.) del almidón extraído de las cuatro variedades de papa nativa.

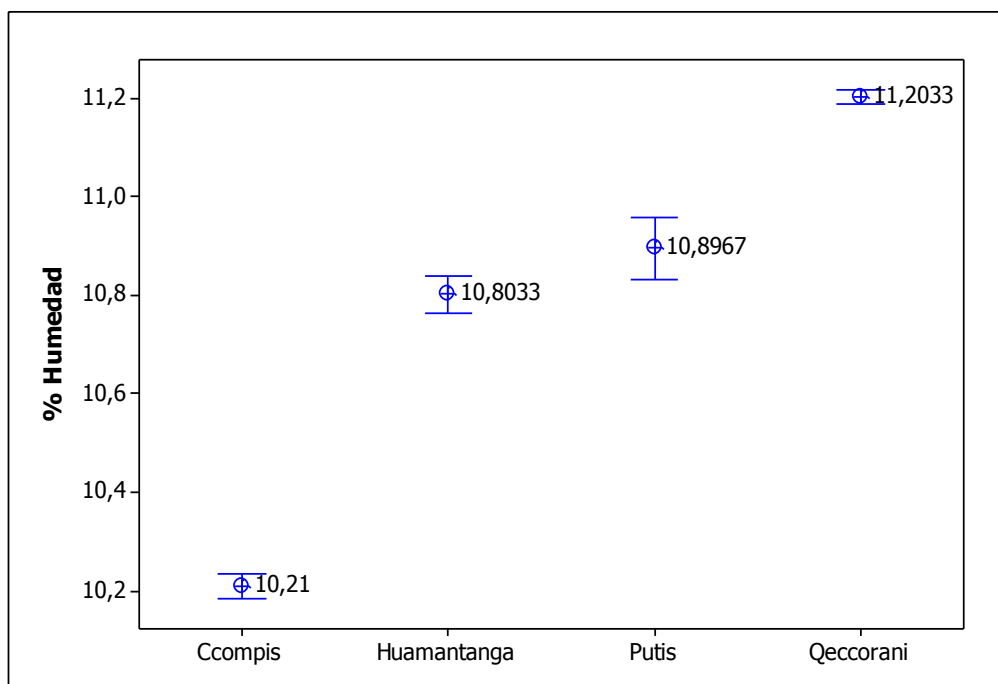
**Tabla 10:**  
**Contenido de humedad.**

Almidón	Humedad (% b.h.)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	S	
Ccompis	10.21	$\pm$	0.01	d
Huamantanga	10.80	$\pm$	0.02	c
Putis	10.90	$\pm$	0.03	b
Qeccorani	11.20	$\pm$	0.01	a

Se realizó un análisis de varianza (**Anexo 19**) para el contenido de humedad, encontrándose que existe diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de humedad con un 95 % de nivel de confianza.

La determinación de esta variable permite, determinar la estabilidad del almidón en el tiempo. Según (Hoover, 2001), el contenido de humedad para el almidón de papa se encuentra entre 7.0 a 13.3 %; lo mismo señala (Sangeetha, 2006). En los almidones evaluados el porcentaje de humedad se oscilo entre 10.21 a 11.20 %, estando dentro de los límites reportados por (Hoover, 2001). Estos son también similares a los reportados por (hernández, Torruco, Chel, & Betancur, 2008), quienes obtuvieron valores de humedad del 12% b.h para el almidón de papa, sin embargo (Alvis, Vélez, Villada, & Rada Mendoza, 2008), presentó valores de la humedad 8.50 % b.h. para la variedad ICA Nariño.

El contenido de humedad del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluadas a través del método LSD (**Anexo 19**), muestra una diferencia estadísticamente significativa. Este hecho se puede evidenciar en el diagrama de medias Figura (8); donde ninguno de los tratamientos se superpone o traslapan, es decir, estadísticamente son diferentes en cuanto a sus medias.



**Figura 8:** Diagrama de medias para el porcentaje de humedad.

El diferente contenido de humedad se debe a la cantidad de amilosa, ya que esta tiene un ligero comportamiento higroscópico, donde las partículas absorben una pequeña cantidad de agua, debido a que estas moléculas presentan terminales polares, los cuales atraen moléculas de agua, es así que altos contenidos de amilosa traerán mayor contenido de agua (Vaclavick V. A., 2002). La variación también es ocasionada por el sistema de producción del tubérculo (Porrás & López, 2005), baja calidad de semilla e inadecuado uso de prácticas de manejo de cultivo (Ortíz & Hernández, 1985). La diferencia entre los valores de humedad es debida al método, tiempo y temperatura de secado en el proceso de extracción o bien a la naturaleza y variedad del tubérculo de papa (Marín Herbert, 2013).



### 3.1.2. Tamaño del granulo.

Para (Singh et al., 2003), la morfología y el tamaño de los gránulos se relaciona de manera directa con la fuente de obtención, por lo que son utilizados como criterio taxonómico para identificar la fuente vegetal del almidón. El tamaño de los gránulos del almidón de las cuatro variedades de papa nativa se muestra en la Tabla (11), estos resultados se observan también en fotografías:

**Tabla 11:**  
**Dimensiones del granulo.**

Variedad de almidón	Eje mayor (micras)			Eje menor (micras)		
	$\bar{X}$	$\pm$	s	$\bar{X}$	$\pm$	s
Ccompis	26.80	$\pm$	2.53 <sup>c</sup>	20.05	$\pm$	0.88 <sup>d</sup>
Huamantanga	55.02	$\pm$	0.82 <sup>a</sup>	35.09	$\pm$	1.66 <sup>a</sup>
Putis	33.95	$\pm$	2.57 <sup>c</sup>	24.74	$\pm$	1.89 <sup>c</sup>
Qeccorani	46.00	$\pm$	1.03 <sup>b</sup>	26.25	$\pm$	0.31 <sup>b</sup>

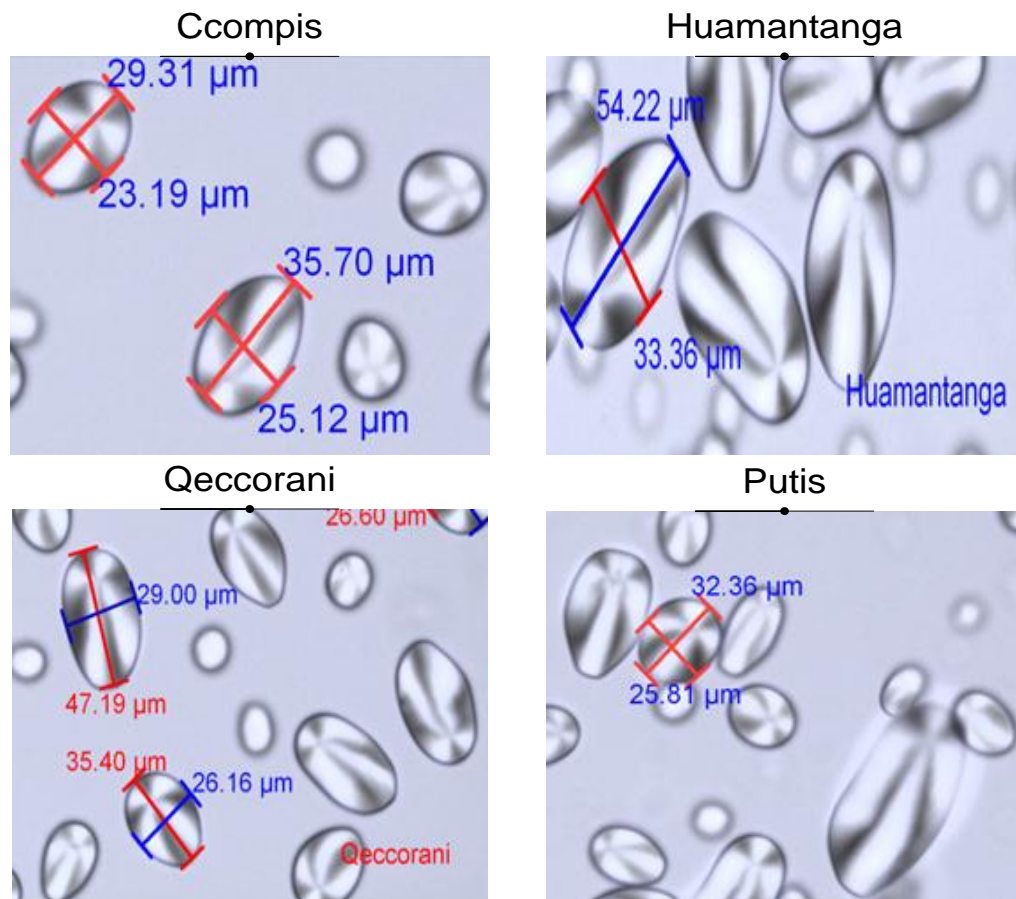
Se realizó un análisis de varianza (**Anexo 20**) para el tamaño de los gránulos del almidón tanto para el eje mayor como menor, encontrándose que existe diferencia estadísticamente significativa entre las muestras del tamaño del granulo de almidón con un 95 % de nivel confianza.

Se encontraron en el almidón de las cuatro variedades de papa nativa diversos tamaños del granulo de almidón siendo los de la variedad Huamantanga las de mayor tamaño.

El almidón, está conformado por gránulos que tiene diferentes tamaños (diámetros entre 10 y 100  $\mu\text{m}$ ) y formas (redonda, elíptica, lenticular o poligonal), dependiendo de la fuente biológica de donde provengan, son parcialmente semi-cristalinos e insolubles en agua a temperatura ambiente (Lindeboom et al., 2004).

El tamaño de los gránulos del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluadas a través del método LSD (**Anexo 20**), mostró una diferencia estadísticamente significativa.

Este hecho se puede evidenciar en las fotografías de los gránulos obtenidas a través de un microscopio electrónico, donde se evidencia la cruz de la malta, aun intacta.



**Figura 9:** Gránulos de almidón.

Son evidentes las diferencias en la forma y apariencia de los gránulos al ser observados en el microscopio electrónico. Los valores obtenidos son relativamente similares a los de (Quilca Burga, 2007), quien encontró valores del eje mayor de 26 a 50 µm y eje menor de 18 a 32 µm para 10 ecotipos de papa nativa. En la Figura (9) se observan formas circulares para los gránulos pequeños y elípticos u ovoides para los tamaños grandes, tal como lo afirma (Mishra & Rai, 2006).

Las diferentes morfologías entre almidones de papa son mayores que entre cultivos de cualquier otra fuente botánica, estas pueden estar asociadas a las

prácticas agrícolas (Singh & Singh, 2003) y a las condiciones climáticas, las cuales inciden en el tamaño de gránulos de almidón. El tamaño varía según la variedad, el estado de madurez del tubérculo y las condiciones del medio (Romero Bernal & Garnica Holguin, 2009).

Estos dependen además de la bioquímica de los cloroplastos y los procesos que se suceden en la síntesis propia del almidón a través de la fotosíntesis (Hoover, 2001). Las diferencias también son atribuidas a las estructuras membranosas y características físicas de los plastidios, que influyen en la morfología de los gránulos de almidón y afectan el arreglo molecular de la amilosa y amilopectina dentro del granulo (Jane, Kasemsuwan, Leas, Zobel, & Darien, 1994).

### 3.2. PROPIEDADES QUÍMICAS.

Las propiedades químicas como proteínas, lípidos, fibra cruda, ceniza y carbohidratos se determinaron mediante un análisis proximal, los cuales fueron determinadas en el laboratorio de ciencias químicas, físicas y matemáticas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

#### 3.2.1. Proteínas.

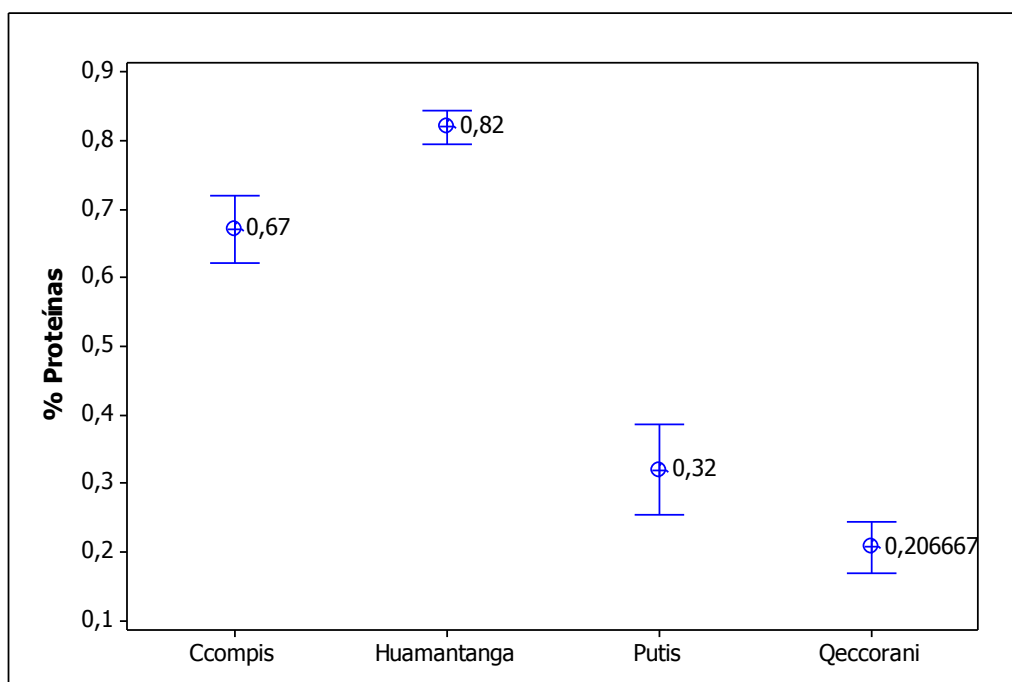
En la Tabla (12) se muestra el contenido proteico del almidón de las cuatro variedades de papa nativa.

**Tabla 12: Contenido de proteínas.**

Variedad de almidón	Proteínas (%)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	0.67	$\pm$	0.02	a
Huamantanga	0.82	$\pm$	0.01	b
Putis	0.32	$\pm$	0.03	c
Qeccorani	0.21	$\pm$	0.02	d

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 21**) para el contenido de proteínas, se identificó que existe diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de proteínas con un 95 % de nivel de confianza.

El contenido proteico evaluado a través del método LSD (**Anexo 21**), indica que ningún almidón de papa nativa muestra similares contenidos de proteína. Los resultados evidencian que el contenido fue diferente entre variedades, siendo menor en las variedades Qeccorani y Putis, a diferencia de las variedades Huamantanga y Ccompis quienes presentan mayor contenido de proteínas; estos resultados se pueden observar en el diagrama de medias de la Figura (10). Debido que ninguno de los tratamientos se traslapa, los tratamientos correspondientes son estadísticamente diferentes en cuanto a su media con relación al contenido de proteínas en los almidones de papa nativa.



**Figura 10:** Diagrama de medias para el porcentaje de proteínas.

Según (Debet & Gidley, 2006), los almidones de tubérculos contienen pequeñas cantidades de proteína (<0.1 %) en comparación de los almidones de cereales, los cuales contienen de 0.25 a 0.6 %. Los resultados obtenidos son similares a los hallados por (Espinoza Muñoz, 2012), quien encontró valores de 0.62 a 0.71 % de proteínas para tres variedades de papa nativa de Chiloe; asimismo (Alvis et al., 2008), mostraron un contenido de proteínas del 0.62 % para la variedad ICA Nariño de papa; en general el contenido de

proteína en papa oscila alrededor de 0.6% (Guízar Miranda, 2009). Las proteínas se encuentran asociadas con el granulo y en la prefiera del mismo (Debet & Gidley, 2006). Por lo que para (Bello Pérez et al., 2002), la variación del contenido de proteína se da por causa de los diferentes lavados que sufren durante la obtención de estos, ya que el agua ayuda a arrastrar a las proteínas.

Esta diferencia también se debe a la morfología del almidón, así como al tamaño de granulo del almidón, como la fuente botánica de donde proviene el almidón (Lawal & Adebawale, 2005). El contenido de proteínas en los almidones, depende también de factores físicos ambientales de cada región, como lo son el tipo de suelo del cultivo, la temperatura y la ausencia o abundancia de lluvias, que varían dependiendo la zona en la que los tubérculos son cultivados (Marínn Herbert, 2013). Las proteínas afectan la velocidad de hidratación e hinchamiento y la gelatinización (Beymun G & Roels, 1985). Entre las proteínas asociadas a la superficie del granulo esta la enzima  $\alpha$ -amilasa, cuya acción hidrolitica afecta las propiedades funcionales del almidón, de ahí la importancia de eliminarlas durante el proceso de extracción del almidón (Moorthy, 2002). El contenido de proteína de la papa es de gran importancia para la nutrición humana y constituye un producto ampliamente consumido por la población de menores recursos económicos (Pardo, Castañeda, & Ortíz, 2013).

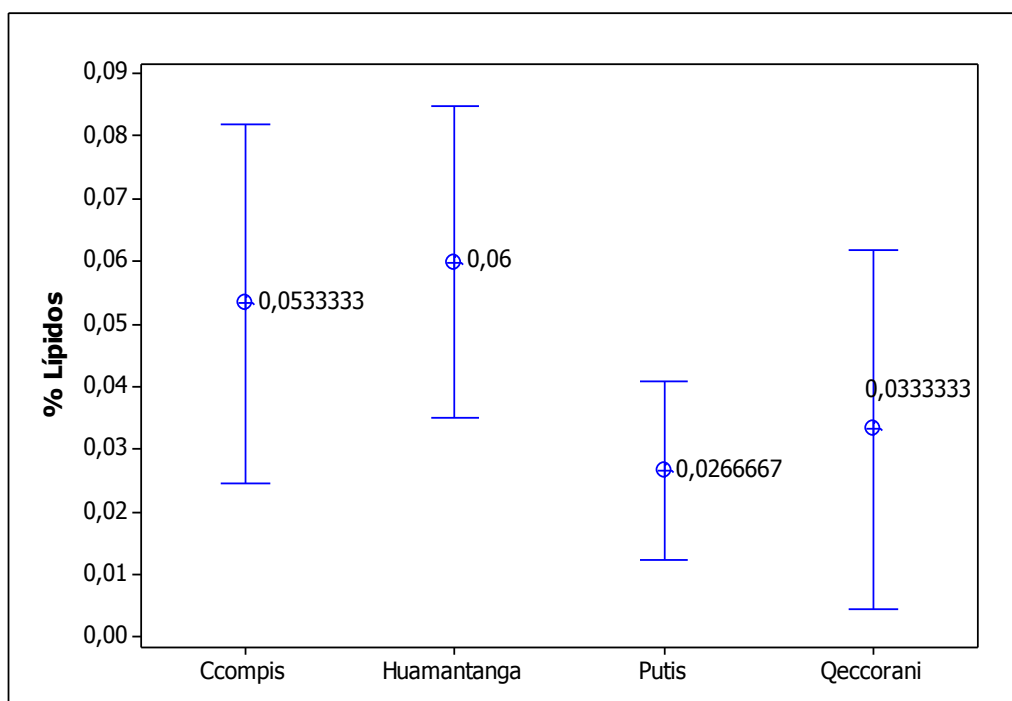
### 3.2.2. Lípidos.

El contenido de lípidos en el almidón de las cuatro variedades de papa nativa, se aprecia en la Tabla (13).

**Tabla 13: Contenido de lípidos.**

Variedad de almidón	Lípidos (%)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	<b>s</b>	
Ccompis	0.053	$\pm$	0.012	b
Huamantanga	0.060	$\pm$	0.010	b
Putis	0.027	$\pm$	0.006	a
Qeccorani	0.033	$\pm$	0.012	a

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 22**) para el contenido de lípidos, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa para el contenido de lípidos; con un 95 % de nivel de confianza. El contenido de lípidos del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluadas a través del método LSD (**Anexo 22**), mostró una diferencia estadísticamente significativa. En la Figura (11), se aprecia a través del diagrama de medias que existe diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos del contenido de lípidos son similares para la variedad Ccompis y Huamantanga, donde sus intervalos se traslapan indicando así que son estadísticamente iguales en cuanto a sus medias; de la misma manera para las variedades Qeccorani y Putis quienes son estadísticamente iguales.



**Figura 11:** Diagrama de medias para el porcentaje de lípidos.

Los valores de esta investigación resultan siendo similares a los valores que reportaron (Beymun G & Roels, 1985) quienes encontraron 0.05 % en almidón de papa; de la misma forma (Hoover, 2002) reporta valores de 0.00 a 0.05 % de lípidos en almidones de papa. Sin embargo los valores obtenidos resultan siendo inferiores a los hallados por (Guízar Miranda, 2009); quien muestra valores del 0.18 % de grasa en el almidón de papa.

Según (Moorthy, 2002) el contenido de lípidos en almidones procedentes de tubérculos y raíces es alrededor del 1 %. La diferencia entre los porcentajes de lípidos es causa del método de extracción de los mismos, ya que la extracción de lípidos con éter de petróleo solo remueve los lípidos los cuales están en la periferia de los gránulos, mas no a los asociados al granulo (Guízar Miranda, 2009).

La presencia de grasa o lípidos afecta las propiedades funcionales del almidón, al evitar su unión con las moléculas de agua y causar rancidez durante el almacenamiento (Wolfgang, Wili, & P, 1999).

Los lípidos tienen un marcado efecto en la calidad y en las propiedades físicas y funcionales de los almidones los cuales disminuyen el poder de hinchamiento, solubilidad y capacidad de retención de agua, y son los causantes de la formación de sabores indeseables durante el almacenamiento debido a su rancidez (Beymun G & Roels, 1985).

### 3.2.3. Fibra cruda.

En la tabla (14), se aprecia el contenido de fibra en el almidón de las cuatro variedades de papa nativa.

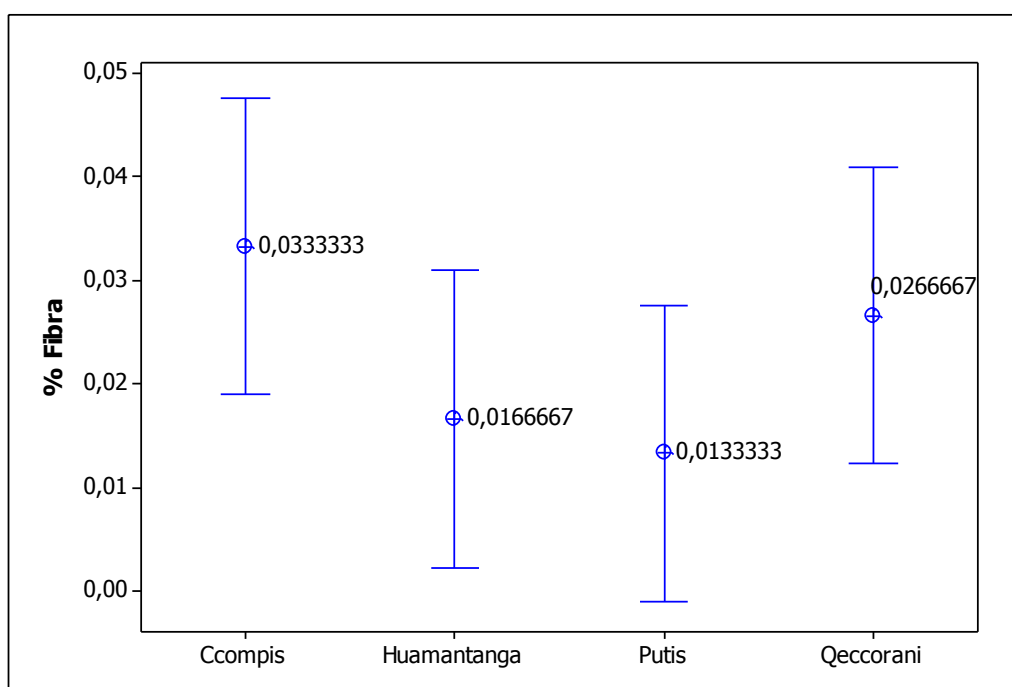
**Tabla 14: Contenido de fibra cruda.**

Variedad de almidón	Fibra cruda (%)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	0.0333	$\pm$	0.006	b
Huamantanga	0.0167	$\pm$	0.006	a
Putis	0.0133	$\pm$	0.006	a
Qeccorani	0.0267	$\pm$	0.006	b

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 23**) para el contenido de fibra, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre los almidones con un 95 % de nivel de confianza.

El contenido de fibra del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluadas a través del método LSD (**Anexo 23**), mostró una diferencia estadísticamente significativa.

En la Figura (12), se aprecia a través del diagrama de medias que existe diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos del contenido de fibra para las variedades Ccompis y Qeccorani se solapan; siendo estas estadísticamente iguales con respecto a sus medias, este mismo hecho se da para el almidón de las variedades Putis y Huamantanga.



**Figura 12:** Diagrama de medias para el porcentaje de fibra.

En la investigación los almidones de la variedad Ccompis y Qeccorani tienen mayor contenido de fibra; seguidas por las variedades Huamantanga y Putis. Los resultados son relativamente similares a los reportados por (Villacrés & Espín, 1999); quienes obtuvieron valores del contenido de fibra de 0.02 % en el almidón de raíces y tubérculos andinos. Otro factor que afecta el contenido de fibra es la fuente de obtención y el estado de madurez (a mayor madurez, mayor contenido de fibra), según (Gutiérrez Freire, 1980).

#### 3.2.4. Ceniza.

El incremento en la cantidad de cenizas se relaciona posiblemente con un aumento en el contenido de minerales en los almidones de papa, las cuales están compuestas principalmente por calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro

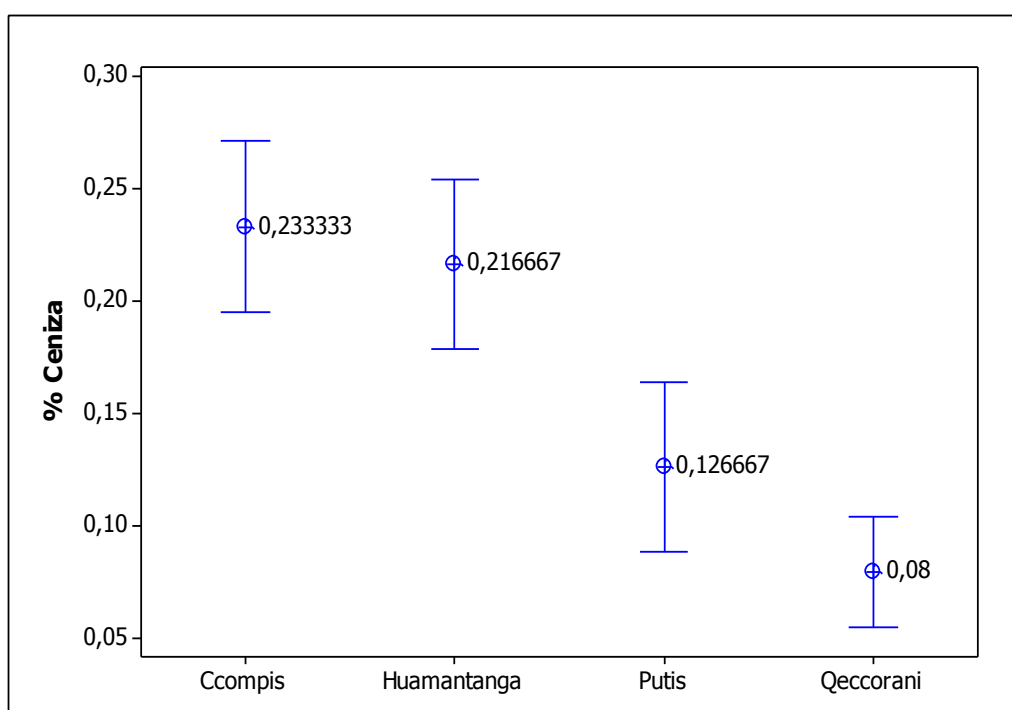


y fósforo (Badui Dergal, 2001). En la tabla (15), se aprecia el contenido de ceniza en el almidón de las cuatro variedades de papa nativa.

**Tabla 15: Contenido de ceniza.**

Variedad de almidón	Ceniza (%)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	0.2333	$\pm$	0.015	c
Huamantanga	0.2167	$\pm$	0.015	c
Putis	0.1267	$\pm$	0.015	b
Qeccorani	0.0800	$\pm$	0.010	a

Se realizó un análisis de varianza (**Anexo 24**) para el contenido de ceniza, encontrándose que existe diferencia estadísticamente significativa con un 95 % de nivel de confianza. El contenido de ceniza del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluadas a través del método LSD (**Anexo 24**), mostró una diferencia estadísticamente significativa.



**Figura 13:** Diagrama de medias para el porcentaje de ceniza.

En el diagrama de medias Figura (13), se aprecia que existe diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos del contenido de ceniza son similares para las variedades Ccompis y Huamantanga, las cuales muestran similar contenido de ceniza, es decir son estadísticamente iguales en cuanto a sus medias, lo contrario sucede con la variedad Putis y Qeccorani quienes si presentan diferente contenido de ceniza.

En los almidones de esta investigación el mayor contenido de cenizas fue de la variedad Ccompis y Huamantanga, seguidas por las variedades Qeccorani y Putis. El contenido de ceniza en los almidones del presente estudio resultaron ser inferiores a los reportados por (Alvis et al., 2008), quienes presentan valores de 0.44 % en el almidón de papa; de forma similar reportaron (Amriptal, Narpinder, Rajrathnam, & Harmeet, 2007) quienes obtuvieron valores de 0.45 % en el almidón de papa. (Guízar Miranda, Montañéz Soto, & García Ruíz, 2008), reportaron valores del contenido de ceniza del 0.34% en el almidón de papa.

El almidón de papa contiene grupos fosfato en forma de sales, los cuales constituyen a los principales componentes de sus minerales. Los almidones de raíces contiene cantidades muy pequeñas de compuestos fosforados, sin embargo, el almidón de papa contiene una cantidad apreciable de fosfatos en forma de éster, unidos al carbono 6 de los residuos de glucosa en la molécula de amilopectina (Beymun G & Roels, 1985).

Por tal motivo el contenido de cenizas en almidón de papa está relacionado directamente con el de fósforo (Singh & Kaur, 2009).

El incremento en la cantidad de cenizas se relaciona con un aumento en el contenido de minerales en el almidón de papa; el contenido de fósforo y algunos minerales del almidón que influyen en el contenido final de las cenizas (Hoover, 2002).

Otro factor para el incremento de las cenizas en el almidón de papa, está relacionado con el contenido de minerales de los suelos de donde proviene el material vegetal, producto del proceso de fertilización del cultivo (Roberts, 1997), (Lorenzo, 1993).

### 3.2.5. Carbohidratos.

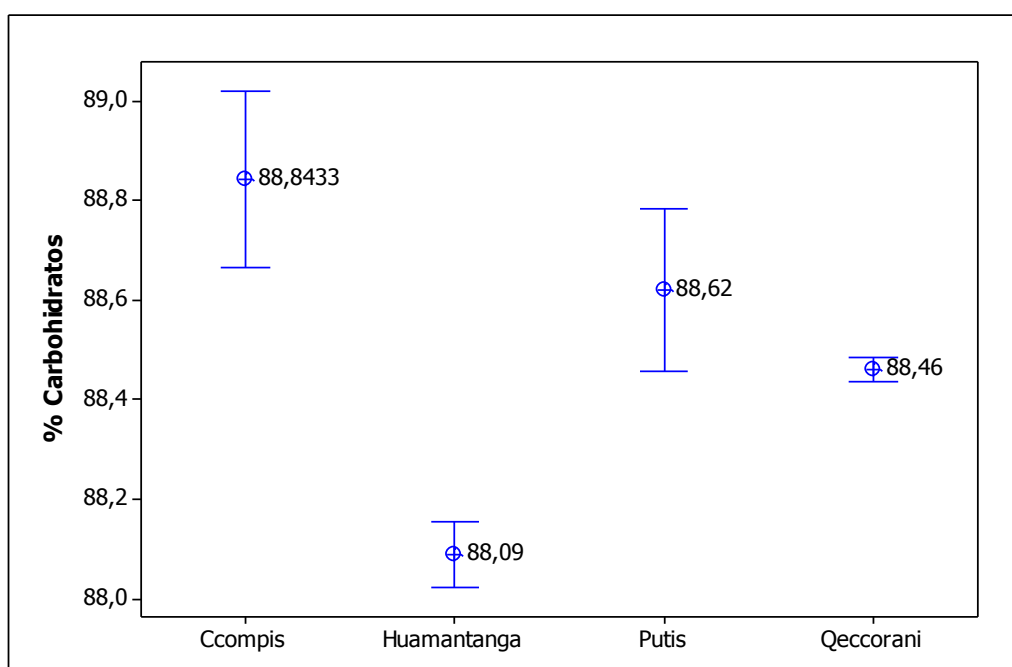
En la Tabla (16), se aprecia el contenido de carbohidratos en el almidón de las cuatro variedades de papa nativa.

**Tabla 16: Contenido de carbohidratos.**

Variedad de almidón	Carbohidratos (%)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	88.84	$\pm$	0.07	d
Huamantanga	88.09	$\pm$	0.03	c
Putis	88.62	$\pm$	0.07	b
Qeccorani	88.46	$\pm$	0.01	a

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 25**) para el contenido de carbohidratos, se identificó que existe diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de carbohidratos en el almidón de papa con un 95 % de nivel de confianza.

El contenido de carbohidratos en el almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluado a través del método LSD (**Anexo 25**), indica que ningún almidón de papa nativa muestra similares contenidos de carbohidratos.



**Figura 14:** Diagrama de medias para el porcentaje de carbohidratos.

Así mismo se aprecia a través del diagrama de medias Figura (14), la existencia de la diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos del contenido de carbohidratos son completamente diferentes unos de otros. Es decir ninguno de los intervalos se superpone entre sí, evidenciado que ninguno de los tratamientos son iguales, son estadísticamente diferentes en cuanto a sus medias. Los resultados obtenidos tienen cierta similitud con los datos obtenidos por (Paredes López, Barba de la Rosa, Hernández López, & Carabes Trejo, 1990), quienes reportan valores de 80.41 % de carbohidratos presente en el almidón de papa; sin embargo estos están alejados de los datos obtenidos.

(Lizarazo Hernández, 2013), encontró valores de carbohidratos en el almidón de papa de 80.02 a 84.09 %.

### 3.2.6. PH y acidez.

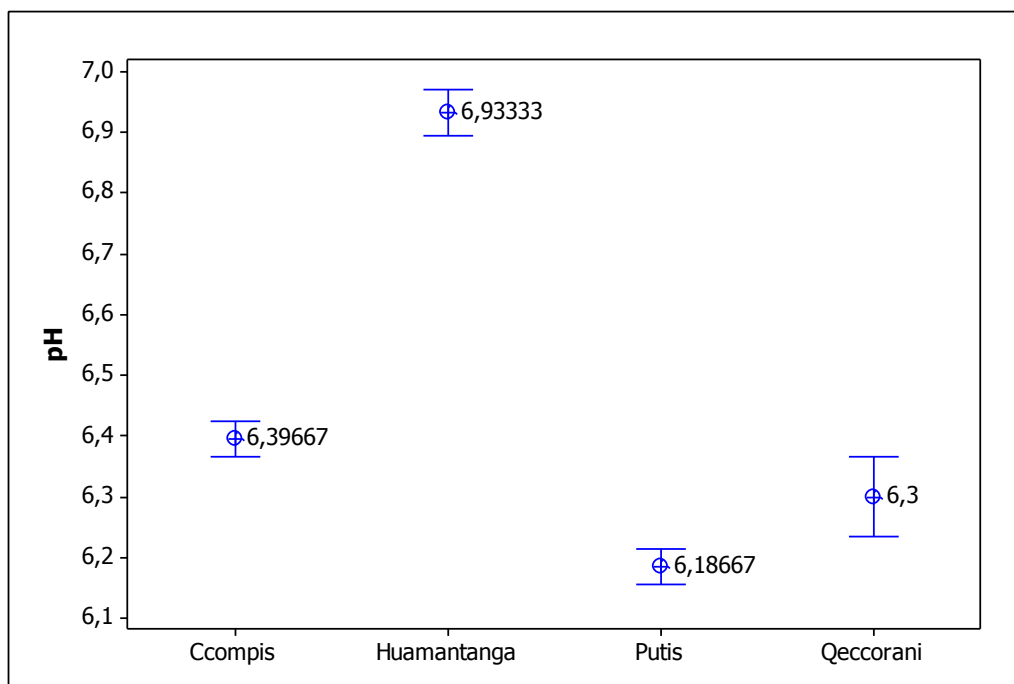
El pH es una medida utilizada químicamente para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido. El pH mide la concentración de iones de hidrógeno de una sustancia (Federico, 1968.). Mientras que la acidez es una medida de la cantidad de ácido presente en la muestra (Aristizabal & Sánchez, 2007). En la Tabla (17), se aprecia el pH y la acidez del almidón de las cuatro variedades de papa nativa.

**Tabla 17:**  
**pH y acidez.**

Variedad de almidón	PH			Test LSD	Acidez (%)		
	$\bar{X}$	$\pm$	s		$\bar{X}$	$\pm$	s
Ccompis	6.40	$\pm$	0.01	d	0.0053	$\pm$	0.0003
Huamantanga	6.93	$\pm$	0.02	c	0.0050	$\pm$	0.0005
Putis	6.19	$\pm$	0.01	b	0.0047	$\pm$	0.0003
Qeccorani	6.30	$\pm$	0.03	a	0.0053	$\pm$	0.0003

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 26**) para el pH, se identificó que existe diferencia estadísticamente significativa entre el pH con un 95 % de nivel de confianza.

Al aplicar el test LSD (**Anexo 26**), se evidencia aún más que existe una completa diferencia en el pH del almidón de las variedades estudiadas, este hecho también es apreciable en la Figura (15) donde los intervalos en cuanto al pH no se solapan o superponen entre sí; es decir son estadísticamente diferentes en cuanto a sus medias.



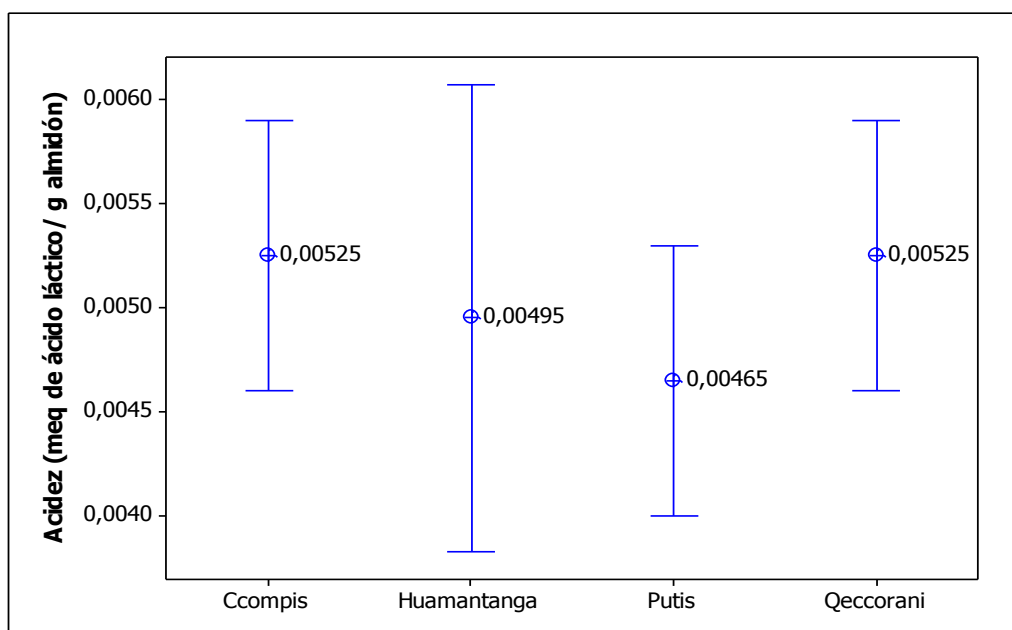
**Figura 15:** Diagrama de medias para el pH.

En los almidones de papa nativa se encontró valores del pH de 6.18 a 6.93, los cuales comparados con otras investigaciones de almidones de arroz, achira y yuca, donde el pH se oscilo entre 5.5 y 6.5 (Rowe, Sheskey, & Owen, 2003) resultaron ser diferentes.

La diferencia se debe a que el pH de un almidón disminuye, cuando sucede una fermentación ácida; el crecimiento de hongos libera amoniaco e incrementa el valor del pH. Un almidón nativo debe estar entre 6,0-6,5; es así que los almidones de la variedad Ccompis, Qeccorani y Putis están dentro de estos límites, a diferencia de la variedad Huamantanga quien se muestra ligeramente básica (Aristizabal & Sánchez, 2007).

La acidez de los almidones estudiados se presenta en la Tabla (17), al realizar un análisis de varianza (**Anexo 27**), para la acidez de estos

almidones se identificó que no existe diferencia estadísticamente significativa, con un 95 % de nivel de confianza, es decir se acepta la hipótesis nula, donde la acidez de los almidones son iguales en relación a sus medias. Este hecho se evidencia en la Figura (16), donde todos los intervalos se solapan entre sí, indicando que no existe diferencia estadísticamente significativa.



**Figura 16:** Diagrama de medias para acidez.

La acidez titulable de los almidones fue de  $4.65 \times 10^{-3}$  a  $5.25 \times 10^{-3}$  meq de ácido láctico/g de almidón, los cuales concuerdan con lo expuesto por (Aristizabal & Sánchez, 2007), quien indica que un almidón nativo debe tener una acidez de  $2,2 \times 10^{-3}$  y  $5 \times 10^{-3}$  meq de ácido láctico/g de almidón.

A su vez también mencionan que cuando el almidón es almacenado por encima de un 13 % de humedad se favorece la formación de hongos y levaduras siendo susceptibles a reacciones de fermentación las cuales aumentan la acidez titulable y disminuyen el pH del almidón. Por lo tanto es necesario controlar estas variables con el fin de mantener la estabilidad de los almidones extraídos (Aristizabal & Sánchez, 2007).

### 3.2.7. Amilosa y amilopectina.

La relación amilosa/amilopectina, imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones. La amilosa se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse (Hoover, 2002).

El contenido de amilosa fue determinado mediante espectrofotometría y amilopectina mediante diferencia, los resultados se muestran en la Tabla (18).

**Tabla 18:**

**Contenido de amilosa y amilopectina.**

Variedad	Amilosa (%)			Amilopectina (%)		
	$\bar{X}$	$\pm$	s	$\bar{X}$	$\pm$	s
Ccompis	32.687	$\pm$	0.623 <sup>c</sup>	67.313	$\pm$	0.623 <sup>a</sup>
Huamantanga	40.227	$\pm$	0.414 <sup>a</sup>	59.773	$\pm$	0.414 <sup>c</sup>
Putis	38.200	$\pm$	0.676 <sup>b</sup>	61.800	$\pm$	0.676 <sup>b</sup>
Qeccorani	40.267	$\pm$	0.179 <sup>a</sup>	59.733	$\pm$	0.179 <sup>c</sup>

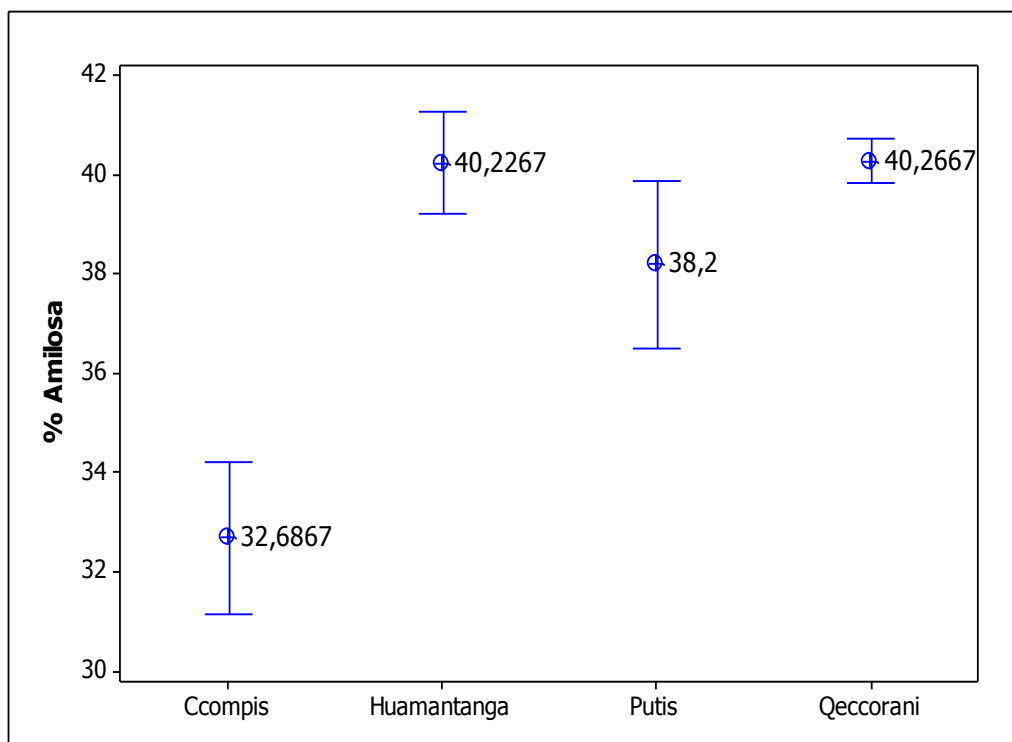
Se realizó un análisis de varianza (**Anexo 28**) para el contenido de amilosa y amilopectina, donde se encontró diferencia estadísticamente significativa por lo menos la comparación de dos de ellos con un 95 % de nivel de confianza.

El contenido de amilosa y amilopectina del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, evaluadas a través del método LSD (**Anexo 28**), mostraron una diferencia estadísticamente significativa.

Los resultados obtenidos en la investigación indican que el almidón de la variedad Qeccorani es la que presenta mayor contenido de amilosa al igual que la variedad Huamantanga seguidas por los almidones de la variedad Putis y Ccompis.

Así mismo en la Figura (17), se aprecia a través del diagrama de medias que existe diferencia significativa entre variedades, donde los intervalos del contenido de amilosa; para las variedades Huamantanga y Qeccorani,

muestran similar contenido, es decir son estadísticamente iguales en cuanto a su media, a diferencia de los almidones de la variedad Putis y Ccompis quienes resultan ser completamente diferentes.

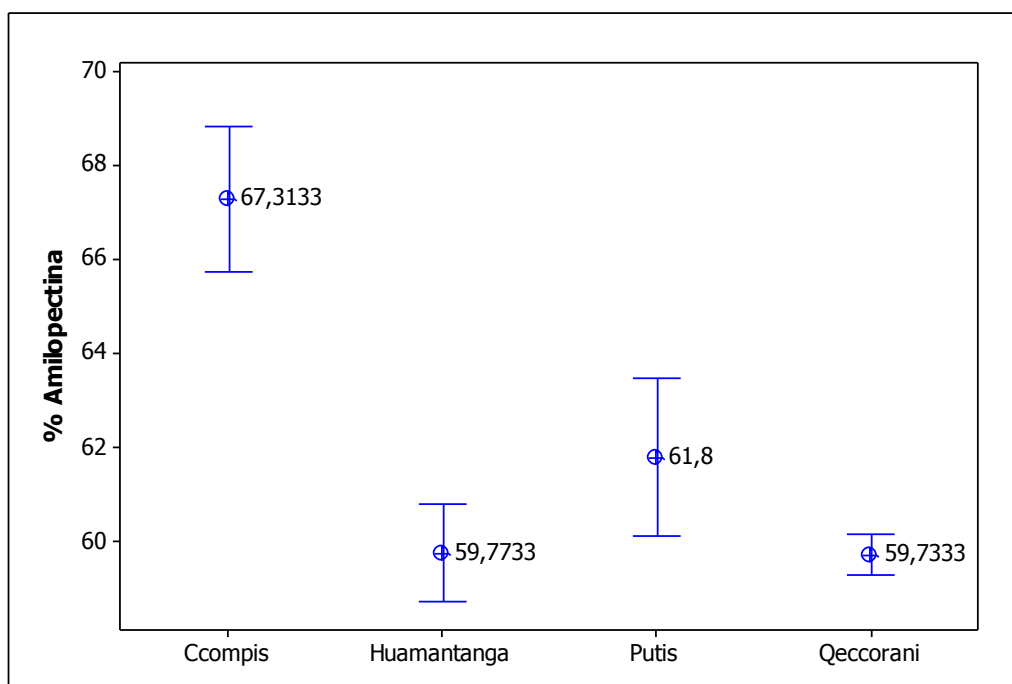


**Figura 17:** Diagrama de medias para el porcentaje de amilosa.

Lo mismo sucede para el contenido de amilopectina, donde se aprecia en la Figura (18), donde los intervalos del contenidos de amilopectina de las variedades Huamantanga y Qeccorani se solapan entre si evidenciado que estadísticamente son iguales en cuanto a sus medias, lo contrario sucede con los almidones de la variedad Putis y Ccompis quienes son estadísticamente diferentes, ya que sus intervalos no se superponen entre sí.

A diferencia de estos valores obtenidos (Alvis et al., 2008), reportaron valores de 24 % de amilosa en almidones de papa; mientras que (Hoover, 2001) presenta valores de 22 a 26 %. Sin embargo (Zarate Polanco et al., 2014; Ramírez Suárez et al., 2011 y Romero Bernal & Garnica Holguin, 2009), hallaron valores del contenido de amilosa en variedades de papa entre rangos de 14.05 a 49 %. Para (Alvis et al., 2008) estas diferencias en el contenido de amilosa, se deben a la fuente biológica de donde provienen los almidones.





**Figura 18:** Diagrama de medias para el porcentaje de amilopectina.

Los valores obtenidos en esta investigación superan los reportados por (Betancurt & Novelo, 2005), quienes indican que para el almidón de papa, la amilosa se encuentra generalmente en un 21 % y la amilopectina en un 79 %. Estas diferencias encontradas en el contenido de amilosa y amilopectina, se debe a la variabilidad que existe entre una variedad y otra en el caso de la papa y las prácticas culturales, en el cual es afectado por las condiciones climáticas y tipo de suelo durante el crecimiento (Singh & Singh, 2003). Así mismo está relacionado con el tamaño del granulo y la forma del granulo (Lindeboom et al., 2004). Según (Graziano, Machado de Campos, & Figueiredo Ribeiro, 1992.), los cambios en el contenido de amilosa entre una misma especie se pueden atribuir a las prácticas agronómicas y el medio ambiente; pero lo reportado por (Utrilla Coello et al., 2007), indican que dicho porcentaje es proporcional al tamaño del gránulo y a la madurez de la planta de la cual se obtuvo el almidón. Los reportes de almidón de papa de otras variedades procedentes de otros países, al ser comparadas son muy bajas con lo reportado en esta investigación donde el contenido de amilosa para los almidones de papa nativa varían entre 32.68 a 40.267 %.

De acuerdo con (Singh et al., 2003), los almidones de las variedades de papa nativa serían clasificados como almidones de alta amilosa, debido a que el contenido de amilosa es superior al 30 %.

### 3.3. PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES.

#### 3.3.1. Temperatura de gelatinización.

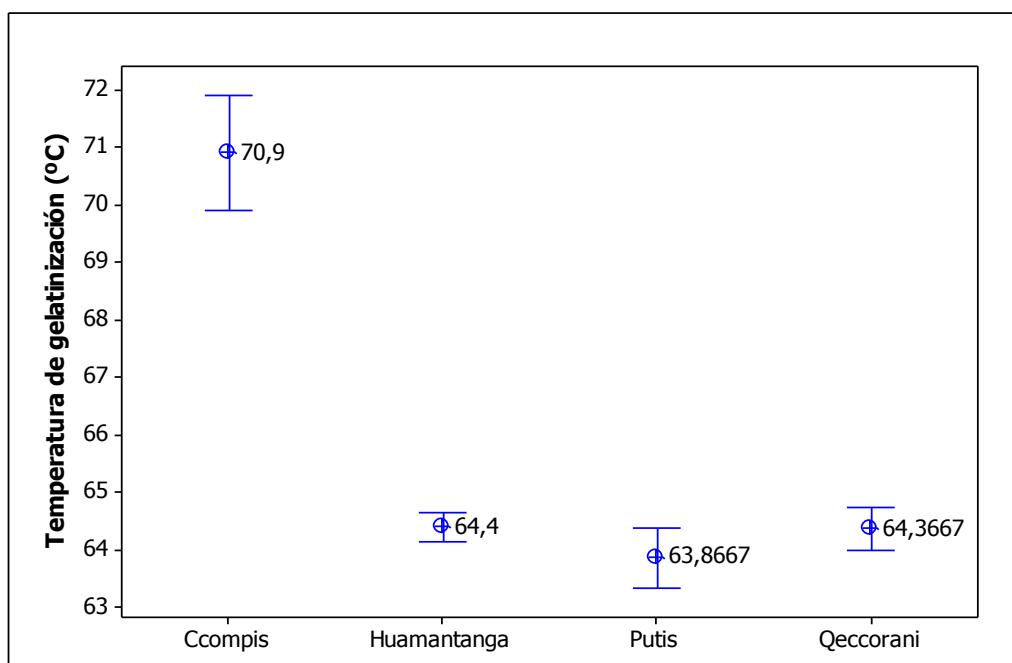
Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero se hidratan e hinchan en agua caliente dando origen a la formación de pastas viscosas. Este hinchamiento de los gránulos de almidón es reversible hasta cierta temperatura conocida como temperatura de gelatinización, la cual caracteriza a cada tipo de almidón (Debet & Gidley, 2006). En la Tabla (19), se muestra los valores de la temperatura de gelatinización de los almidones de papa nativa.

**Tabla 19:**

#### **Temperatura de gelatinización.**

Variedad de almidón	Temperatura de gelatinización (°C)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	<b>s</b>	
Ccompis	70.9	$\pm$	0.4	a
Huamantanga	64.4	$\pm$	0.1	b
Putis	63.9	$\pm$	0.2	c
Qeccorani	64.4	$\pm$	0.2	b

Se realizó un análisis de varianza (**Anexo 29**), para la temperatura de gelatinización, hallándose que existe diferencia estadísticamente significativa por lo menos la comparación de dos de ellos con un nivel del 95 % de confianza. La temperatura de gelatinización, evaluada a través del método LSD (**Anexo 29**), mostraron diferencia estadísticamente significativa entre las distintas variedades de almidón, este hecho se evidencia en la Figura (19).



**Figura 19:** Diagrama de medias para la temperatura de gelatinización.

En la Figura (19), se puede apreciar que los intervalos de los almidones de la variedad Putis, Qeccorani y Huamantanga, se solapan, indicando que son estadísticamente iguales en cuanto a sus medias, a diferencia de la variedad Ccompis quien se muestra totalmente diferentes a las demás.

Los resultados obtenidos de temperatura de gelatinización en esta investigación oscilaron entre 64.4 a 70.4 °C, estos resultados resultan semejantes a los determinados por (Zarate Polanco, y otros, 2014), quienes reportaron temperaturas de gelatinización de 62 a 74 °C al igual que (Ramírez Suárez e al., 2011). Sin embargo los valores obtenidos son superiores a los reportados por (Villacrés & Espín, 1999), quienes indican que la temperatura de gelatinización del almidón de papa está alrededor de 62 °C, así mismo (Alvis et al., 2008), muestran una temperatura de gelatinización del almidón de papa que oscilo en 66 °C para la variedad ICA Nariño

Según (Lindeboom et al., 2004), los rangos de temperatura de gelatinización del almidón de papa están entre 56 a 67 °C.

En comparación con lo anterior, los tres de los almidones en estudio están dentro de estos márgenes, sin embargo el almidón de la variedad Ccompis es

quien presentó mayor temperatura de gelatinización, esta diferencia se da por el tamaño de sus gránulos los cuales son más pequeños, es decir a mayor tamaño de los gránulos menor será la temperatura de gelatinización (Lizarazo Hernández, 2013); en este caso es lo contrario menor tamaño de los gránulos mayor será la temperatura de gelatinización. La diferencia entre la temperatura de gelatinización de los almidones en especial el de la variedad Ccompis, se debe al elevado contenido de lípidos en este almidón, el cual contribuye a elevar la temperatura de gelatinización, ya que estos impiden la interacción del agua con los gránulos del almidón. También entre los factores que determinan el proceso de gelatinización e hinchamiento de los gránulos destacan el contenido de amilosa y amilopectina y el contenido de fósforo (Singh et al., 2003).

Para (Landires Gaspar, Márquez Borbor, & Cornejo, 2013.), el contenido de amilosa influye en la temperatura de gelatinización el cual es inversamente proporcional, ya que a mayor contenido de amilosa, menor temperatura de gelatinización y viceversa. Una mayor temperatura de gelatinización en almidones nativos, refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón, normalmente asociada a una mayor presencia de zonas semi-cristalinas y a un mayor contenido de amilosa (Imberty, Changzy, & Pérez, 1988).

Las temperaturas de gelatinización depende de varios factores, incluyendo la fuente de almidón, las cantidades relativas de amilosa y amilopectina, y la cantidad de humedad disponible para la hidratación (Tester et al., 2004). La temperatura de gelatinización del almidón de papa según (Waniska & Gómez, 1992), es menor debido a que los grupos éster fosfato presentes en el gránulo de almidón de papa tienden a debilitar los enlaces provocando un espesamiento más rápido al calentarse, y producir temperatura de gelatinización baja.

### **3.3.2. Claridad de la pasta.**

La claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones. La capacidad de estas pastas para transmitir

la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante mide su claridad (Aristizabal & Sánchez, 2007).

La claridad de pasta de almidones medidos a través de la Transmitancia se muestra en la Tabla (20).

**Tabla 20:**  
**Claridad de la pasta.**

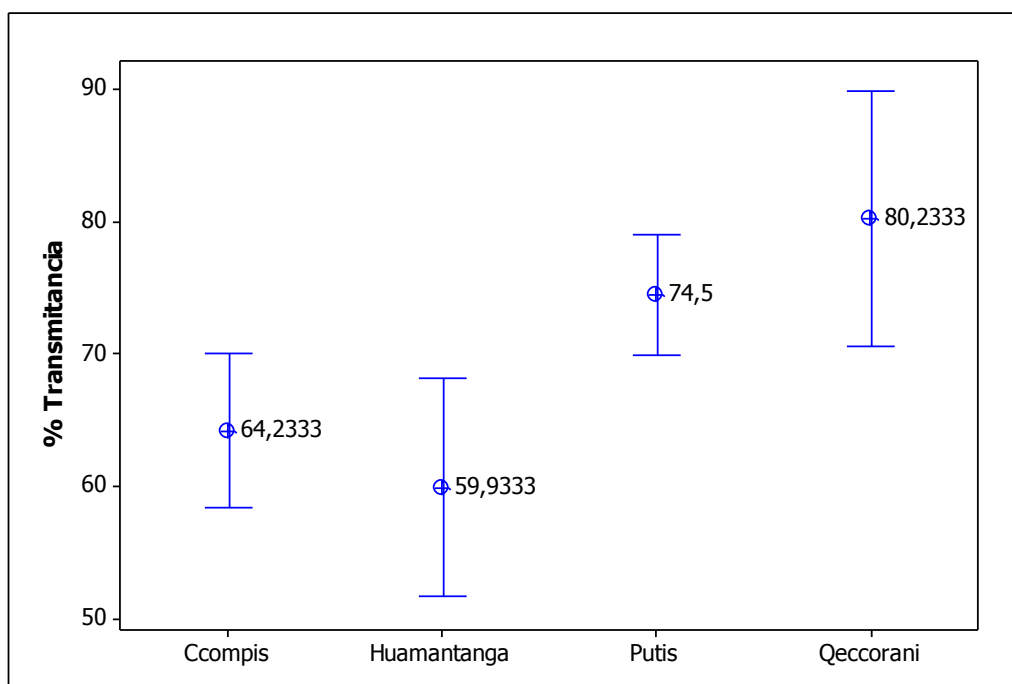
Variedad de almidón	Transmitancia (%)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	64.2	$\pm$	2.3	b
Huamantanga	59.9	$\pm$	3.3	b
Putis	74.5	$\pm$	1.8	a
Qeccorani	80.2	$\pm$	3.9	a

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 30**) para la claridad de pasta, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa en la claridad de pasta con un 95 % de nivel de confianza.

La claridad de pasta evaluada a través del método LSD (**Anexo 30**), mostraron diferencia estadísticamente significativa entre las distintas variedades de almidón.

Los valores obtenidos para la claridad de pasta oscilaron entre 59.9 a 80.2 % de transmitancia; estos valores son similares a los reportados por (Garnica H et al., 2010), quienes obtuvieron valores de 54.53 a 82.9 % de transmitancia en clones promisorios de papa al igual que (Romero Bernal & Garnica Holguin, 2009).

Así mismo se aprecia a través del diagrama de medias Figura (20), la existencia de la diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos de la claridad de pastas se superponen entre sí de las variedades Huamantanga y Ccompis, lo cual ocurre también con los almidones de la variedad Putis y Qeccorani.



**Figura 20:** Diagrama de medias para la claridad de pastas.

La diferencia entre el porcentaje de transmitancia se debe a que las cadenas poliméricas del almidón gelatinizado se asocian entre si y tienden a formar una estructura más ordenada, la cual causa turbidez y reduce la transmitancia de luz a través de la dispersión de almidón (Lovedeep, Narpinder, & Navdeep, 2002); este fenómeno, es conocido como retrogradación. La presencia de los lípidos afecta las propiedades funcionales del almidón como la claridad, al evitar su unión con las moléculas de agua y causar rancidez, y por ende turbidez (Debet & Gidley, 2006), lo cual sucede con los almidones de la variedad Huamantanga y Ccompis quienes presentan mayor contenido de lípidos, por tal razón resultan tener menor claridad de la pasta. Otro factor es el contenido de amilosa el cual constituye la región amorfa del granulo, un alto contenido de amilosa en los gránulos grandes indica un menor porcentaje de cristalinidad en comparación con los gránulos pequeños (Ao & Jane, 2007). La elevada transparencia de las pasta de almidón se deben a una parte muy importante del contenido de fósforo, ya que este está presente en el almidón de papa como grupos monoéster de fosfato (Beymun G & Roels, 1985). (Novelo Cen & Betancur Ancona, 2005), reportaron que los almidones con mayor poder de hinchamiento y menor contenido de amilosa son fácilmente

dispersados, por lo tanto su claridad tiende a incrementar. Sin embargo, este comportamiento no ocurrió, por lo que una posible explicación son los altos porcentajes de contaminantes (cenizas, proteínas, lípidos y fibra).

### 3.3.3. Viscosidad.

La viscosidad es el resultado máximo del hinchamiento, formándose una dispersión en medio acuoso, la cual es llamada pasta (Howling, 1980).

En la Tabla (21), se presenta la viscosidad de las distintas variedades de almidón de papa nativa.

**Tabla 21:**

#### **Viscosidad.**

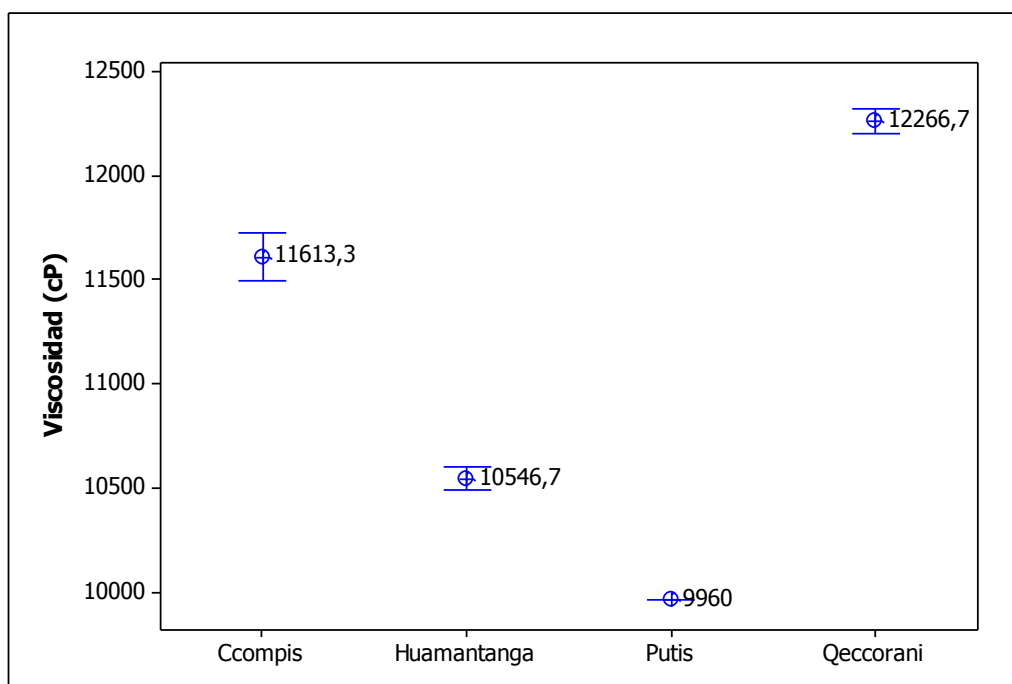
Variedad de almidón	Viscosidad (cP)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	<b>s</b>	
Ccompis	11613.3	$\pm$	46.2	b
Huamantanga	10546.7	$\pm$	23.1	c
Putis	9960.0	$\pm$	0.0	d
Qeccorani	12266.7	$\pm$	23.1	a

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 31**) para la viscosidad del almidón, se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa en la viscosidad del almidón con un 95 % de nivel de confianza.

La viscosidad del almidón evaluada a través del método LSD (**Anexo 31**), indica que ningún almidón de papa nativa muestra similar viscosidad.

Así mismo se aprecia a través del diagrama de medias Figura (22), la existencia de la diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos de viscosidad son completamente diferentes unos de otros.

Donde ninguno de los intervalos se superpone entre sí, evidenciando que existe diferencia significativa entre los tratamientos, indicando así que son estadísticamente diferentes en cuanto a sus medias



**Figura 21:** Diagrama de medias para la viscosidad.

Los resultados de esta investigación para la viscosidad oscilaron de 9960 a 12266.7 cP, los cuales encuentran similitud con los datos reportados por (Garnica H et al., 2010), quienes obtuvieron valores de 770 a 12960 cP, en almidones de clones de papa criolla. El almidón de las variedades de papa nativa presentan un fuerte elevamiento de viscosidad, mucho mayor que los cereales. Esto es debido a que los almidones de papa, en cuanto a los gránulos tienen mayor capacidad de absorción de agua, mayor velocidad de hidratación y se desintegran más rápidamente (Aristizabal & Sánchez, 2007). (Tester & Morrison, 1990), señalan que la amilopectina es la principal responsable del hinchamiento y viscosidad de la pasta de almidón; indican que durante el hinchamiento de los gránulos, los puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón se disocian y son reemplazados con puentes de hidrogeno con las moléculas de agua, lo cual incrementa la viscosidad. . Esta diferencia de la viscosidad, se debe al tamaño y la forma del granulo, que incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad, cuanto menor sea el tamaño de los gránulos



existirá mayor capacidad de absorción de agua, y por ende mayor viscosidad (Hwang & Kokini, 1992).

Sin embargo para (Torres, Duran, & Montero, 2013), se debe a la relación entre el contenido de amilosa/amilopectina en los diferentes almidones. Para (Beymun G & Roels, 1985; Moorthy, 2002), el fósforo contenido en los gránulos de almidón de papa, ocasiona un pronunciado incremento de la viscosidad durante el calentamiento de sus dispersiones, en comparación de los almidones provenientes de los cereales. El almidón de papa muestra la más alta viscosidad de pasta que los otros almidones. Esto puede se da por la influencia de los grupos fosfato en el almidón de papa. Un alto contenido de fosfatos en el almidón de papa resulta una alta viscosidad, la presencia de grupos fosfato en las moléculas de almidón son los responsables de la mayor hinchamiento a bajas temperaturas de los almidones de raíces y tubérculos, por lo que los almidones de estas fuentes presentan un pronunciado incremento en la viscosidad durante su calentamiento en comparación de los cereales (Moorthy, 2002).

### 3.3.4. Índice de absorción de agua.

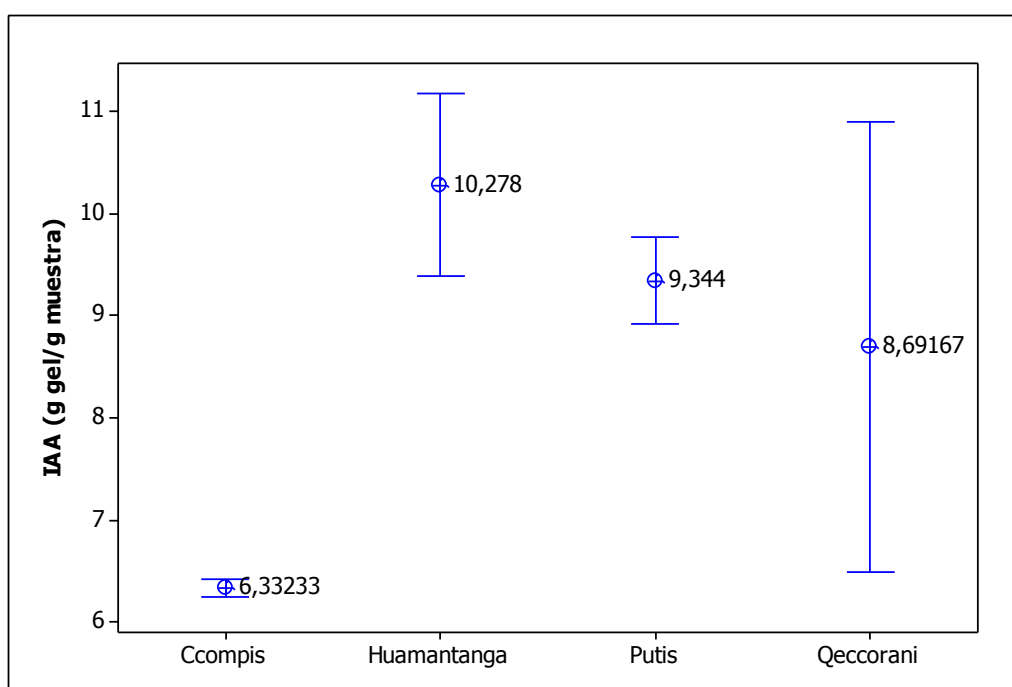
En la Tabla (22), se aprecia el índice de absorción de agua de los almidones de papa nativa.

**Tabla 22:**  
**Índice de absorción de agua.**

Variedad de almidón	Índice de absorción (g de gel/ g muestra)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	6.332	$\pm$	0.033	b
Huamantanga	10.278	$\pm$	0.361	a
Putis	9.344	$\pm$	0.169	a
Qeccorani	8.692	$\pm$	0.886	a

Al aplicar el análisis de varianza (**Anexo 32**), se aprecia que los almidones de las variedades de papa nativa muestran diferencia significativa en lo que se

refiere al índice de absorción de agua. El índice de absorción de agua evaluado a través de test LSD (**Anexo 32**), indican los almidones de la variedad Qeccorani, Putis y Huamantanga presentan igual índice de absorción de agua en cuanto a sus medias, a diferencia de la variedad Ccompis quien resulta ser diferente a los demás; dicha diferencia se aprecia en la Figura (22).



**Figura 22:** Diagrama de medias para el Índice de absorción de agua.

Esta diferencia se atribuye al contenido de lípidos de este almidón, ya que disminuyen la absorción de agua en el almidón (Beymun G & Roels, 1985). Los almidones en estudio mostraron valores del índice de absorción de agua de 6.332 a 10.278 (g gel/g muestra). Los cuales concuerdan con lo reportado por (Garnica H et al., 2010), quienes muestran valores de 6.50 a 15.04 (g gel/g muestra).

Para (Alvis et al., 2008), el índice de absorción de agua para el almidón de papa gira en torno al 5,83 (g gel/g muestra), lo cual indica que todos los almidones obtenidos están por fuera de este parámetro y esta variable puede estar influenciada por las moléculas para formar un gel.

Estas diferencias en el índice de absorción de agua de los almidones de papa nativa, está relacionada con la fuente biológica, con el tamaño y la forma del granulo (Lindeboom et al., 2004).

### 3.3.5. Índice de solubilidad en agua.

En la Tabla (23), se muestra el índice de solubilidad de los almidones de papa nativa.

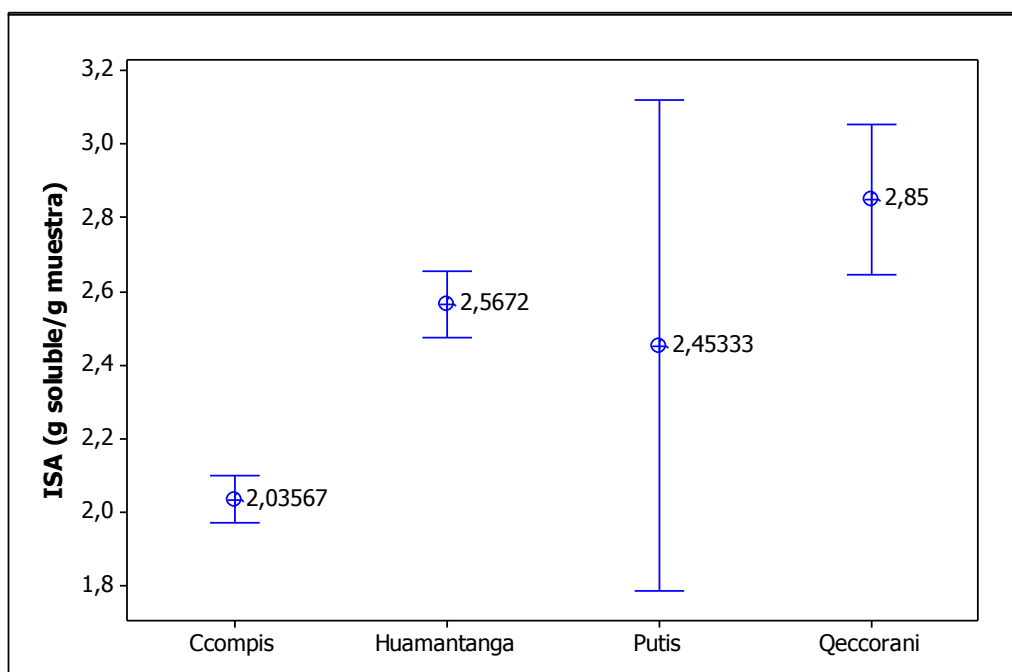
**Tabla 23:**  
**Índice de solubilidad en agua.**

Variedad de almidón	Índice de solubilidad (g soluble/g muestra)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	2.0357	$\pm$	0.026	b
Huamantanga	2.5672	$\pm$	0.036	a
Putis	2.4533	$\pm$	0.268	a
Qeccorani	2.8500	$\pm$	0.082	a

Al aplicar el análisis de varianza (**Anexo 33**), se aprecia que existe diferencia estadísticamente significativa entre los almidones en estudio, p-value > 0.05.

El índice de solubilidad en agua evaluado a través del test LSD (**Anexo 33**), indica que los almidones de las cuatro variedades de papa nativa no muestran diferencias, ya que los intervalos de estas se solapan entre sí, es decir estadísticamente son iguales en cuanto a sus medias. Este hecho se puede evidenciar en la Figura (23).

El índice de solubilidad en agua de los almidones estuvo entre 2.03 a 2.85 (g soluble/ g muestra), estos están por debajo de los parámetros reportados por (Alvis et al., 2008), quienes hallaron valores de índice de solubilidad en agua del almidón de 2.97 (g soluble/ g muestra). También resultan similares a los reportados por (Garnica H. et al., 2010), quienes reportaron valores de 2.41 a 5.29 (g soluble/ g muestra) del índice de absorción de agua.



**Figura 23:** Diagrama de medias para el índice de solubilidad en agua.

La diferencia en el índice de solubilidad en agua de los almidones de papa nativa es posible que se deba al mayor contenido de amilopectina presente; existe la posibilidad que las ramificaciones laterales (amilopectina) de las moléculas del almidón y un menor tamaño del gránulo, facilitan la entrada del agua a los espacios intermoleculares, aumentando la solubilidad de los polímeros, siendo la amilopectina la de mayor proporción de disolución. Esto desde luego, incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad (Hwang & Kokini, 1992). Un almidón con menor contenido de lípidos será más soluble que aquel cuyo contenido es mayor debido a que los lípidos son insolubles en agua, tienden a evitar la interacción entre moléculas del almidón con el agua y como consecuencia, a evitar o disminuir la solubilidad (Yuan et al., 2007).

### 3.3.6. Poder de hinchamiento.

En presencia de agua, los gránulos de almidón empiezan a hincharse y a embeber agua, cuando se aplica energía, las moléculas de agua rompen los

puentes de hidrógeno intermoleculares en la región amorfa y penetran al granulo causando hinchamiento.

En la Tabla (24), se muestra el porcentaje de poder de hinchamiento de los cuatro almidones de papa nativa.

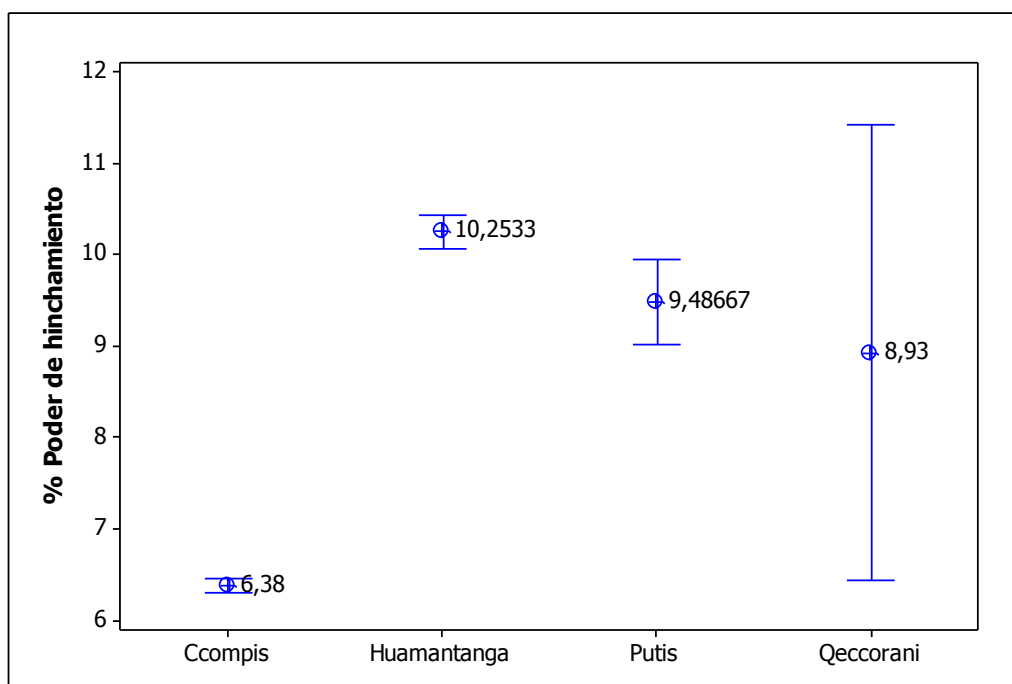
**Tabla 24:**  
**Poder de hinchamiento.**

Variedad de almidón	Poder de hinchamiento (%)			Test LSD
	$\bar{X}$	$\pm$	s	
Ccompis	6.380	$\pm$	0.030	b
Huamantanga	10.253	$\pm$	0.072	a
Putis	9.487	$\pm$	0.188	a
Qeccorani	8.930	$\pm$	1.005	a

Al realizar un análisis de varianza (**Anexo 34**), indica que existe diferencia estadísticamente significativa para el poder de hinchamiento de los almidones de papa nativa. Por otra parte a través del análisis del test LSD (**Anexo 34**) los almidones presentan diferencia estadísticamente significativa en cuanto a sus medias, esto se puede evidenciar en la Figura (24) se aprecia esta diferencia. En los datos obtenidos el porcentaje del poder de hinchamiento oscila alrededor de 6.380 a 10.253 %, estos valores difieren con los reportados por (Garnica H. et al., 2010), que fueron de 6.58 a 15.45 % el poder de hinchamiento de almidones de clones de papa.

Esta diferencia está relacionada con la proporción de amilosa y amilopectina, tamaño y forma de los gránulos, los cuales otorgan propiedades como el poder de hinchamiento (Singh et al., 2003).

El almidón de la variedad Ccompis mostró menor poder de hinchamiento, debido a que contiene un porcentaje de lípidos elevado y probablemente al contenido de fósforo, puesto que estos impiden la interacción con las moléculas de agua, y por tanto pueden causar la disminución de su poder de hinchamiento (Guízar Miranda, 2009).



**Figura 24:** Diagrama de medias para el poder de hinchamiento.

Se ha reportado que el poder de hinchamiento de los almidones se ve influenciado por la estructura e interacción de las moléculas de la amilopectina y amilosa (Yuan et al., 2007), por el contenido de lípidos y fósforo (Jayakody, Hoover, Lui, & Weber, 2005).

Según (Fortuna et al., 2000), los tubérculos como la papa presentan un mayor contenido de grupos fosfatos cargados negativamente, lo cual es un factor determinante del poder de hinchamiento, ya que le proporciona a la papa su gran habilidad de enlazarse con un mayor número de moléculas de agua.

### 3.3.7. Estabilidad en congelación/descongelación.

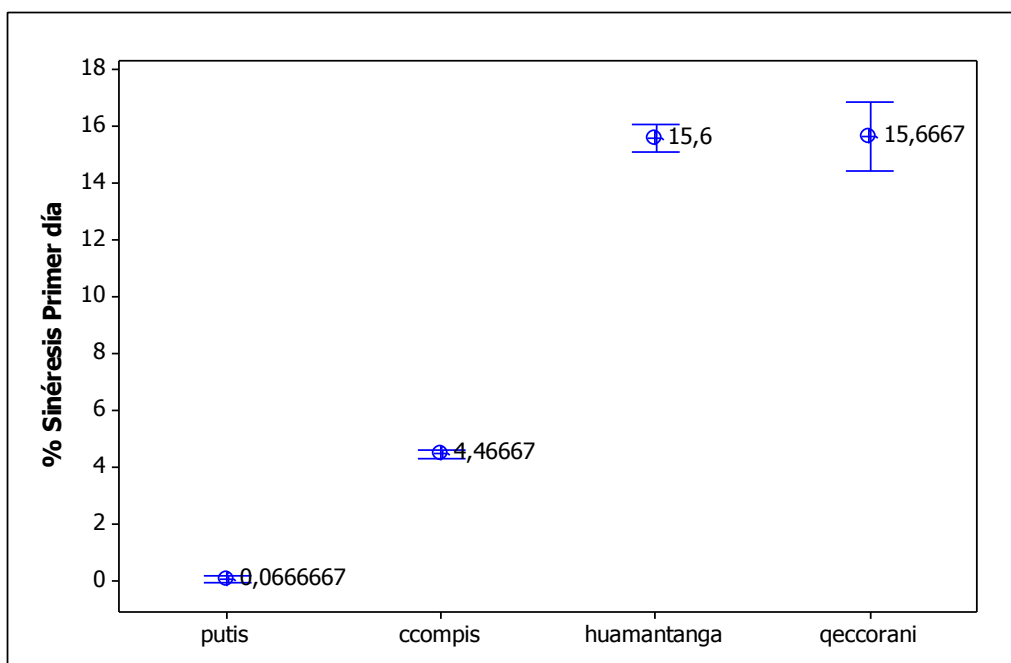
En la tabla (25), se aprecia el resultado del porcentaje de sinéresis de los almidones de papa nativa sometidos al proceso de congelación y descongelación evaluadas por 5 días.

**Tabla 25:**

**Porcentaje de sinéresis.**

Variedad de almidón	Día 01			Día 02			Día 03
	$\bar{X}$	$\pm$	s	$\bar{X}$	$\pm$	S	$\bar{X}$
Putis	0.1	$\pm$	0.06	0	$\pm$	0	0
Ccompis	4.5	$\pm$	0.06	0.14	$\pm$	0.06	0
Qeccorani	15.7	$\pm$	0.2	3.04	$\pm$	0.42	0
Huamantanga	15.6	$\pm$	0.49	7.93	$\pm$	0.03	0

Se realizó un análisis de varianza (**Anexo 35**) para el porcentaje de sinéresis del primer y segundo día, encontrándose que existe diferencia estadísticamente significativa para el porcentaje de sinéresis entre las cuatro variedades tanto para el primer día como para el segundo, con un 95 % de nivel de confianza. El porcentaje de sinéresis del almidón de las cuatro variedades de papa nativa del primer día y segundo día, evaluadas a través del método LSD (**Anexo 35**), mostraron una diferencia estadísticamente significativa. Este hecho se puede evidenciar en el diagrama de medias Figura (25).



**Figura 25:** Diagrama de medias para el primer día.

En la Figura (25) se puede observar que el primer día hubo mayor porcentaje de sinéresis entre las variedades de Huamantanga y Qeccorani, a diferencia de las variedades Ccompis y Putis; esto está relacionado al contenido de amilosa presente en los almidones de las diferentes variedades, ya que los almidones de la variedad Huamantanga y Qeccorani son las que tienen mayor contenido de amilosa; la cual se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis (Hoover, 2002).

La amilosa se retrograda mucho más rápido que la amilopectina, ocasionando que en los primeros ciclos haya mayor liberación de agua (Thoufeek Ahamed et al., 1996).

En la retrogradación ocurre una asociación de tipo cristalino de la amilosa, lo que se manifiesta con la pérdida de agua del gel. Aquí la amilosa sufre una retrogradación cuando el gel es sometido a procesos de congelación y descongelación. Conforme el agua se congela y se descongela, el agua que se forma por la fusión de los cristales no se reasocian con el almidón (Vaclavick V. , 1998).

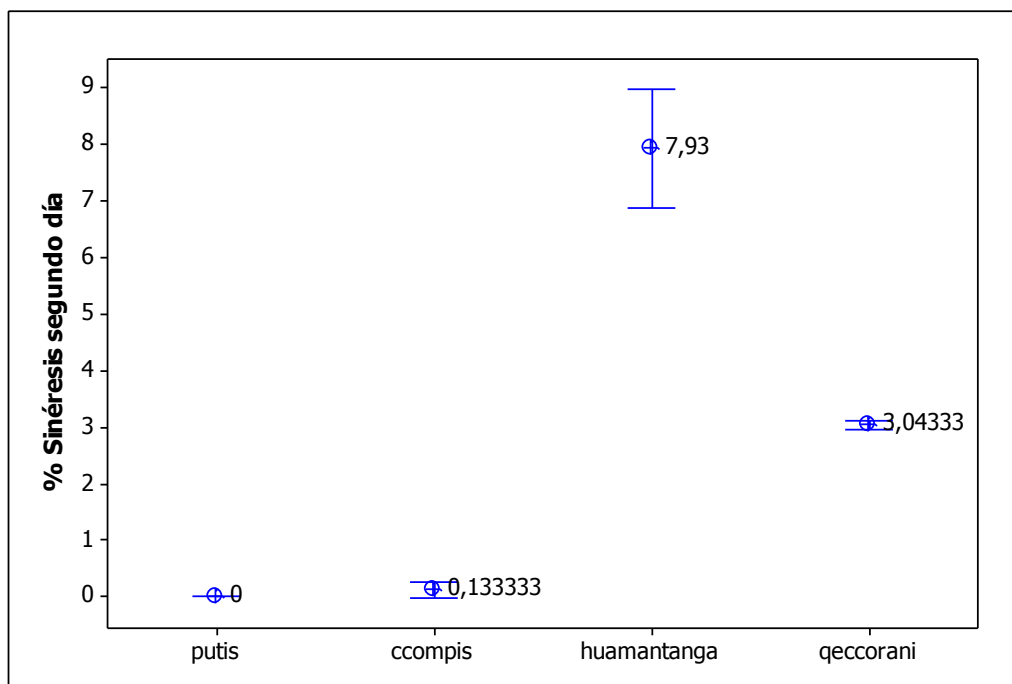
El comportamiento químico dentro del gel es cuando se cierran las moléculas de amilopectina y esto ocasiona que se expulsen las moléculas de agua (Santa Cruz et al., 2003). El almidón de la variedad Putis, desde el primer día presento menor sinéresis, presentando mayor estabilidad a los ciclos de congelación y descongelación; es decir tiene mejor estabilidad.

De la misma manera sucede en el segundo día Figura (26), a diferencia que la variedad Putis ya no presenta sinéresis, con relación a las demás variedades.

Como se observa en la Figura (26), el almidón de la variedad Huamantanga aún sigue presentando mayor sinéresis, seguida de la variedad Qeccorani; el almidón de la variedad Ccompis y Putis quienes al segundo día prácticamente ya no presentan sinéresis al segunda día. Esto se debe a que las cadenas de amilopectina se van cerrando conforme va pasando el tiempo, lo que impide que haya salida de agua, algo que no sucede al inicio (Yuan & Thompson, 1998). Las moléculas no se cierran todas al mismo tiempo, por lo que siempre habrá una cantidad de agua liberada del gel; mientras transcurre el tiempo de



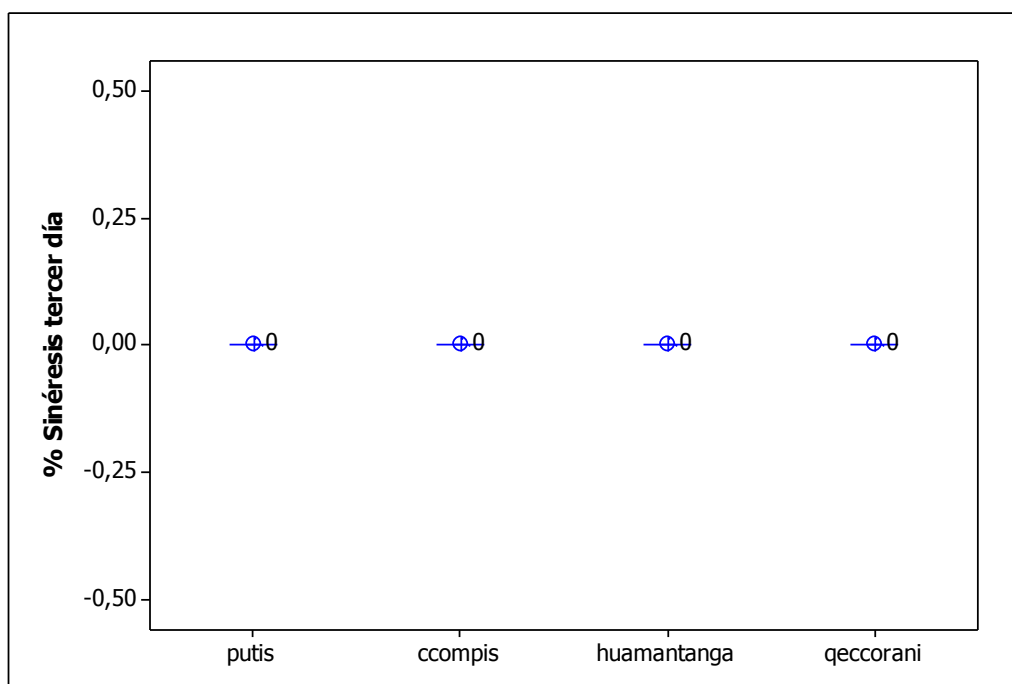
almacenamiento las moléculas se cerraran por completo, lo que ocasionará que no haya más expulsión de agua (Santa Cruz et al., 2003).



**Figura 26:** Diagrama de medias para el segundo día.

Los cristales de hielo dañan la estructura de las muestras que se encuentran en congelación, formando grietas después de un tiempo de mantenerse en almacenamiento. Generalmente, esto ocasiona un daño en el gel, lo que hace que éste vaya perdiendo agua y en el momento de someterlo a procesos de centrifugación no exista sinéresis (Thoufeek Ahamed et al., 1996).

Con respecto a los ciclos, el porcentaje de sinéresis fue más predominante en los dos primeros ciclos. Esto se puede dar por cambios dentro del gel, el gel de almidón se vuelve más elástico y más rígido. Un aumento en la rigidez ocasiona que el gel sea más resistente a deformaciones ocasionadas por el proceso de centrifugación y le da una mayor habilidad de volver a su forma original después de ser centrifugado (Yuan & Thompson, 1998). El tercer (Figura 10), cuarto y quinto día de congelación no hubo sinéresis en ninguna de las muestras, apreciándose así que los almidones de estas cuatro variedades presentan buena estabilidad a la congelación y descongelación.



**Figura 27:** diagrama de medias para el tercer día.

Los resultados obtenidos indican que los almidones de las variedades de papa nativa tienen buena capacidad para retener moléculas de agua, propiedad que convierte a estos almidones en ingredientes ideales para la preparación de alimentos sometidos a procesos de congelamiento y descongelamiento, debido a que estos polímeros presentan menor grado de sinéresis (mayor estabilidad) y por ende, contribuyen a conservar las características sensoriales (Solorza, Jimenez, Arenas, & Bello Pérez, 2002).

## CONCLUSIONES

- Los almidones de las cuatro variedades de papa nativa presentaron diferencias significativas en las propiedades físicas, donde el almidón de la variedad Qeccorani fue quien presentó mayor contenido de humedad y presentó gránulos de mayor tamaño al igual que el almidón de la variedad Huamantanga, los gránulos más grandes presentaron forma elíptica, mientras que los gránulos pequeños presentaron forma circular.
- Con respecto a las propiedades químicas del almidón de las cuatro variedades de papa nativa permitió conocer la composición del mismo, donde el almidón de la variedad Huamantanga presentó valores elevados de proteína y lípidos a diferencia de los demás almidones. Lo mismo sucedió con el almidón de la variedad Ccompis quien tiene rangos elevados de fibra, ceniza y carbohidratos. En relación al pH el almidón de la variedad Huamantanga tuvo un ligero comportamiento básico y la acidez fue igual estadísticamente para todos los almidones. Y finalmente el contenido de amilosa y amilopectina; los almidones de la variedad Huamantanga y Qeccorani son las que presentaron mayor contenido de estos dos polímeros.
- Las pruebas tecno-funcionales permitieron conocer el comportamiento de los almidones para su posible aplicación en la industria de alimentos, la variedad Ccompis fue quien presentó la mayor temperatura de gelatinización; el almidón de la variedad Qeccorani es quien presentó mejor claridad, en tanto en el IAA y PH los almidones de las variedades Huamantanga, Qeccorani y Putis fueron estadísticamente iguales, presentando mejores resultados, mientras que el ISA no presentó diferencia; el alto IAA; PH y bajo ISA indican que los almidones de este estudio tienen una alta calidad. La mayor viscosidad la presentó la variedad Qeccorani.
- Al medir la estabilidad congelación/descongelación de los almidones de papa nativa que fueron sometidos a 5 ciclos de estudios la cantidad de agua liberada dependió del almidón y del tiempo de congelación al que fueron sometidas las

muestras. El almidón de las cuatro variedades de papa nativa formó un gel firme los cuales presentaron porcentajes de sinéresis altos en el primer día, con el paso del tiempo el porcentaje de sinéresis fue disminuyendo hasta que ninguna de las muestras perdió agua, evidenciando así, que estos almidones tienen buena estabilidad a la congelación/descongelación.

- En este estudio muestra que existen diferencias en el comportamiento de las propiedades tecno-funcionales del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, la diferencia se debe a la relación amilosa/amilopectina, el tamaño de los gránulos de almidón y algunas propiedades químicas como el contenido de lípidos; el almidón de la variedad Qeccorani es quien presenta mejores propiedades tecno-funcionales, como contenido de amilosa alto IAA, PH y bajo ISA, mejor claridad de pastas, alta viscosidad.

## RECOMENDACIONES

- Analizar el contenido de fósforo en el almidón de papa nativa, porque es un elemento importante para determinar las propiedades tecno-funcionales.
- Complementar la determinación de la viscosidad de estos almidones con un estudio más detallado de la viscosidad en función a la temperatura por medio del viscoamilógrafo de Brabender.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- (AOAC), A. d. (1997). Métodos oficiales de análisis.
- (ISI), I. i. (13 de setiembre de 1999). Determinación de la acidez del almidón. Dinamarca.
- (ISI), I. i. (7 de Octubre de 2002). Determinación de la viscosidad por Brookfield. Dinamarca.
- Norma Técnica Peruana 209.067. (1974). Lima: Determinación de humedad.
- Norma Técnica Peruana 209.069. (1974). Lima: Determinación de pH.
- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada Mendoza, M. (2008). Análisis fisico-químico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información Tecnológica*, 19-28.
- Amriptal, K., Narpinder, S., Rajrathnam, E., & Harmeet, S. G. (2007). Propiedades fisico-químicas y térmicas del almidón extraído de diferentes cultivares de papa de diferentes lugares. *Química de los alimentos*, 643-651.
- Anderson, R. A. (1982). Absorción de agua y solubilidad característico de los productos de grano pequeño recién preparado. *La química de los cereales.*, 265-269.
- Andino, C. (2008). Estabilidad congelación/descongelación y análisis de textura de mezclas de almidones andinos (tesis de grado). 2008, Universidad San Francisco.
- Angulo Paredes, D. I., & Montenegro Villavicencio, E. S. (2006). Estudio técnico en la elaboración de papa pre-cocida congelada, puré y tortillas de papa a partir de tres variedades de papas nativas ecuatorianas. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ao, Z., & Jane, J. (2007). Caracterización y modelado de los A y B almidones granulares de trigo y cebada. *Polímeros y carbohidratos*, 46-55.

- Aristizabal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163., 1-120.
- Badui Dergal, S. (2001). Química de los alimentos. México.: Pearson.
- Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos. México.: Pearson.
- Barrios. (1989). Fundamentos de secado en productos agropecuarios. Trabajo de ascenso para la universidad de los andes, Venezuela.
- Bello Pérez, L. A., Contreras, S., Romero, R., Solorza, J., & Jimenez, A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (*Musa paradisiaca* L. Variedad Macho). Agro-ciencia, 169-180.
- Bello Pérez, L. A., Pano de León, Y., Agama, E., & Paredes, O. (1998). Aislamiento y caracterización parcial de amaranto y plátano. Almidones., 409-413.
- Betancurt, A., & Novelo, C. (2005). Propiedades químicas y funcionales de mezclas de almidones de (*Phaseolus lunatus* y *Manihot esculenta*). Almidones, 431-441.
- Beymun G, M. A., & Roels, J. A. (1985). Tecnología de conversión del almidón. Nueva York: Marcel Dekker.
- Carrera Carazas, L. E. (1996). Obtención y caracterización del almidón de Pijuayo (*Guilielma garipaes* H. B. K bailej) (tesis de grado.). Universidad Agraria La Molina, Lima.
- Cenzano Mayorca, E. J. (1996). Extracción y caracterización de los almidones de tres clones de Achira (*Canna indica* L.) (tesis de grado). Universidad Agraria La Molina, Lima.
- Chavéz, L., & Osuna, L. (2000). Evaluación y propuesta de optimización de la línea de almidón para la empresa productos alimenticios margarita S.A. (tesis de grado). Universidad de la Salle, Bogotá.

- Craig, S. A., Maningat, C. C., Seib, P. A., & Hosney, R. C. (1989). El almidón: claridad. *Química del cereal.*, 173-182.
- Debet, R. M., & Gidley, J. M. (2006). Tres clases de almidón; hinchazón del gránulo; influencia de proteínas de superficie y lípidos. *Los polímeros de hidratos de carbono*, 452-465.
- Espinosa Solís, V. (2008). Estudios estructurales de almidón de fuentes no convencionales: mango (*Mangifera indica* L.) y plátano (*Musa paradisiaca* L.) (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Yautepec.
- Espinoza Muñoz, R. A. (2012). Relación entre en contenido de fósforo y algunas propiedades térmicas y reológicas en almidón de papa nativa de Chiloé (tesis de grado). Universidad Austral de Chile, Chile.
- Federico, K. (1968.). Tratado de química orgánica. Barcelona, España.: Reverté.
- Ferreras Charro, R. (2009). Análisis reológicos de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo (tesis de maestría). Universidad de Salamanca, España.
- Fortuna, T., Januszewska, R., Juszczak, L., Kielski, A., & Palasinski, M. (2000). La influencia de las características de los poros del almidón en el comportamiento de la pegajosidad. *Revista internacional de ciencia y tecnología de alimentos*, 285-291.
- García Zaragoza, f. J. (2009). Estudio comparativo del efecto de la adición de almidón modificado en un pan tipo "muffin" horneado en microondas y convencionalmente (tesis de maestría). Insituto Politécnico Nacional, México.
- Garnica H., A. M., Romero B., Á. R., Cerón L., M. d., & Prieto Contreras, L. (2010). Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie *andigena*) para la industria de los alimentos. *CORPOICA*, 41-51.



- Gijarro Vega, C. (2008). Propuesta gastronómica mediante la utilización de las diez principales variedades de papa nativa que se cultivan en la provincia del Cotopaxi (tesis de grado). Universidad tecnológica equinoccial, Quito.
- Gómez, R., Roca, W., & Ordinola, M. (2008). Papas Nativas: Catálogo de variedades y usos gastronómicos. Revista del Centro Internacional de la Papa., 2-46.
- Grace, M. R. (1977). Elaboración de la yuca. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO)., 116.
- Graziano, T., Machado de Campos, D., & Figueiredo Ribeiro, R. (1992.). Caracterización de almidones de (*Xanthosoma sagittifolium* L. y *Schott Araceae*) de sistemas subterráneos durante el desarrollo de la planta. . Asociación de fisiología y bioquímica de plantas, instituto de botánica.
- Guízar Miranda, A. (2009). Obtención y caracterización física y química del almidón de “camote de cerro” (*Dioscorea* spp.) (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Michoacan.
- Guízar Miranda, A., Montañez Soto, J. L., & García Ruíz, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* ssp). Revista iberoamericana de tecnología postcosecha., 81-88.
- Gutiérrez Freire, V. H. (1980). Inventario y valor nutritivo de las principales especies forrajeras de la provincia de Carchi (tesis de grado). Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. México: Mc Graw Hill.
- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán. Revista de ciencia y tecnología de alimentos.

- Hoover, R. (2001). Composición, estructura molecular y las propiedades físico-químicas de los tubérculos de raíces. Almidones: carbohidratos y polímeros., 253-267.
- Hoover, R. (2002). Efecto del tratamiento de calor, humedad en la estructura y las propiedades físico-químicas de los almidones de raíz . Carbohidratos y polímeros, 425-437.
- Howling, D. (1980). La influencia de la estructura del almidón en sus propiedades reológicas. Química de los alimentos, 51-56.
- Hwang, J., & Kokini, I. (1992). Contribución de las ramas laterales para las propiedades reológicas de las pectinas. Carbohidratos y Polímeros., 41-50.
- Imberty, A., Changzy, H., & Pérez, S. (1988). La naturaleza helicoidal doble de la parte cristalina del almidón. Diario de la biología molecular, 365-378.
- Jane, J. L., Kasemsuwan, T., Leas, S., Zobel, H., & Darien, I. L. (1994). Antología del granulo de almidón, morfología por scanning , microscopía. Almidón , 121.
- Jayakody, L., Hoover, R., Lui, Q., & Weber, E. (2005). Los estudios sobre los almidones de tubérculos: estructura y propiedades físicoquímicas de almidón de Innala (*Solenostemon tonrundifolius*) crecido en lanka. Investigación internacional de alimentos., 615-629.
- Kaur, A., Singh, N., Ezequiel, R., & Guraya, H. S. (2007). Propiedades físico-químicas y térmicas de almidones separados de diferentes variedades de papa cultivadas en diferentes lugares. Químicas de los Alimentos., 643-651.
- Lai, L. S., & Kokini, J. (1991). Propiedades físico-químicas, reológicas del almidón y cambios durante la extrusión. Los avances de la biotecnología., 251-266.

- Lajalo, F., & Wenzel, E. (2006). Carbohidratos en alimentos regionales.
- Landires Gaspar, D. G., Márquez Borbor, G. C., & Cornejo, F. (2013.). Análisis del contenido amilosa-amilopectina en seis variedades de arroz. *Revista científica.*, 1-7.
- Lawal, O., & Adebowale, K. (2005). Características fisico-químicas y las propiedades térmicas de frijol Jack modificado químicamente (*Canavalia ensiformis*). *Almidón*, 331-341.
- Lindeboom, N., Chang, P., & Tyler, R. (2004). Aspectos analíticos, bioquímicos y fisicoquímicos de tamaño de los granulos de almidon, con énfasis en los pequeños almidones granulares. *Almidon*, 89-99.
- Lizarazo Hernández, S. P. (2013). Evaluación técnico económica de la producción de bioetanol a nivel experimental a partir de almidón de papa en el departamento de Boyacá (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Lorenzo, P. (1993). Determinación de algunos componentes químicos relacionados con la calidad de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Serie de cultivos.*, 132-134.
- Lovedeep, K., Narpinder, S., & Navdeep, S. S. (2002). Algunas propiedades del almidón de patatas: propiedades morfológicas, reológicas y termales. *Química de los alimentos*, 183-192.
- Maldonado, L., Ordinola, M., Manrique, K., Fonseca, C., Sevilla, M., & Delgado, O. (2011). Estudio de caso: evaluación de impacto de la intervención del proyecto INCOPA/CAPAC en Andahuaylas. *Revista del Centro Internacional de la Papa*, 5-75.
- Marínn Herbert, E. (2013). Extracción, caracterización y modificación de almidón de plátano (*Musa sapientum*) variedad Roatán, producto de desecho post-cosecha de la zona de vega de Alatorre Veracruz. facultad de ciencias químicas, Universidad Veracruzana: Veracruz.

- Mishra, S., & Rai, T. (2006). Morfología y propiedades funcionales de almidones de maíz, papa y tapioca. *Alimentos e hidrocoloides.*, 557-566.
- Moorthy, S. (2002). Propiedades fisico-químicas y funcionales de los almidones de tubérculos tropicales. *El almidón*, 559-592.
- Mua, J. P., & Jackson, D. S. (1997). Estructura fina de la amilosa de maíz y la fricción de la amilopectina con diversos pesos moleculares. 3840-3847.
- Naranjo Gallardo, D. G., & Pazmiño Calvopiña, O. S. (2010). Plan de comercio exterior y negocios internacionales para la exportación del almidón de yuca a Bogotá (tesis de grado). Escuela Politécnica del Ejército, Colombia.
- Novelo Cen, L., & Betancur Ancona, D. (2005). Propiedades químicas y funcionales de almidones de (*Phaseolus lunatus* y *Manihot esculenta*). *Almidones.*, 431-441.
- Ortega, E., Gonzales, L., & Osorio, M. (2005). La biodiversidad ancestral de las papas nativas: su contribución a la diversificación de productos para los pequeños productores alto andinos. *Revista digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela.*, 35-57.
- Ortíz, E., & Hernández, H. (1985). Algunas afectaciones producidas por los factores climáticos, efectos de la fertilización nitrogenada. Respuesta a las labores en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) cultivos tropicales.
- Pardo, C. O., Castañeda, J. C., & Ortiz, C. A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronómica*, 289-295.
- Paredes López, O., Barba de la Rosa, A. P., Hernández López, D., & Carabes Trejo, A. (1990). Características alimentarias y agroindustriales. Secretaría general de los estados americanos.

- Porras, P., & López, G. Y. (2005). Guía ambiental para el cultivo de papa. Revista Fedepapa, 1-23.
- Quilca Burga, N. E. (2007). Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar su usos futuros. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Ramírez Suárez, L. M., Zárate Polanco, L. M., & Otárola Santamaría, N. A. (2011). Caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*) para su aplicación en derivado cárnico (tesis de grado). Bogotá, Universidad de la Salle.
- Reinoso, I., & Thiele, G. (2005). Las papas nativas en el Ecuador: estudios cualitativos sobre oferta y demanda. Revista del Centro Internacional de la Papa., 1-23.
- Reyes Javier, P. (2007). Aislado y caracterización fisicoquímico del almidón de Kiwicha (*Amaranthus caudatos* L.) (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Ríos Ríos, K. L. (2014). Análisis comparativo de las propiedades físico-químicas y nutrimentales del almidón obtenido a partir de dos especies de Malanga (*Colocasia antiquorum* y *Colocasia esculenta*) cultivadas en el estado de Oaxaca (tesis de grado). Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.
- Roberts, T. (1997). Papel del fósforo y del potasio en el establecimiento de los cultivos. información agronómica., 1-4.
- Robles Oñate, M. d. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. Universidad Austral de Chile, Chile.
- Rodríguez Marín, M. L. (2009). Efecto de tres agentes entrecruzantes sobre las propiedades fisicoquímicas y características morfológicas del almidón de plátano (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Yautepec.

- Romero Bernal, Á. R., & Garnica Holguin, A. M. (2009). Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Universidad de la Salle, Bogotá.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Owen, S. C. (2003). Manual farmacéutico. Farmaceutica, London., 725.
- Sánchez Gonzáles, I. (2007). Propiedades fisicoquímicas de almidones catiónicos elaborados por extrusión (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.
- Sangeetha, M. (2006). Propiedades morfológicas y funcionales de almidones de maíz, papa y tapioca. Alimentos hidocoloides., 557-566.
- Santa Cruz, S. S., Ruales, J., & Eliasson, A. C. (2003). Tres fuentes de almidón de la región baja andina del Ecuador: Caracterización reológica. Carbohidratos y Polímeros., 85-92.
- Seib, P. A., & Stearns, M. (1972). El procesamiento de extrusión del cereal del trigo. Ciencia del almidón, 92-102.
- Singh, J., & Kaur, L. (2009). Avances en química y tecnología de papa. Prensa académica., 92-107.
- Singh, J., & Singh, N. (2003). Estudios sobre las propiedades morfológicas y reológicas del almidón granular, soluble en agua fría. Almidones de maíz y papa, 63-72.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh, N., & Singh, B. (2003). Morfología, propiedades térmicas y reológicas de los almidones de diferentes fuentes botánicas. Química de los alimentos., 219-231.
- Solorza, F. J., Jimenez, A. A., Arenas, O. M., & Bello Pérez, L. A. (2002). Reología del almidón de (*Okenia hypogaea*) en dispersiones y soluciones de DMSO. Almidón, 198-202.

- Soriano Colchado, J. L. (1986). Obtención y caracterización de almidón pre gelatinizado a partir de almidón de yuca (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Surco Lao, Felipe Artemio. (2004). Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: mashuaa (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación (tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Tarazona de Rodríguez, G., & Cenzano Mayorca, E. J. (2002). Extracción y caracterización de los almidones de tres clones de Achira (*Canna indica* L.). Anales científicos UNALAM, 336-355.
- Tarazona Reyes, G. M. (1995). Características físicas, químicas y nutricionales de los almidones de los seis clones de camote (*Ipomea batata* L. law) (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Tester, F. R., Karkalas, J., & Qui, X. (2004). El almidón composición, estructura fina y la arquitectura. Ciencia cereales, 151-165.
- Tester, R. F., & Morrison, W. R. (1990). Hinchazón y la gelatinización de los almidones de cereales y efectos de amilopectina, amilosa y lípidos. La química de los cereales., 551-557.
- Thoufeek Ahamed, N., Singhal, R. S., Pushpa R., K., & Palb, M. (1996). Propiedades fisico-químicas y funcionales de almidón de (*Chenopodium quinoa*) . Carbohidratos y Polímeros, 99-103.
- Torres, A., Duran, M., & Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). Ciencias e ingeniería al día, 29-38.
- Utrilla Coello, R. G. (2007). Caracterización fisicoquímica, morfológica y bioquímica de los gránulos de almidón de maíz azul. Intituto Politécnico Nacional, Yautepec.

- Utrilla Coello, R. G., Agama Acevedo, E., Rodríguez Ambriz, S. L., & Bello Pérez, L. A. (2007). Estudio de la separación de los gránulos de almidón. . IX Congreso de ciencia de los alimentos y V Foro de ciencia y tecnología de alimentos.
- Vaclavick, V. (1998). Almidones en los alimentos en fundamentos de la ciencia de los alimentos. España: Acribia.
- Vaclavick, V. A. (2002). Fundamentos de la ciencia de los alimentos. España: Editorial Acribia Zaragoza.
- Villacrés, E., & Espín, S. (1999). Evaluación del rendimiento, características y propiedades del almidón de algunas raíces y tubérculos andinos. EN T. Fairlie, M. Morales Bermudéz, & M. Holle, Raíces y tubérculos andinos (págs. 25-37). Lima-Perú.
- Villagra, A. A. (2010). Almidón retrogradado en el tratamiento dietoterápico de la diabetes mellitus tipo 2 (tesis de grado). Universidad ISALUD, Argentina.
- Waniska, R. D., & Gómez, M. H. (1992). Comportamiento de dispersión del almidón. Alimentos funcionales., 110-118.
- Williams, P. C., & Lee Scelleur, G. C. (1970). Cereales. La ciencia de hoy., 4-9.
- Wolfgang, B., Wili, H. W., & P, G. (1999). Tecnología de la fécula de patata. Almidón.
- Yuan, R. C., & Thompson, D. B. (1998). Estabilidad congelación/descongelación de tres almidones de maíz ceroso, medidos por centrifugación y calorimetría. Química de los cereales., 571-573.
- Yuan, Y., Zhang, L., Dai, Y., & Yu, J. (2007). Propiedades fisicoquímicas del almidón obtenido de (*Dioscorea nipponica*) y comparación con otros almidones de tubérculos. Diario de ingeniería de alimentos, 436-442.



- Zanial, A., Noor Fadzlina, A. A., Karim, T., & Teng, T. (2005). Propiedades fisicoquímicas del carboximetilados sagú. *Revista de química de los alimentos y toxicología*, 560-567.
- Zarate Polanco, L., Ramírez Suárez, L., Otárola Santamaría, N., Prieto, L., Garnica Holguin , A., Cerón Lasso, M., y otros. (2014). Extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo *Phureja*). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.
- Zheng, G. H., & Soluski, F. W. (1998). Determinación de sinéresis de la fécula cocida y harina gelificada después de la refrigeración y descongelación. *Revista de ciencia de alimentos.*, 136-139.

# **ANEXOS**

## ANEXO 01: METODOLOGÍA PARA DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN.

### 1. Metodología para la determinación de cenizas.

Se utilizó metodología de la AOAC (Asociación de químicos analíticos oficiales) 1997.

#### Procedimiento

- Se pesó con exactitud en una balanza analítica 2 g de muestra en una cápsula de porcelana previamente tarada.
- Se llevó a una mufla a 300°C aproximadamente, la muestra se calcinó completamente aumentando la temperatura hasta 550 °C por 4 horas.
- Transcurrido este tiempo, se apagó la mufla y se esperó a que la temperatura bajar a hasta 120°C aproximadamente.
- Entonces se retiró el crisol con el residuo (cenizas) y se colocó en un desecador.
- Por último al cabo de por lo menos 40 minutos el crisol alcanza la temperatura ambiental, y se determinó el peso de las cenizas en una balanza analítica.
- Los resultados se expresaron en % de cenizas mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P_1 - P_2}{P_m} \times 100$$

#### Dónde:

$P_1$ : Peso en gramos del crisol con cenizas.

$P_2$ : Peso en gramos del crisol vacío.

$P_m$ : Peso en gramos de la muestra

## 2. Metodología para determinación de proteínas.

Se utilizó metodología de la AOAC (Asociación de químicos analíticos oficiales) 1997.

### Procedimiento

- Se pesó 0.5 g de almidón y se colocaron en un frasco digestor.
- Luego se añadieron 8 ml de ácido sulfúrico concentrado y posteriormente 0,20 g de catalizador (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub>).
- La muestra se colocó en una cabina de extracción para realizar la digestión, este proceso duro hasta cuando la solución tomó un color verde manzana transparente.
- Posteriormente se dejó enfriar, y se le adicionaron 150 mL de agua aproximadamente, 14 mL de hidróxido de sodio al 50 % y se destiló por 40 minutos.
- El destilado se recogió en 6 mL de ácido bórico al 4% el cual tenía una solución indicadora mixta (rojo de metilo-azul de metileno).
- Una vez terminada la destilación, se valoró la solución con ácido sulfúrico 0.02 N.
- Los resultados se expresaron en % de Nitrógeno mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteína: } \frac{V \times N \times 1,4}{g \text{ de muestras}}$$

#### Dónde:

**V:** Volumen de Ácido Sulfúrico Gastado en la valoración.

**N:** Normalidad del Ácido.

**% proteína = %N x Factor.**

Factor: 6.25

### 3. Metodología para determinación de grasa.

Se utilizó metodología de la AOAC 1997.

#### Procedimiento

- Se pesaron 100 g de almidón en un cartucho de papel filtro.
- Se transfirió a un equipo Soxhlet, y se le adicionó solvente suficiente para extraer las grasas en un balón previamente tarado.
- Este proceso se llevó a cabo durante una hora, luego se evaporó el solvente del balón y se pesó con el contenido de grasa extraído.
- Los resultados se expresaron en % de grasa mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa: } \frac{P_2 - P_1}{P_m} \times 100$$

#### Dónde:

$P_1$ : Peso en gramos del balón recolector vacío que hace parte del equipo extractor.

$P_2$ : Peso en gramos del balón que contiene la grasa extraída.

$P_m$ : Peso en gramos de la muestra.

### 4. Metodología para determinación de fibra cruda.

Se utilizó metodología de la AOAC (Asociación de químicos analíticos oficiales) 1997.

#### PROCEDIMIENTO

- Se pesaron 2g de almidón en un vaso de precipitado y se desengrasó con éter.
- Se agregaron 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25% caliente y se sometió a reflujo durante 30 minutos.
- Se filtró en caliente a través de una tela en un buchner, se lavó con agua caliente hasta eliminación de la reacción ácida.

- Se regresó el material al vaso de precipitado, donde se adicionaron 200 mL de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 1.25%.
- Se calentó por otros 30 minutos, al cabo de los cuales filtro de nuevo a través de la tela.
- Se lavó con agua caliente hasta la eliminación de la reacción alcalina.
- Luego se filtró el residuo a través de un crisol de Gooch, previamente preparado con asbesto.
- Se llevó el crisol y su contenido a una estufa cerrada y dejándose secar hasta peso constante a una temperatura que no paso de 110°C, se enfrió y peso.
- Finalmente se calcinó el crisol y su contenido a una mufla a (550°C) de una a dos horas.
- La diferencia de pesado antes y después de la calcinación, representa la FIBRA CRUDA de la muestra.
- Los resultados se expresaron % de fibra cruda mediante la siguiente fórmula:

$$\% FC = \frac{P_1 - P_2}{P_m} \times 100$$

**Dónde:**

$P_1$ : Peso en gramos del crisol calcinado.

$P_2$ : Peso en gramos del crisol vacío.

$P_m$ : Peso en gramos de la muestra

**RESULTADO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN DE LAS CUATRO VARIEDADES DE PAPA NATIVA.**

**ANEXO 02: PORCENTAJE DE HUMEDAD.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	10,22	10,20	10,21
Huamantanga	10,79	10,80	10,82
Putis	10,92	10,90	10,87
Qeccorani	11,20	11,20	11,21

**ANEXO 03: TAMAÑO DE LOS GRÁNULOS DE ALMIDÓN, PARA EL EJE MAYOR Y MENOR.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>		<b>R2</b>		<b>R3</b>	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
Ccompis	25,07 µm	9,89 µm	35,36 µm	24,00 µm	29,70 µm	19,27 µm
Huamantanga	54,99 µm	35,24 µm	54,22 µm	33,36 µm	65,85 µm	36,66 µm
Putis	32,58 µm	20,65 µm	49,91 µm	29,84 µm	32,36 µm	25,81 µm
Qeccorani	35,40 µm	26,16 µm	47,19 µm	29,00 µm	42,41 µm	26,60 µm

**RESULTADO DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE LAS CUATRO VARIEDADES DE PAPA NATIVA.**

**ANEXO 04: PORCENTAJE DE PROTEÍNAS.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	0,69	0,67	0,65
Huamantanga	0,83	0,82	0,81
Putis	0,34	0,33	0,29
Qeccorani	0,19	0,22	0,21

**ANEXO 05: PORCENTAJE DE LÍPIDOS.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	0,04	0,06	0,06
Huamantanga	0,05	0,07	0,06
Putis	0,03	0,03	0,02
Qeccorani	0,04	0,04	0,02

**ANEXO 06: PORCENTAJE DE FIBRA.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	0,04	0,03	0,03
Huamantanga	0,01	0,02	0,02
Putis	0,01	0,01	0,02
Qeccorani	0,03	0,03	0,02

**ANEXO 07: PORCENTAJE DE CENIZA.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	0,23	0,25	0,22
Huamantanga	0,2	0,23	0,22
Putis	0,14	0,13	0,11
Qeccorani	0,07	0,08	0,09



**ANEXO 08: PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	88,78	88,92	88,83
Huamantanga	88,12	88,08	88,07
Putis	88,56	88,61	88,69
Qeccorani	88,47	88,46	88,45

**ANEXO 09: ACIDEZ (meq de ácido láctico/ g de almidón).**

meq de ácido láctico /g de almidón			
<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	0,00495	0,00540	0,00540
Huamantanga	0,00495	0,00540	0,00450
Putis	0,0045	0,00450	0,00495
Qeccorani	0,00495	0,00540	0,00540

**ANEXO 10: pH.**

<b>Variedad</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	6,39	6,39	6,41
Huamantanga	6,95	6,93	6,92
Putis	6,18	6,18	6,2
Qeccorani	6,33	6,28	6,29

**ANEXO 11: PORCENTAJE DE AMILOSA Y AMILOPECTINA.**

<b>Variedades</b>	Amilosa			Amilopectina		
	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	32,10	33,34	32,62	67,90	66,66	67,38
Huamantanga	40,67	40,16	39,85	59,33	59,84	60,15
Putis	38,30	37,48	38,82	61,70	62,52	61,18
Qeccorani	40,06	40,37	40,37	59,94	59,63	59,63

**RESULTADO DE LAS PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE LAS CUATRO VARIEDADES DE PAPA NATIVA.**

**ANEXO 12: TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN (°C).**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	71,3	70,9	70,5
Huamantanga	64,4	64,3	64,5
Putis	63,8	63,7	64,1
Qeccorani	64,5	64,2	64,4

**ANEXO 13: PORCENTAJE DE TRANSMITANCIA PARA LA CLARIDAD DE PASTAS.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	63,3	66,9	62,5
Huamantanga	57,5	58,6	63,7
Putis	72,5	74,9	76,1
Qeccorani	84,7	78,1	77,9

**ANEXO 14: VISCOSIDAD (cP).**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	11640	11640	11560
Huamantanga	10560	10520	10560
Putis	9960	9960	9960
Qeccorani	12240	12280	12280

**ANEXO 15: ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (g gel/ g muestra).**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	6,368	6,325	6,304
Huamantanga	10,128	10,69	10,016
Putis	9,216	9,28	9,536
Qeccorani	9,328	9,067	7,68

**ANEXO 16: ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA (g soluble/g muestra).**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	2,06	2,03	2,01
Huamantanga	2,55	2,54	2,61
Putis	2,26	2,34	2,76
Qeccorani	2,92	2,87	2,76

**ANEXO 17: PORCENTAJE DEL PODER DE HINCHAMIENTO.**

<b>Variedades</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	6,41	6,35	6,38
Huamantanga	10,29	10,3	10,17
Putis	9,32	9,45	9,69
Qeccorani	9,47	9,55	7,77

**ANEXO 18: PORCENTAJE DE SINÉRESIS DEL ALMIDÓN DEL PRIMER Y SEGUNDO DÍA.****Primer día.**

<b>Variedad</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	4,4	4,5	4,5
Huamantanga	15,6	15,8	15,4
Putis	0,0	0,1	0,1
Qeccorani	16,0	15,1	15,9

**Segundo día.**

<b>Variedad</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ccompis	0,10	0,20	0,10
Huamantanga	8,35	7,93	7,51
Putis	0	0	0
Qeccorani	3,06	3,01	3,06

## ANEXO 19: ANOVA Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE HUMEDAD.

**ANOVA** para el porcentaje de humedad.

Fuente	Suma de cuadrados	<i>G</i> / <i>I</i>	Media de cuadrados	$F_{cal}$	<i>p</i> -value	$F_{crit}$
Tratamiento	1.5548	3	0.5183	2073	7E-12	4.0662
Error	0.002	8	0.0003			
Total	1.5568	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de humedad.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Ccompis	3	10.21	X
Huamantanga	3	10.8033	X
Putis	3	10.8967	X
Qeccorani	3	11.2033	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga	*	-0.593333	0.0297705
Ccompis – Putis	*	-0.686667	0.0297705
Ccompis – Qeccorani	*	-0.993333	0.0297705
Huamantanga – Putis	*	-0.093333	0.0297705
Huamantanga – Qeccorani	*	-0.4	0.0297705
Putis – Qeccorani	*	-0.306667	0.0297705

\*indica una diferencia significativa.

## ANEXO 20: ANOVA Y LSD PARA EL TAMAÑO DE LOS GRÁNULOS DE ALMIDÓN PARA EL EJE MAYOR Y MENOR.

**ANOVA** para el eje mayor de los gránulos de almidón.

Fuente	Suma de cuadrados	<i>g</i> / <i>I</i>	Media de cuadrados	$F_{cal}$	<i>p</i> -value	$F_{crit}$
Tratamiento	1414.98	3	471.66	128.38	4.2E-07	4.07
Error	29.39	8	3.67			
Total	1444.37	11				

**ANOVA** para el eje menor de los gránulos de almidón.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	355.37	3	118.46	66.19	5.4E-06	4.07
Error	14.32	8	1.79			
Total	369.69	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el eje mayor de los gránulos.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Ccompis	3	26.80	X
Putis	3	33.95	X
Qeccorani	3	46.00	X
Huamantanga	3	55.02	X
Contraste		Sig.	Diferencia +/- Límites
Ccompis – Huamantanga		*	-28.22 3.60901
Ccompis – Putis		*	-7.15 3.60901
Ccompis – Qeccorani		*	-19.2 3.60901
Huamantanga – Putis		*	21.07 3.60901
Huamantanga – Qeccorani		*	9.02 3.60901
Putis – Qeccorani		*	-12.05 3.60901

\* indica una diferencia significativa.

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el eje menor de los gránulos.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Ccompis	3	20.0533	X
Putis	3	24.7367	X
Qeccorani	3	26.2533	X
Huamantanga	3	35.0867	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga	*	-15.0333	2.51882
Ccompis – Putis	*	-4.68333	2.51882
Ccompis – Qeccorani	*	-6.2	2.51882
Huamantanga – Putis	*	10.35	2.51882
Huamantanga – Qeccorani	*	8.83333	2.51882
Putis – Qeccorani		-1.51667	2.51882

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 21: ANOVA Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE PROTEÍNAS.

**ANOVA** para el porcentaje de proteínas.

Fuente	Suma de cuadrados	G/	Media de cuadrados	$F_{cal}$	$p$ -value	$F_{crit}$
Tratamiento	0.749	3	0.2497	696.77	5E-10	4.0662
Error	0.0029	8	0.0004			
Total	0.7519	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de proteínas.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Qeccorani	3	0.206667	X
Putis	3	0.32	X
Ccompis	3	0.67	X
Huamantanga	3	0.82	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga	*	-0.15	0.0356418
Ccompis – Putis	*	0.35	0.0356418
Ccompis - Qeccorani	*	0.46	0.0356418
Huamantanga - Putis	*	0.5	0.0356418
Huamantanga - Qeccorani	*	0.61	0.0356418
Putis – Qeccorani	*	0.11	0.0356418

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 22: ANOVA Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE LÍPIDOS.

ANOVA para el porcentaje de lípidos.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	0.002	3	0.0008	7.556	0.010	4.066
Error	0.001	8	0.0001			
Total	0.003	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de lípidos.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Qeccorani	3	0.0266	X
Putis	3	0.0333	X
Ccompis	3	0.0053	X
Huamantanga	3	0.060	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis - Huamantanga		-0.0066667	0.0188285
Ccompis – Putis	*	0.0266667	0.0188285
Ccompis – Qeccorani	*	0.02	0.0188285
Huamantanga – Putis	*	0.0333333	0.0188285
Huamantanga - Qeccorani	*	0.0266667	0.0188285
Putis – Qeccorani	*	0.1133333	0.0356418

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 23: ANOVA Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE FIBRA CRUDA.

ANOVA para el porcentaje de fibra cruda.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	0.0008	3	0.00025	7.5833	0.0100	4.0662
Error	0.0003	8	0.00003			
Total	0.0010	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de fibra.

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
Putis	3	0.0133	X	
Huamantanga	3	0.0166	X	
Qeccorani	3	0.0266	X	
Ccompis	3	0.0333	X	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis - Huamantanga		*	0.01667	0.0188285
Ccompis - Putis		*	0.02	0.0188285
Ccompis - Qeccorani			0.0066	0.0188285
Huamantanga – Putis			0.003333	0.0188285
Huamantanga - Qeccorani			0.01	0.0188285
Putis – Qeccorani		*	-0.013333	0.0356418

\* indica una diferencia significativa.

#### ANEXO 24: ANOVA Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE CENIZA.

**ANOVA** para el porcentaje de cenizas.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	$F_{cal}$	$p-value$	$F_{crit}$
Tratamiento	0.0481	3	0.0160	80.15	2.6E-06	4.066
Error	0.0016	8	0.0002			
Total	0.0497	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de ceniza.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Qeccorani	3	0.08	X
Putis	3	0.126667	X
Ccompis	3	0.216667	X
Huamantanga	3	0.233333	X



Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga		0.0166667	0.0266275
Ccompis - Putis	*	0.106667	0.0266275
Ccompis - Qeccorani	*	0.153333	0.0266275
Huamantanga – Putis	*	0.09	0.0266275
Huamantanga - Qeccorani	*	0.136667	0.0266275
Putis – Qeccorani	*	0.0466667	0.0266275

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 25: ANOVA Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE CARBOHIDRATO.

**ANOVA** para el porcentaje de carbohidratos.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	0.9058	3	0.302	119.1842	5.6E-07	4.066
Error	0.0203	8	0.003			
Total	0.9261	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de carbohidratos.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Qeccorani	3	88.09	X
Putis	3	88.46	X
Ccompis	3	88.62	X
Huamantanga	3	88.8433	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis - Huamantanga	*	0.753333	0.094768
Ccompis - Putis	*	0.223333	0.094768
Ccompis - Qeccorani	*	0.383333	0.094768
Huamantanga - Putis	*	-0.53	0.094768
Huamantanga – Qeccorani	*	-0.37	0.094768
Putis - Qeccorani	*	0.16	0.094768

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 26: ANOVA y LSD para el pH.

### ANOVA para el pH.

Fuente	Suma de cuadrados	<i>Gl</i>	Media de cuadrados	$F_{cal}$	<i>p-value</i>	$F_{crit}$
Tratamiento	0.985	3	0.328	1094.1	8.6E-11	4.066
Error	0.002	8	0.000			
Total	0.987	11				

### Prueba de rangos múltiples (**LSD**) para el pH.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Qeccorani	3	6.18667	X
Putis	3	6.3	X
Ccompis	3	6.39667	X
Huamantanga	3	6.93333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga	*	-0.536667	0.0326119
Ccompis – Putis	*	0.21	0.0326119
Ccompis – Qeccorani	*	0.0966667	0.0326119
Huamantanga – Putis	*	0.746667	0.0326119
Huamantanga - Qeccorani	*	0.633333	0.0326119
Putis – Qeccorani	*	-0.113333	0.0326119

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 27: ANOVA LA ACIDEZ.

### ANOVA para la acidez.

Fuente	Suma de cuadrados	<i>Gl</i>	Media de cuadrados	$F_{cal}$	<i>p-value</i>	$F_{crit}$
Tratamiento	4.5E-06	3	2,5E-07	2,4	0,13883	4.066
Error	1.5E-05	8	1,01E-07			
Total	2.00E-05	11				

**ANEXO 28:** ANOVA y LSD para el porcentaje de amilosa y amilopectina.

**ANOVA** para el porcentaje de amilosa.

Fuente	Suma de cuadrados	<i>G</i> / <i>I</i>	Media de cuadrados	$F_{cal}$	<i>p-value</i>	$F_{crit}$
Tratamiento	114.81	3	38.27	145.7	2.5E-07	4.07
Error	2.10	8	0.26			
Total	116.91	11				

**ANOVA** para el porcentaje de amilopectina.

Fuente	Suma de cuadrados	<i>G</i> / <i>I</i>	Media de cuadrados	$F_{cal}$	<i>p-value</i>	$F_{crit}$
Tratamiento	114.81	3	38.27	146.13	2.5E-07	4.07
Error	2.10	8	0.26			
Total	116.91	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de amilosa.

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
Ccompis	3	32.687	X	
Putis	3	38.200	X	
Huamantanga	3	40.227	X	
Qeccorani	3	40.267	X	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga		*	-7.54	0.9636
Ccompis – Putis			-5.513	0.9636
Ccompis – Qeccorani		*	-7.58	0.9636
Huamantanga – Putis		*	2.027	0.9636
Huamantanga – Qeccorani			-0.04	0.9636
Putis – Qeccorani		*	-2.067	0.9636

\* indica una diferencia significativa.

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de amilopectina.

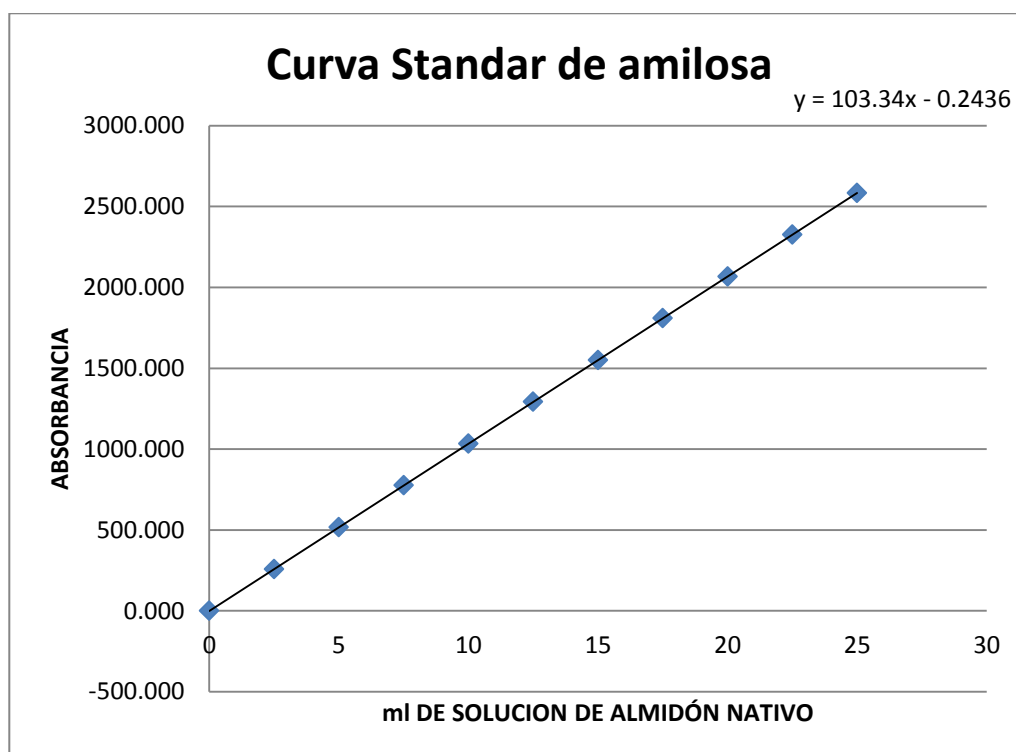
	Casos	Media	Grupos homogéneos
Qeccorani	3	59.733	X
Huamantanga	3	59.773	X
Putis	3	61.800	X
Ccompis	3	67.313	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga	*	7.54	0.9636
Ccompis – Putis		5.513	0.9636
Ccompis – Qeccorani	*	7.58	0.9636
Huamantanga – Putis	*	2.027	0.9636
Huamantanga – Qeccorani		0.04	0.9636
Putis – Qeccorani	*	2.067	0.9636

\* indica una diferencia significativa.

### CURVA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE AMILOSA



## ANEXO 29: ANOVA Y LSD PARA LA TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN.

ANOVA para la temperatura de gelatinización.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	101.2	3	33.73	570.2	1.2E-09	4.066
Error	0.473	8	0.06			
Total	101.7	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), la temperatura de gelatinización.

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
Putis	3	63.8667	X	
Qeccorani	3	64.3667	X	
Huamantanga	3	64.4	X	
Ccompis	3	70.9	X	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga		*	6.5	0.457988
Ccompis – Putis		*	7.03333	0.457988
Ccompis – Qeccorani		*	6.53333	0.457988
Huamantanga – Putis		*	0.53333	0.457988
Huamantanga – Qeccorani			0.03333	0.457988
Putis – Qeccorani		*	-0.5	0.457988

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 30: ANOVA Y LSD PARA LA CLARIDAD DE PASTA.

ANOVA para la claridad de pasta.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	777.78	3	259.26	29.83	0.0001	4.066
Error	69.54	8	8.69			
Total	847.32	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para la claridad de la pasta.

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
Huamantanga	3	59.9333	X	
Ccompis	3	64.2333	X	
Putis	3	74.5	X	
Qeccorani	3	80.2333	X	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis - Huamantanga			4.3	5.55121
Ccompis - Putis		*	-10.2667	5.55121
Ccompis - Qeccorani		*	-16.0	5.55121
Huamantanga - Putis		*	-14.5667	5.55121
Huamantanga - Qeccorani		*	-20.3	5.55121
Putis - Qeccorani		*	-5.73333	5.55121

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 31: ANOVA Y LSD PARA LA VISCOSIDAD.

**ANOVA** para la viscosidad.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	$F_{cal}$	$p$ -value	$F_{crit}$
Tratamiento	1E+07	3	3E+06	4037.9	5E-13	4.07
Error	6400	8	800			
Total	1E+07	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para la viscosidad.

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
Putis	3	9960.0	X	
Huamantanga	3	10546.7	X	
Ccompis	3	11613.3	X	
Qeccorani	3	12266.7	X	

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis - Huamantanga	*	1066.67	53.255
Ccompis – Putis	*	1653.33	53.255
Ccompis - Qeccorani	*	-653.333	53.255
Huamantanga - Putis	*	586.667	53.255
Huamantanga - Qeccorani	*	-1720.0	53.255
Putis - Qeccorani	*	-2306.67	53.255

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 32: ANOVA Y LSD PARA EL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA.

**ANOVA** para el índice de absorción de agua.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	$F_{cal}$	$p$ -value	$F_{crit}$
Tratamiento	25.51	3	8.5048	36.00	5.4E-05	4.07
¡Error	1.889	8	0.236			
Total	27.404	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el índice de absorción de agua.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Ccompis	3	6.332	X
Qeccorani	3	8.692	X
Putis	3	9.344	X
Huamantanga	3	10.278	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis - Huamantanga	*	-3.946	0.915
Ccompis – Putis	*	-3.012	0.915
Ccompis - Qeccorani	*	-2.36	0.915
Huamantanga – Putis	*	0.934	0.915
Huamantanga - Qeccorani	*	1.586	0.915
Putis - Qeccorani	*	0.652	0.915

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 33: ANOVA Y LSD PARA EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA.

**ANOVA** para el índice de solubilidad en agua.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	1.0278	3	1.11894	16.956	0.00079	4.066
Error	0.1616	8	0.020			
Total	1.11894	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el índice de solubilidad en agua.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Ccompis	3	2.0357	X
Putis	3	2.4533	X
Huamantanga	3	2.5672	X
Qeccorani	3	2.8500	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga	*	-0.5315	0.2676
Ccompis – Putis	*	-0.4176	0.2676
Ccompis – Qeccorani	*	-0.8143	0.2676
Huamantanga – Putis	*	0.1139	0.2676
Huamantanga – Qeccorani	*	0.2828	0.2676
Putis – Qeccorani	*	-0.3967	0.2676

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 34: ANOVA Y LSD PARA PODER DE HINCHAMIENTO.

**ANOVA** para el poder de hinchamiento.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	F <sub>cal</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Tratamiento	25.354	3	8.451	32.129	8.3E-05	4.07
Error	2.104	8	0.263			
Total	27.458	11				



Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el poder de hinchamiento.

	Casos	Media	Grupos homogéneos
Ccompis	3	6.380	X
Qeccorani	3	8.930	X
Putis	3	9.487	X
Huamantanga	3	10.253	X
Contraste		Sig.	Diferencia +/- Límites
Ccompis – Huamantanga		*	-3.873 0.9656
Ccompis – Putis		*	-3.107 0.9656
Ccompis – Qeccorani		*	-2.55 0.9656
Huamantanga – Putis		*	0.776 0.9656
Huamantanga – Qeccorani		*	1.323 0.9656
Putis – Qeccorani		*	0.557 0.9656

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 35: ANOVA Y LSD PARA LA ESTABILIDAD EN CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN.

**ANOVA** para el porcentaje de sinéresis del primer día.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	$F_{cal}$	$p$ -value	$F_{crit}$
Tratamiento	565.6030	3	188.534	2299.45	7.4E-12	4.0662
Error	0.6559	8	0.082			
Total	1.5568	11				

**ANOVA** para el porcentaje de sinéresis del segundo día.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de cuadrados	$F_{cal}$	$p$ -value	$F_{crit}$
Tratamiento	123.9513	3	41,317	916,20	1.7E-12	4.0662
Error	0.3607	8	0.0450			
Total	124.3121	11				

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de sinéresis para el primer día.

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
Putis	3	0.067	X	
Ccompis	3	4.467	X	
Huamantanga	3	15.600	X	
Qeccorani	3	15.667	X	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga		*	-11.133	0.507
Ccompis – Putis		*	-4.400	0.507
Ccompis – Qeccorani		*	-11.200	0.507
Huamantanga – Putis		*	15.533	0.507
Huamantanga – Qeccorani			-0.067	0.507
Putis – Qeccorani			-15.600	0.507

\* indica una diferencia significativa.

Prueba de rangos múltiples (**LSD**), para el porcentaje de sinéresis para el segundo día.

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
Putis	3	0.0000	X	
Ccompis	3	0.1333	X	
Qeccorani	3	3.0433	X	
Huamantanga	3	7.9300	X	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ccompis – Huamantanga		*	-7.7967	0.4001
Ccompis – Putis			0.1333	0.4001
Ccompis – Qeccorani		*	-2.9103	0.4001
Huamantanga – Putis		*	7.9300	0.4001
Huamantanga – Qeccorani		*	4.8867	0.4001
Putis – Qeccorani		*	-3.0433	0.4001

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 36: FOTOGRAFÍAS DE LAS CUATRO VARIEDADES DE PAPA NATIVA.**

Ccompis



Huamantanga



Qeccorani



Putis



## ANEXO 37: FOTOS DE LA REALIZACIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL

### Determinación de acidez



Solución de almidón con el indicador fenolftaleína, cambio de color a titular con Na OH 1N.



Cambio de color por unos momentos, indicativo de la presencia de ácido.

### Determinación de la temperatura de gelatinización



Solución de almidón en baño maría.



Solución de almidón gelatinizado

## Determinación de amilosa



Determinación de amilosa, se realizo espectrofotométricamente, se puede observar en la fotografía la coloración azul, donde el yodo se ubica en la hélice de la amilosa, por tanto reacciona de color azul

## Determinación de la viscosidad



Gelatinización del almidón en  
baño maría



Enfriado del almidón  
gelatinizado



Reposado del almidón  
gelatinizado



Lectura de la viscosidad del  
almidón en el viscosímetro de  
brookfield

## Determinación de la estabilidad en congelación/descongelación



Almidón disuelto



Almidón gelatinizándose



Evaporación del agua después del gelatinizado



Centrifugado

Invertido de los tubos del primer día



Invertido de los tubos del segundo día



Tubos del tercer y cuarto día





**ANEXO 38: ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE LAS CUATRO  
VARIEDADES DE PAPA NATIVA, REALIZADO EN LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO.**

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
 Av. de la Cultura 722 Apartado Postal 921 - Cusco Perú  
 Pabellón C - Of. 106 Teléfono - fax - modem: 224831

**UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO**  
**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA**  
**INFORME DE ANALISIS** N°0611-14-LAQ

**SOLICITANTE:** YASHINE DIAZ BARRERA  
**MUESTRA :** ALMIDON  
 1.- Huamantanga  
 2.- Qeocoreni  
 3.- Coompa  
 4.- Putis  
**FECHA :** 07/10/2014

**RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:**

	1	2	3	4
Humedad %	10.80	11.20	10.20	10.90
Proteínas %	0.82	0.22	0.67	0.33
Grasa %	0.07	0.04	0.06	0.03
Geniza %	0.23	0.08	0.25	0.13
Fibra %	0.02	0.03	0.03	0.01
Carbohidratos %	88.08	88.46	88.92	88.61

Cusco, 16 de Octubre 2014

  
 Multiplicador Mercede Arredia  
 LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO

**ANEXO 39: DATOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD, REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
 Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**N° 014 -2014 - LIJ / FIAL**

**Datos de la muestra**

Muestra: Almidón de papa nativa  
 Peso: 100g aproximadamente  
 Presentación: Envasado en recipiente de material plástico.  
 Código de Muestra: P,H,C,Q  
 Temperatura: 25°C

**Datos del ensayo**

Equipo: Reómetro DVI ULTRA  
 Tipo de ensayo: Viscosidad  
 Accesorio: RV5  
 Fecha de ejecución: 22 de Octubre del 2014  
 Repeticiones: 3

**Resultados**

Repetición	Muestra C	Muestra P	Muestra Q	Muestra H
	(Cp.)	(Cp.)	(Cp.)	(Cp.)
R1	11540,00	9990,00	12240,00	10560,00
R2	11540,00	9990,00	12280,00	10520,00
R3	11560,00	9980,00	12280,00	10560,00
Promedio:	11613,33	9980,00	12266,67	10546,67
Desviación estándar:	46,19	0,00	23,09	23,09

\*Los valores reportados son el promedio de las repeticiones.

Emiso el 23 de Octubre del 2014



*Marianela S. Inga Guavara*  
 Mg. Sc. Marianela S. Inga Guavara  
 Jefa del Laboratorio de Investigación e  
 Instrumentación - FIAL

Referencia:  
 Técnica (15), 2000)  
 Santacruz (1995)

**ANEXO 40: Matriz de consistencia.**

PROBLEMA	OBJETIVO	DEFINICION DE OPERACIONES			RECOLECCION DE DATOS	
		VARIABLES	INDICADOR	METODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales del almidón de cuatro variedades de <i>Solanum tuberosum</i> spp. <i>andigenum</i> (papa nativa) y el efecto del proceso de congelación/des congelación en la estabilidad del almidón gelatinizado?	Determinar las propiedades físicas, químicas y tecno-funcionales del almidón de cuatro variedades de <i>Solanum tuberosum</i> spp. <i>andigenum</i> (papa nativa) y la estabilidad congelación/des congelación del almidón gelatinizado.	<b>Variables independientes</b> Cuatro variedades de papa nativa.	Características de los tubérculos.	Experimental	Extracción del almidón	
		<b>Variables dependientes</b> Propiedades físicas	Viscosidad	Experimental	Registro de Datos	Viscosímetro de Brookfield
			Morfología y tamaño de los gránulos de almidón	Experimental	Fotografías	Microscopio electrónico
			Humedad	Experimental	Cálculo	Balanza
		Propiedades químicas	pH	Experimental	Cálculo	Potenciómetro
			Acidez	Experimental	Cálculo	
			Amilosa	Experimental	Calculo	Espectrofotómetro
			Amilopectina	Experimental	Cálculo	Diferencia
			Análisis proximal	Experimental	Calculo	Kjendahl, estufa, soxleth, etc.
		Propiedades tecno-funcionales	T° de gelatinización	Experimental	Cálculo	Termómetro
			Claridad de la pasta	Experimental	Registro de datos	Espectrofotómetro
			Sinéresis	Experimental	Cálculo	Balanza
			IAA	Experimental	Cálculo	Balanza
ISA	Experimental		Cálculo	Balanza		
Poder de hinchamiento	Experimental		Cálculo	Balanza		

