



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS EN  
ALMIDONES DE SEIS VARIETADES DE PAPAS NATIVAS  
DEL DEPARTAMENTO DE PUNO”.**

**Yimy Hanco Cayllahua**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Asesora:  
Dr. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca**

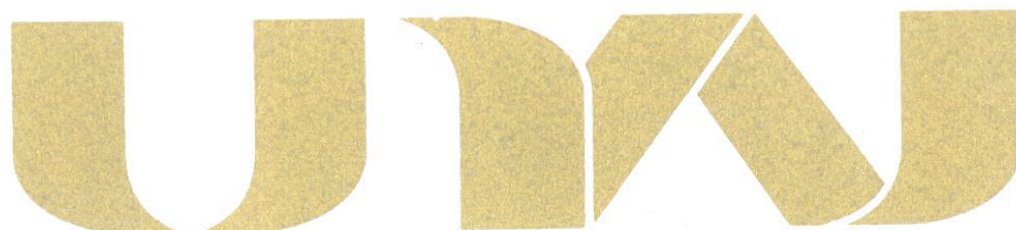


**Juliaca, 2021**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS EN  
ALMIDONES DE SEIS VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS  
DEL DEPARTAMENTO DE PUNO”.**

**Yimy Hanco Cayllahua**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Asesora:  
Dr. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca**



**Juliaca, 2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS EN  
ALMIDONES DE SEIS VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS DEL  
DEPARTAMENTO DE PUNO”.**

Yimy Hanco Cayllahua

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor(a): Dr. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca

Juliaca, 2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

Hanco, Y. (2021), *Evaluación de las propiedades térmicas en almidones de seis variedades de papas nativas del departamento de Puno*. Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca.

**AUTOR:** Yimy Hanco Cayllahua

**TÍTULO:** Evaluación de las propiedades térmicas en almidones de seis variedades de papas nativas del departamento de Puno.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2021

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (95 pp)

**NOTA:** Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias—  
Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 04-00004-02/H21

**NOTA:** Incluye bibliografía.

**ASESOR:** Dra.Sc. Ing. Olivia Magaly Luque Vilca

**PALABRAS CLAVES:**

Almidón, morfología, papas nativas, propiedades térmicas.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**

**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

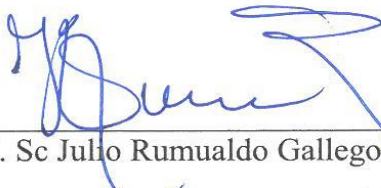
**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS EN  
ALMIDONES DE SEIS VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS DEL  
DEPARTAMENTO DE PUNO”.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS

Presentado por:

Yimy Hanco Cayllahua

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:



M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos  
PRESIDENTE DE JURADO



Dr. Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri  
SEGUNDO MIEMBRO DE JURADO



M. Sc. Carlos Ricardo Hanco Cervantes  
TERCER MIEMBRO DE JURADO



Dr. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

A Dios, por cuidarme, darme sabiduría y paciencia.

A mi madre Filomena, que fue parte primordial para cumplir esta meta, a mi padre quien guía y vigila mis pasos desde el más allá.

A mis hermanos Roger y Néstor, que siempre estuvieron apoyándome, anhelando que continúe y siga adelante.

A Senayda, quien ha estado apoyándome todo este tiempo incentivándome a ser mejor cada día, así mismo a todos los doctores, ingenieros, compañeros y amigos que me apoyaron en su debido momento.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Juliaca, por permitirme en mi desarrollo y formación profesional.

Al Proyecto de investigación estratégica “Extracción y caracterización de las propiedades térmicas y tecnológicas de almidones de papas nativas”, aprobado con RESOLUCIÓN PRESIDENCIAL N° 488-2017.CO-UNAJ.

A la Universidad Estadual de Ponta Grossa de Brasil y la Universidad Estatal de Campiñas (UNICAMP).

A la Dr. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca, por asesorarme y brindarme todo lo necesario para hacer realidad y culminar el desarrollo de esta tesis.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca, por contribuir en mi formación académica y profesional, también a los jefes de laboratorio, entre ellos al Lic. Ernesto Achahui; por el apoyo que me brindaron a cada momento.

A los jurados al M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos, Dr.Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri y M. Sc. Carlos Ricardo Hanco, quienes aportaron con sus conocimientos y su vasta experiencia en la elaboración de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general. ....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación .....	4

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes.....	6
2.2. Papas nativas.....	7
2.2.1. Generalidades. ....	7
2.2.2. Composición química de la papa.....	7
2.2.3. Clasificación taxonómica. ....	8
2.2.4. Especies de papas nativas.....	8
2.2.5. Clasificación de papas nativas.....	8
2.3. Almidón .....	12
2.3.1. Generalidades .....	12
2.3.2. Almidón de papas nativas.....	12
2.3.3. Estructura química del almidón.....	13
2.3.4. Composición proximal y características en almidón de papa .....	14
2.4. Propiedades físicas.....	15
2.4.1. Morfología del almidón.....	15
2.4.2. Color.....	15



2.5. Propiedades térmicas .....	16
2.5.1. Temperatura.....	16
2.5.2. Calor .....	16
2.5.3. Calor específico .....	16
2.5.4. Entalpia.....	16
2.6. Propiedades tecno funcionales.....	17
2.6.1. Gelatinización.....	17
2.6.2. Retrogradación .....	18
2.6.3. Reología.....	18
2.6.4. Viscosidad. ....	18
2.7. Metodologías .....	19
2.7.1. Técnicas de análisis morfológico. ....	19
2.7.2. Técnica de análisis de colorimétrico .....	20
2.7.3. Técnicas de análisis térmico .....	20
2.7.3.1. Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC).....	21
2.7.3.2. Análisis por Viscoamilografía Rápida (AVR).....	23

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. Ámbito de estudio .....	25
3.2. Población y muestra .....	25
3.3. Materiales .....	26
3.4. Materiales de vidrio.....	26
3.5. Reactivos .....	27
3.6. Equipos e Instrumentos .....	27
3.7. Análisis de la información .....	27
3.7.1. Extracción del almidón.....	27
3.7.2. Rendimiento de la extracción del almidón.....	28
3.7.3. Composición proximal .....	28
3.7.4. Contenido de amilosa y amilopectina .....	28
3.7.5. Apariencia microscópica .....	29
3.7.6. Índice de blancura WI .....	29
3.7.7. Calorimetría Diferencial de Barrido.....	30
3.7.8. Análisis por Viscoamilografía Rápida .....	31
3.8. Diseño experimental.....	31

3.9. Análisis estadístico.....	31
3.9.1. Determinación del rendimiento de los almidones .....	31
3.9.2. Análisis de la composición proximal de los almidones .....	31
3.9.3. Análisis del contenido de amilosa y amilopectina en los almidones .....	31
3.9.4. Análisis de propiedades morfológicas de los almidones.....	31
3.9.5. Análisis de la blancura de los almidones .....	31
3.9.6. Evaluación de las propiedades térmicas de los almidones.....	33
3.10. Hipótesis.....	34
3.10.1. Hipótesis general .....	34
3.10.2. Hipótesis específicas .....	34

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1. Evaluación del rendimiento de extracción de almidones de las seis variedades de papas nativas. ....	35
4.2. Determinación de la composición proximal de los almidones. ....	37
4.3. Análisis del contenido de amilosa y amilopectina.....	41
4.4. Caracterización de forma y tamaño de los gránulos de almidones.....	44
4.5. Determinación del índice de blancura de los almidones.....	47
4.6. Evaluación de las propiedades térmicas de los almidones extraídos de seis variedades de papas nativas.....	48
4.6.1. Calorimetría diferencial de barrido .....	48
4.6.2. Análisis Rápido de Viscosidad.....	52

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	57
5.2. Recomendaciones.....	58

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
----------------------------------	----

ANEXOS.....	65
-------------	----

a. Metodología para determinar la humedad, AOAC (2005). ....	76
b. Metodología para determinar ceniza, AOAC (2005).....	76
c. Metodología para la determinación de proteínas, AOAC (2005).....	77
d. Metodología para la determinación de grasa, AOAC (2005) .....	77
e. Metodología para la determinación de fibra cruda, AOAC (2005) .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de la papa. ....	7
Tabla 2 : Variedades de papas nativas amargas .....	9
Tabla 3: Variedades de papas nativas dulces .....	10
Tabla 4: Serie histórica de producción de papa en el departamento de Puno .....	11
Tabla 5: Propiedades y características del almidón de papa .....	14
Tabla 6: Técnicas de análisis térmico .....	21
Tabla 8: Variedades de papas nativas utilizadas. ....	25
Tabla 9: Matriz del diseño experimental.....	33
Tabla 10: Variedades de papas nativas .....	35
Tabla 11: Porcentaje de rendimiento de los almidones.....	36
Tabla 12: Composición proximal de almidones.....	38
Tabla 13: Contenido de amilosa y amilopectina en almidones.....	42
Tabla 14: Formas de los gránulos de los almidones .....	44
Tabla 15 : Tamaños de los gránulos de almidones.....	45
Tabla 16: Índice de blancura de almidones .....	47
Tabla 17: Resultados del análisis de DSC.....	48
Tabla 18: Resultados del análisis de AVR.....	52
Tabla 19. Análisis de ANOVA para el rendimiento .....	67
Tabla 20. Prueba LSD para el rendimiento .....	67
Tabla 21. Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad.....	68
Tabla 22. Prueba LSD para el porcentaje de humedad .....	68
Tabla 23. Análisis de ANOVA para el porcentaje de ceniza .....	68
Tabla 24. Prueba LSD para el porcentaje de cenizas .....	68
Tabla 25. Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas .....	69
Tabla 26. Prueba LSD para el porcentaje de grasas .....	69
Tabla 27. Análisis de ANOVA para el porcentaje de fibra.....	69
Tabla 28. Prueba LSD para el porcentaje de fibra .....	69
Tabla 29. Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas.....	69
Tabla 30. Prueba LSD para el porcentaje de proteínas .....	70
Tabla 31. Análisis de ANOVA para el contenido de amilosa.....	70
Tabla 32. Prueba de LSD para el contenido de amilosa.....	70
Tabla 33. Análisis de ANOVA para el contenido de amilopectina .....	70

Tabla 34. Prueba de LSD para el contenido de amilopectina .....	70
Tabla 35. Análisis de ANOVA para los almidones de mayor tamaño.....	71
Tabla 36. Prueba LSD para los almidones de mayor tamaño .....	71
Tabla 37. Análisis de ANOVA para los almidones de menor tamaño.....	71
Tabla 38. Prueba LSD para los almidones de menor tamaño .....	71
Tabla 39. Análisis de ANOVA para el índice de blancura .....	72
Tabla 40. Prueba LSD para el índice de blancura .....	72
Tabla 41. Análisis de ANOVA para la temperatura inicial.....	72
Tabla 42. Prueba LSD para la temperatura inicial .....	72
Tabla 43. Análisis de ANOVA para la temperatura pico.....	73
Tabla 44. Prueba LSD para la temperatura pico .....	73
Tabla 45. Análisis de ANOVA para la temperatura final .....	73
Tabla 46. Prueba LSD para la temperatura final.....	73
Tabla 47. Análisis de ANOVA para la entalpia .....	73
Tabla 48. Prueba LSD para la entalpia.....	74
Tabla 49. Análisis de ANOVA la temperatura de empaste.....	74
Tabla 50. Prueba de LSD la temperatura de empaste .....	74
Tabla 51. Análisis de ANOVA para la viscosidad final .....	74
Tabla 52. Prueba de LSD para la viscosidad final .....	74
Tabla 53. Análisis de ANOVA para la viscosidad pico.....	75
Tabla 54. Prueba de LSD para la viscosidad pico.....	75
Tabla 55. Análisis de ANOVA para desglose.....	75
Tabla 56. Prueba de LSD para desglose.....	75



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie cultivada de tres grupos de papas en el Perú .....	11
Figura 2. Siembra de papas en el departamento de Puno.....	12
Figura 3. Estructura de la amilosa.....	13
Figura 4. Estructura de la amilopectina.....	14
Figura 5. Calor absorbido o calor liberado en un sistema.....	17
Figura 6.. Los gránulos se hinchan y retienen un máximo de agua hasta que se rompen y producen una dispersión de moléculas de amilosa y amilopectina .....	17
Figura 7. Gránulos de almidón y sus transformaciones .....	18
Figura 8. Viscosidades aparentes del independientes del tiempo .....	19
Figura 9. Sistema Hunter Lab ,L,a,b .....	20
Figura 10. Esquema representativo de un sistema DSC .....	21
Figura 11. Curva calorimétrica de un termoplástico semicristalino con sus diferentes transiciones térmicas .....	22
Figura 12. Termograma de un análisis de viscosidad. ....	24
Figura 13. Diagrama de flujo del diseño experimental para la evaluación de las propiedades térmicas de los almidones extraídos de seis variedades de papas nativas. ....	32
Figura 14. Contenido de amilosa y amilopectina en almidones de papas nativas. ....	43
Figura 15. Papa nativa Yana lomo	
Figura 16. Papa nativa Ocucuri Morado .....	65
Figura 17. Pesado de papas nativas	
Figura 18. Muestras de almidón extraído.....	65
Figura 19. Tubos de 50 ml y acoplador .....	66
Figura 20. Colocación de los tubos .....	65
Figura 21. Lavado de almidones.....	66
Figura 22. Molienda de almidones.....	66
Figura 23. Muestra de almidones secos.....	67
Figura 24. Tamizaje de almidones .....	66
Figura 25. Embolsado de almidones.....	67
Figura 26. Almidones en el microscopio .....	66
Figura 27. Pesado de almidones.....	67
Figura 28. Muestras de cenizas en crisoles .....	66

Figura 29. Pesado de almidones .....	68
Figura 30. Muestras para determinar lípidos.....	67
Figura 31. Extracción de grasas.....	68
Figura 32. Secado de muestras .....	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: Imágenes del proceso de extracción del almidón y caracterización. ....	65
ANEXO 02. Análisis de varianza y prueba LSD de los datos obtenidos de las distintas pruebas. ....	677
ANEXO 03. Metodologías para la determinación de la composición proximal.....	76

## RESUMEN

Las papas nativas son cultivos que se producen sobre los 3000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), adaptándose a condiciones climáticas adversas, a nivel nacional se tiene más de 3500 variedades y en el departamento de Puno, más de 600 variedades de papas nativas, estas son de diferentes colores, tamaños y formas, que son desaprovechadas como fuente de almidones, fibra, proteínas y colorantes en la industria de alimentos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las propiedades térmicas en almidones de seis variedades de papas nativas (Ruckii, Locka, Ocuuri Morado, Ccompis, Yana Imilla, Yana Lomo) procedente del departamento de Puno. En el estudio se determinó el rendimiento, composición proximal, contenido de amilosa y amilopectina, caracterización morfológica, índice de blancura y las propiedades térmicas mediante los análisis por técnica de calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis de viscosidad rápida (AVR). Los almidones de las variedades de papas nativas presentaron rendimientos de 10.23 a 17.60 por ciento, y con respecto a la composición proximal mostró datos en: humedad de 7.22 a 8.85 por ciento, cenizas de 0.12 a 0.44 por ciento, grasas de 0.01 a 0.08 por ciento, proteína de 0.49 a 0.76 por ciento, fibra de 0.02 a 0.06 por ciento y contenido de carbohidratos de 90.14 a 91.93 por ciento. El contenido de amilosa osciló entre 23.9 a 30.5 por ciento y de amilopectina de 69.5 a 76.1 por ciento. Con respecto a la caracterización morfológica exhibió formas circulares a elípticas y el tamaño de estos presentó rangos de 38.58 a 63.91  $\mu\text{m}$  para tamaños mayores y 11.88 a 17.99  $\mu\text{m}$  en tamaños menores. El índice de blancura varió de un rango de 90.10 a 91.18. En el análisis de calorimetría diferencial de barrido demostró que la temperatura inicial osciló de 55.00 a 59.07°C, la temperatura pico de 58.20 a 62.51°C, temperatura final de 65.81 a 69.50°C, mientras la entalpía de gelatinización presentó valores de 13.03 a 16.53  $\text{Jg}^{-1}$ . En lo concerniente al análisis de viscosidad rápida se obtuvo una temperatura de empaste que varía de 59.50 a 62.12 °C, viscosidad final de 97.67 a 139.00 RVU, la viscosidad pico de 125.00 a 178.67 RVU y el desglose del gel alcanzó valores de 59.67 a 82.67 RVU. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), y para el tratamiento de datos se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) y el LSD de Fisher para las pruebas de rangos, encontrando que los almidones de las seis variedades de papas nativas difieren significativamente entre sí.

**Palabras claves:** Almidón, morfología, papas nativas, propiedades térmicas.



## ABSTRACT

The native potatoes are crops that are produced over 3000 meters above sea level (m.s.n.m.), adapting to adverse climatic conditions, nationally there are more than 3500 varieties and in the department of Puno, more than 600 varieties of native potatoes, these are of different colors, sizes and shapes, which are wasted as a source of starch, fiber, protein and dyes in the food industry. The objective of this study was to evaluate the thermal properties in starches of six native potato varieties (Ruckii, Locka, Ocucuri Morado, Ccompis, Yana Imilla, Yana Lomo) from the department of Puno. Yield, proximate composition, amylose and amylopectin content, morphological characterization, whiteness index and thermal properties were determined by Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Rapid Viscosity Analysis (AVR). The starches of the native potato varieties showed yields from 10.23 to 17.60 percent, and with respect to proximate composition showed data on: moisture from 7.22 to 8.85 percent, ash from 0.12 to 0.44 percent, fat from 0.01 to 0.08 percent, protein from 0.49 to 0.76 percent, fiber from 0.02 to 0.06 percent and carbohydrate content from 90.14 to 91.93 percent. Amylose content ranged from 23.9 to 30.5 percent and amylopectin from 69.5 to 76.1 percent. Morphological characterization exhibited circular to elliptical shapes and their size ranged from 38.58 to 63.91  $\mu\text{m}$  for larger sizes and 11.88 to 17.99  $\mu\text{m}$  for smaller sizes. The whiteness index ranged from 90.10 to 91.18. Differential scanning calorimetry analysis showed that the initial temperature ranged from 55.00 to 59.07°C, peak temperature from 58.20 to 62.51°C, final temperature from 65.81 to 69.50°C, while the enthalpy of gelatinization presented values from 13.03 to 16.53 Jg<sup>-1</sup>. Regarding the rapid viscosity analysis, a filling temperature ranging from 59.50 to 62.12 °C, final viscosity from 97.67 to 139.00 RVU, peak viscosity from 125.00 to 178.67 RVU and gel breakdown reached values from 59.67 to 82.67 RVU were obtained. Completely randomized design (DCA) was used, and analysis of variance (ANOVA) and Fisher's LSD for rank tests were applied for data treatment, finding that the starches of the six native potato varieties differed significantly from each other.

Keywords: Starch, morphology, native potatoes, thermal properties.

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.), es un producto básico en todo el mundo, debido a que forma parte de la dieta humana, contribuyendo a la seguridad alimentaria frente al crecimiento de la población y al aumento de las tasas globales de hambre, con una producción mundial de alrededor de 368 millones de toneladas y más de 5000 variedades conocidas (Petropoulos *et al.*, 2019), estos presentan carbohidratos (almidón), proteínas, vitaminas como ácido ascórbico, sustancias fenólicas y ácidos nucleicos.

El almidón en la papa varía entre 15 a 20 por ciento de su peso, se presenta como un polisacárido muy compacto de unidades de glucosa compuesta de dos fracciones de biopolímeros, amilosa y amilopectina, puede ser una excelente materia prima para la industria de alimentos, gastronomía, industria farmacéutica y otros, por brindar características de baja temperatura de gelatinización, bajo contenido residual de grasas y proteínas, brindando una alta viscosidad y la capacidad para enlazarse con agua, estas propiedades son directamente atribuidas a su estructura. Los almidones a altas temperaturas permiten mantener su estructura, debido a su baja absorción de agua durante los procesos de calentamiento, importante capacidad de retención de agua, en la industria se utiliza como estabilizante, adhesivo, ligantes, encapsulante, espesante, formadores de películas aplicándose en alimentos preparados, cárnicos, yogurt, panificación, salsas también en jugos, refrescos entre otros usos.

Así también el comportamiento de los almidones depende de la composición fisicoquímica de la papa, así como del almidón, varía según el estado de madurez de la planta, variedad, zona de crecimiento y fertilización, a razón de ello el consumidor tiene preferencia por algunas variedades de papa y procedencia del mismo. Así los estudios de caracterización de sus propiedades térmicas permiten explicar las características de los almidones, como el efecto de las características termo elásticas, calorimétricas entre otros debido a que implican transmisiones de calor, siendo necesarios para la ingeniería y diseño de procesos, como para recalcular procesos o conocer el comportamiento de los almidones frente a las temperaturas y tiempos.

Además, el rendimiento, la composición proximal, la morfología, el índice de blancura y otros aspectos son importantes para determinar la calidad de los almidones y sus propiedades tecno funcionales. En este estudio se evaluó las propiedades térmicas de los almidones de seis variedades de papas nativas del departamento de Puno, información que permitirá generar nuevas investigaciones como la utilización de almidones en las distintas industrias (alimentaria, farmacéutica entre otros).

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

La papa se considera como el principal cultivo de los pequeños agricultores de la región andina donde existe una gran biodiversidad de papas nativas, transformado en forma de chuño o moraya, que son subproductos alimenticios deshidratados (Arcos *et al.*, 2015). En el departamento de Puno en la campaña agrícola 2017 al 2018, se sembraron aproximadamente 59 981 hectáreas, con un volumen de producción de 798 367 toneladas y un rendimiento promedio de 13 310 Kg por hectárea (Síntesis agraria, 2018), muchas de estas variedades pueden ser una excelente materia prima para la industria de alimentos, gastronomía entre otros, por sus características que son directamente atribuidas a su estructura. Por otra parte, la industria exige un tubérculo de calidad dependiendo al derivado y teniendo en cuenta que son fuentes importantes de almidón.

El almidón tiene varias aplicaciones debido a sus características funcionales, nutricionales y su aplicación en la industria, tiene relevancia en el comercio (Cobana & Antezana, 2007), además constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Está compuesto por amilosa y la amilopectina, que imparte características determinantes en las propiedades funcionales (Alvis *et al.*, 2008), como la gelatinización, solubilidad, claridad, retrogradación, entre otros, que pueden ser deseables para ciertas aplicaciones en la industria de alimentos. El tamaño del gránulo del almidón también influye en las propiedades funcionales, térmicas y de pastificado (Narváez-González *et al.*, 2007). Así mientras más pequeños sean los gránulos, más resistentes son a procesos con altas temperaturas. En algunos almidones, el tamaño de los gránulos muestra relación con su proporción de amilosa y amilopectina (Pacheco & Techeira, 2009).

Además las propiedades térmicas permiten explicar las características de los almidones, como el efecto de las características termo elásticas, calorimétricas entre otros, debido a que implican transmisiones de calor y son influenciadas por la composición

química, temperatura entre otros factores, por lo que las propiedades de los almidones tienen que ser estudiadas debido a que constituye un ensayo necesario para la investigación y desarrollo de nuevos productos (Benavent-Gil & Rosell, 2017), que aún faltan precisar para las papas nativas del departamento de Puno.

Frente a ello es necesario realizar estudios sobre las propiedades térmicas de los almidones de papas nativas, para sugerir posibles aplicaciones y emplearlos en la industria alimentaria de ese modo generar un valor agregado para las variedades de papas nativas, además de realizar evaluaciones del rendimiento, composición proximal, el contenido de amilosa y amilopectina, también la evaluación morfológica, así mismo el índice de blancura, que son indicadores de calidad, motivo por el cual se planteó las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el rendimiento de la extracción de almidones de las seis variedades de papas nativas?
- ¿Cuál será la composición proximal de los almidones de seis variedades de papas nativas?
- ¿Cuál será el contenido de amilosa y amilopectina en los almidones de seis variedades de papas nativas?
- ¿Cuál será el tamaño y forma de los almidones de seis variedades de papas nativas?
- ¿Cuál será el índice de blancura de los almidones de seis variedades de papas nativas?
- ¿Cuáles serán las propiedades térmicas de los almidones de seis variedades de papas nativas?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general.**

- Evaluar las propiedades térmicas, morfológicas y características fisicoquímicas de los almidones de seis variedades de papas nativas.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Evaluar el rendimiento de extracción de almidones de seis variedades de papas nativas.
- Determinar la composición proximal de los almidones de seis variedades de papas nativas.
- Determinar el contenido de amilosa y amilopectina en los almidones de seis variedades de papas nativas



- Caracterizar el tamaño y forma de los gránulos de los almidones de seis variedades de papas nativas.
- Determinar el índice de blancura de los almidones de seis variedades de papas nativas.
- Evaluar las propiedades térmicas de los almidones de seis variedades de papas nativas.

### **1.3. Justificación**

El departamento de Puno, cuenta con una amplia variedad de papas nativas en donde existe una mayor cantidad de papas nativas en comparación a otras regiones, que se enfocan en sembrar papas comerciales o papas amarillas (CENAGRO, 2012), razón por el cuál es necesario estudiar los almidones de papas nativas, con respecto a su rendimiento, morfología, composición proximal, sus propiedades térmicas y entre otras propiedades que son necesarias para sugerir en nuevas aplicaciones.

Los almidones son utilizados como estabilizantes, emulsificantes, mejoradores de textura entre otros, contribuyen en mejorar la textura de los alimentos (Lucas-Aguirre *et al.*, 2016), además controla e influye sobre ciertas características, tales como humedad, consistencia, apariencia y estabilidad en el almacenamiento, también es importante conocer el contenido de amilosa y amilopectina. Propiedades como temperatura de gelatinización, consistencia del gel, textura, comportamiento viscoso y las propiedades térmicas, que permiten su utilización en la industria alimenticia como, agente de relleno, ligante, formador de películas, estabilizante de espumas, agente de antienvjecimiento del pan, gelificante, humectante y espesante mencionado por Singh *et al.*, (2005) citado por (Alvis *et al.*, 2008). Por tal motivo mediante esta investigación se pretende conocer el rendimiento, de las características morfológicas, su composición proximal y las propiedades térmicas en almidones de seis variedades de papas nativas.

Las propiedades térmicas a menudo se requieren para cálculos de transferencia de calor, incluyen densidad, calor específico, entalpía, conductividad térmica y transmisión térmica, nos permiten estimar cálculos para la trasferencia de calor involucrados en procesos, en la elaboración de equipos, secado de alimentos, cálculos de masa y energía etc.

En la actualidad, se cuenta con escasos estudios sobre el tema, los datos obtenidos en la investigación servirán como aporte a nuevas investigaciones, además será de referencia

para sugerir posibles aplicaciones dentro de la industria alimentaria y con ello revalorar el uso de las papas nativas al aprovechar la biodiversidad de los tubérculos, ya sea en procesamiento o en comercialización, ya que el departamento de Puno, cuenta con más del 86 por ciento en siembra de papas nativas a comparación de otras regiones, donde se enfocan en el cultivo de papas comerciales (CENAGRO, 2012).

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

En el estudio de Pardo, Castañeda, & Armando., (2013), caracterizaron estructural y térmicamente los almidones de diferentes variedades de papas, donde encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad, el cual varió de 5.83 a 6.90 por ciento, el contenido de cenizas osciló entre 0.239 a 0.409 por ciento. En relación a la temperatura de gelatinización de los almidones presentaron rangos de 65.48 a 66.88 °C. Los termogramas de los almidones mostraron para las variedades valores entre 68 y 77 J/g y entre 334 y 358 J/g, respectivamente.

En el artículo científico de Thais-Paes, Leonel, Garcia, Do carmo, & Franco, (2015), caracterizaron la amilosa, el contenido de fosforo, cristalinidad, las propiedades térmicas y de pasta en almidones de papas de diferentes cultivares, los que variaron de 0.19 a 0.31 por ciento en el contenido de proteína, en lípidos osciló desde 0.04 a 0.14 por ciento, el contenido de amilosa mostró valores de 16.10 hasta 23.43 por ciento. La temperatura de gelatinización alcanzó a 64.64 hasta 66.66 °C, la temperatura de pico de 67.32 a 68.74°C, la temperatura final de 0.30 a 8.94 °C, mientras la entalpía de gelatinización fue de 15.54 a 17.85 J/g. Las propiedades de pasta mostraron una viscosidad cumbre (RVU) de 593.55 a 1004.14, una viscosidad de final (RUV) de 333.20 a 397.97, la temperatura de gelatinización de 70.98 a 73.50 °C, el estudio mostró que el almidón difirió en sus propiedades reológicas, físicas y químicas.

Martínez *et al.*, (2019), en su investigación realizó una caracterización fisicoquímica, funcional y morfológica de los almidones aislados de tres variedades de papas nativas de la región andina, donde primeramente aislaron el almidón, seguido a ello determinaron la composición química mediante la AOAC, (2005), así mismo determinaron los parámetros de color mediante un espectro colorímetro, así como la caracterización morfológica utilizando las técnicas de microscopía electrónica de barrido, como también las propiedades térmicas mediante, calorimetría diferencial de barrido y las propiedades de pasta mediante un

reómetro, los resultados difieren significativamente en los almidones de papas Imilla Blanca, Imilla Negra y Locka, el almidón de Imilla Negra exhibió más altos contenidos de amilosa, fosforo, viscosidad cumbre, claridad, temperaturas de gelatinización, retrogradación.

Quintero, Lucas, & Alzate., (2012), en su estudio sobre las propiedades químicas, térmicas y estructurales de las harinas y almidones de chachafruto, el análisis proximal para el almidón presentó los siguientes datos: humedad 12.60 por ciento, cenizas 0.90 por ciento, extracto etéreo 1.82 por ciento y proteína de 0.8 por ciento. Al realizar el análisis por DSC para el almidón se obtuvo una temperatura inicial de 56.65°C, temperatura pico de 70.06 °C y una temperatura final de 85.12°C.

## **2.2. Papas nativas**

### **2.2.1. Generalidades.**

Las papas nativas son una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante varios siglos se cultivaron por su agradable sabor y tolerancia a condiciones adversas del clima que presentan los andes (García & Santander, 2011). Estas se originaron en zonas alto andinas de América del Sur, concretamente entre Cusco y el Lago Titicaca, en la actualidad se cuenta con más de 6214 variedades de papas nativas (Cahuana & Arcos, 2002).

La papa es un alimento nutricional que produce en climas muy diversos, a comparación de otros cultivos (Gabriel *et al.*, 2014), entre sus ventajas están la tolerancias y resistencias al estrés biótico y abiótico (Soto *et al.*, 2014).

### **2.2.2. Composición química de la papa.**

La composición química de la papa se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1: Composición química de la papa.**

Componentes	Cantidad
Humedad (g/100gr)	74.5
Proteínas (g/100gr)	2.1
Fibra (g/100gr)	2.4
Carbohidratos (g/100gr)	22.3
Cenizas (g/100gr)	1.0

Fuente: (Reyes *et al.*, 2017).

### 2.2.3. Clasificación taxonómica.

La siguiente clasificación taxonómica para variedades de papas, citado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, (2019), se muestra a continuación:

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: Solanum tuberosum L.

Sub especie: tuberosum

### 2.2.4. Especies de papas nativas

Según (Cahuana & Arcos, 2002), dentro de las papas nativas se encuentran:

1. Especies diploides: *Solanum phureja*, *Solanum ajanhuiri* y *Solanum stenotomum*.
2. Especie triploide: *solanum x chaucha*.
3. Especie tetraploide: *Solanum tuberosum*, está formado por dos sub especies: *Solanum tuberosum ssp andígena* y *Solanum tuberosum ssp tuberosum*

Dentro de las papas nativas amargas se encuentran las siguientes especies:

1. Especie triploide: *solanum x juzepczukii*.
2. Especie pentaploide: *Solanum x curtilobum*.

### 2.2.5. Clasificación de papas nativas

Por su contenido de glicoalcaloides se clasifican en:

**Tabla 2 : Variedades de papas nativas amargas**

Papas amargas	Características agronómicas
Nombre científico: <i>Solanum juzepczukii</i> <i>buk</i> Nombre en quechua: Ruckii	Su periodo vegetativo es de 160 días, con un rendimiento de 30 t/ha, que se adaptó en el departamento de Junín, Cusco, Ayacucho y Puno. Es usado para la elaboración de tunta y chuño negro.
Nombre científico: <i>Solanum x juzepczukii</i> Nombre en quechua: Locka	Su periodo vegetativo es de aproximadamente de 170 días, con un rendimiento es de hasta 30 t/ha, se adaptó en la sierra y se cultiva en Puno, Cusco, Junín y Ayacucho. Se usa para la elaboración de tunta y chuño negro.
Nombre científico: <i>Solanum x curtilobum</i> Nombre en quechua: Ocucuri Morado	Su periodo vegetativo es de aproximadamente 170 a 180 días, con un rendimiento de hasta 30 t/ha, se cultiva en el departamento de Junín, Cusco, Ayacucho, Apurímac, Puno y Huancavelica, se usa para elaborar tunta y chuño negro.

Fuente: (Cahuana & Arcos, 2002).

Las papas amargas se identifican por contener mayor cantidad de glicoalcaloides, son altamente tolerantes a las bajas temperaturas y se siembran en altitudes superiores a los 4000 m.s.n.m. Entre las especies *Solanum juzepczukii* están Piñaza, Ruckii, Locka, K'eta, Parinas, Parkos y Ocucuri Morados (Cahuana & Arcos, 2002), se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 3: Variedades de papas nativas dulces**

Papas dulces	Características agronómicas
Nombre científico: <i>Solanum tuberosum ssp andígena</i> Nombre en quechua: Ccompis	Su periodo vegetativo es de 155 a 160 días, con un rendimiento de hasta 30 t/ha, se cultivan en Puno, Cusco, Apurímac, Ayacucho y partes altas de Arequipa y Moquegua.
Nombre científico: <i>Solanum chaucha</i> Nombre en quechua: Yana lomo	Su periodo vegetativo es de 160 a 170 días, su rendimiento es de hasta 25 t/h, sus zonas de cultivo son Puno, Cusco, Apurímac, Huancayo y partes altas de Tacna y Moquegua
Nombre científico: <i>Solanum tuberosum ssp. andígena</i> Nombre en quechua: Yana imilla	Su periodo vegetativo es semi tardío de 155 a 160 días, su rendimiento es de hasta 30 t/ha. Se adaptó en la sierra sur hasta 3 800 m.s.n.m. en Puno, Cusco, Apurímac, Arequipa, Ayacucho y partes de Tacna y Moquegua.

Fuente: (Cahuana & Arcos, 2002).

Las papas dulces pertenecen a la especie *Solanum tuberosum* sub especie *andígena*, entre ellas tenemos las Ccompis, Imilla Negra, Imilla Blanca, Sani Imilla, Ccoillo, Andina, Yungay, San Juan INIA, Chaska, Cica y otras (Cahuana & Arcos, 2002), que se muestran en la Tabla 3.

Las papas nativas presentan periodos vegetativos de 4 a 7 meses, aparte de ello tiene un alto contenido de materia seca, oscila de 28 por ciento a 35 por ciento adaptándose a condiciones climáticas alto andinas (García & Satander, 2011).

### 2.2.6. Producción

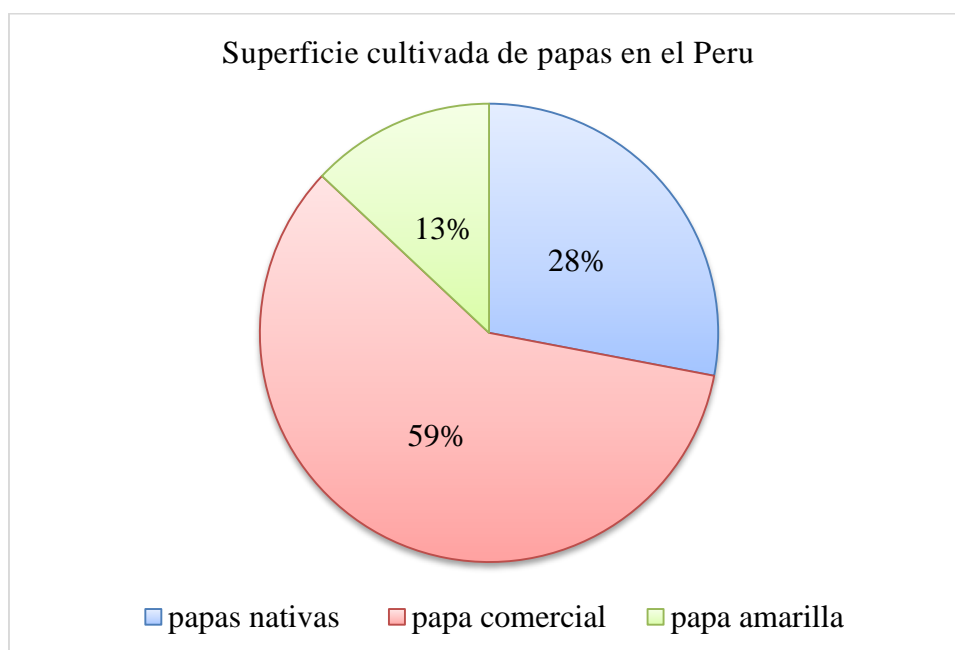
La producción de papa en el departamento de Puno se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4: Serie histórica de producción de papa en el departamento de Puno**

Variable	2015 – 2016	2016 - 2017	2017 - 2018
Siembras (Ha)	60401	59711	59981
Cosechas (Ha)	59695	59711	59981
Rendimiento (Kg/Ha)	11588.66	12441.99	13310.33
Producción (T)	691784.9	742923.75	798367
Precio chacra (s/Kg)	1.54	1.52	1.45

Fuente: (Síntesis agraria, 2018).

En el Perú se cultiva tres grandes grupos de papas entre estas: nativas (amargas, harinosas y amarillas), comerciales (Yungay, Canchan, Amarilis, única, y Serranita), difiriendo de grupo en grupo tanto en precios, demanda y oferta (CENAGRO, 2012) como se muestra en la Figura 1.



*Figura 1.* Superficie cultivada de tres grupos de papas en el Perú (CENAGRO, 2012).

En la región de Puno según el estudio de CENAGRO, (2012), da a conocer que se siembra mayor cantidad de papas nativas en comparación de otras regiones que se enfocan en sembrar papas comerciales o papas amarillas mostrada en la Figura 2.



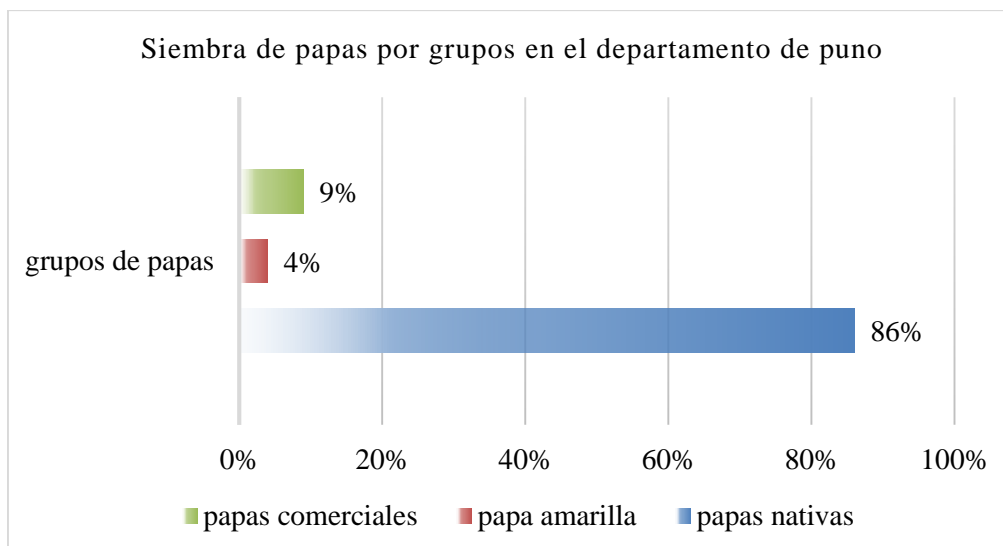


Figura 2. Siembra de papas en el departamento de Puno (CENAGRO, 2012).

## 2.3. Almidón

### 2.3.1. Generalidades

El almidón es el principal polisacárido de almacenamiento, el cual es aislado de diversas fuentes como cereales, leguminosas, tubérculos y frutas, en estas últimas su concentración de almidón varía de acuerdo al estado de madurez (Guerra-DellaValle *et al.*, 2008). Al cual se le considera como el segundo polisacárido más abundante y está distribuido en las plantas (Lucas-Aguirre *et al.*, 2016).

El contenido de almidón en la papa varía entre 15 por ciento y 20 por ciento, en comparación con almidones de otras fuentes según Li *et al.*, (2006) citado por (Pardo *et al.*, 2013). También varía mucho en su forma y funcionalidad entre y dentro de especies botánicas e incluso en el mismo cultivar (Thais-Paes *et al.*, 2015). Las propiedades del almidón se atribuyen en parte a su gran tamaño granular, la distribución, el contenido mineral, la relación de amilosa y amilopectina, el alto contenido de ésteres de fosfato de almidón (Singh *et al.*, 2006).

### 2.3.2. Almidón de papas nativas

El almidón nativo está presentes en semillas, raíces, tubérculos y hojas, que difieren en un rango de 0.1 a 200  $\mu\text{m}$ , sus formas son esferas, elipsoides, polígonos, plaquetas y túbulos irregulares, dependiendo mayoritariamente del origen botánico (Witczak *et al.*, 2015).

Son poco utilizados en la industria de alimentos por sus pobres propiedades funcionales (baja estabilidad, pobres propiedades térmicas, alta retrogradación) (Linares *et al.*, 2015). A veces no cumple con los requisitos de producción debido a su tendencia de retrogradación e inestabilidad en condiciones de cizallamiento y medios ácidos (Zhou *et al.*, 2017).

### 2.3.3. Estructura química del almidón

El almidón de papa contiene un promedio de 20 por ciento de amilosa y 80 por ciento de amilopectina (Aguilar, 2016). La amilosa presenta una estructura lineal y la amilopectina es ramificada, su organización y distribución tanto de la amilosa y la amilopectina en la estructura granular dependen de las fuentes botánicas de las especies (Agama-Acevedo *et al.*, 2015).

- **Amilosa**

Está formada por unidades glucosídicas enlazadas por enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), su peso molecular está en el orden de  $10^5$ - $10^6$  Da. (Quiroga, 2008), representa el 20 al 30 por ciento de la composición del almidón (Martins *et al.*, 2018). Donde el 20 por ciento del almidón es la amilosa y es importante en el almacenamiento de energía (Aguilar, 2016), la estructura de la amilosa se encuentra en la Figura 3.

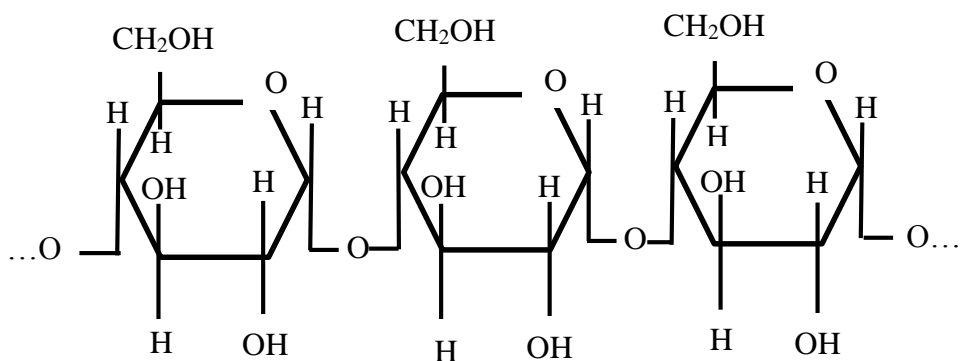


Figura 3. Estructura de la amilosa (Aristizábal & Sánchez, 2007).

- **Amilopectina**

Está conformada por unidades glucosídicas ( $\alpha$ -D-glucosa) conectadas por enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) y  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) en los puntos de ramificación, su peso molecular oscila en un orden de  $10^7$ - $10^9$  Da, (Quiroga, 2008), representa el 70 a 80 por ciento (Martins *et al.*, 2018). La estructura de la amilopectina se muestra en la Figura 4.

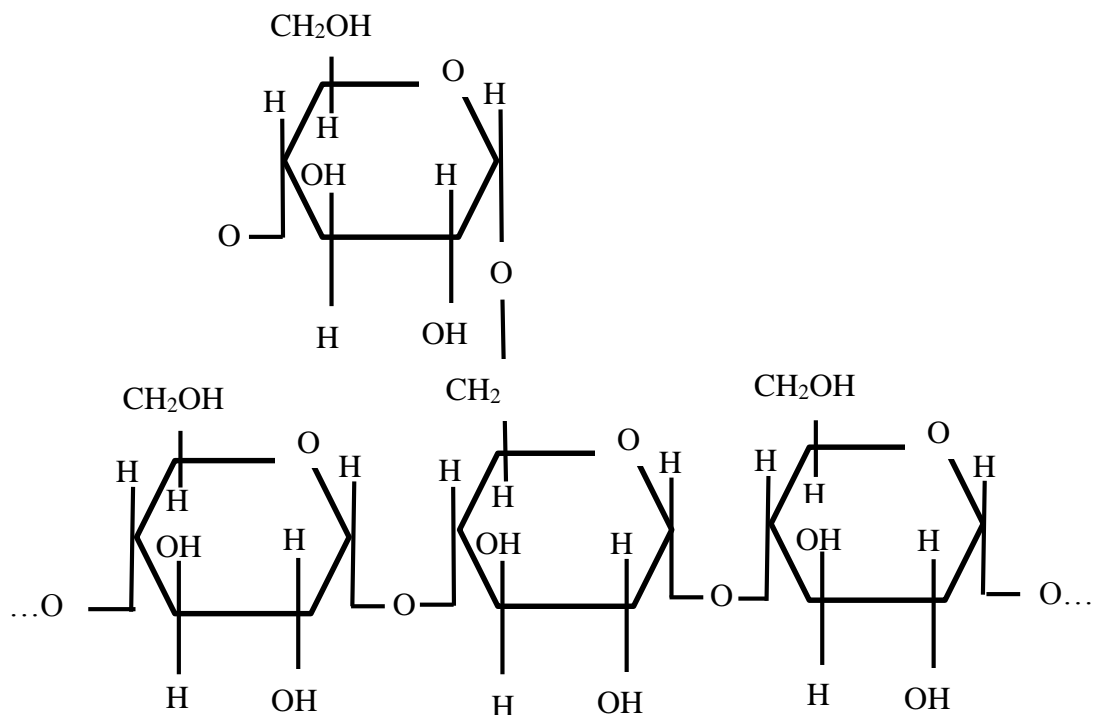


Figura 4. Estructura de la amilopectina (Aristizábal & Sánchez, 2007).

#### 2.3.4. Composición proximal y características en almidón de papa

En la Tabla 5, se muestra el contenido proximal y características del almidón de papa

**Tabla 5: Propiedades y características del almidón de papa**

Características	Unidades	Almidón de papa
Tamaño del grano	$\mu m$	<100
Designación		Grano grueso
Diámetro medio	$\mu m$	27
Contenido de amilosa	%	21
Contenido de amilopectina	%	79
Viscosidad máxima	Al 5% BE	1000 a 5000
Humedad	%	19
Proteína	% M.S.	0.06
Grasa	% M.S.	0.05
Cenizas	% M.S.	0.4
Fosforo	% M.S.	0.8

Fuente:(Horst-Dieter, 2001).

### **2.3.5. Extracción de almidones**

Para la extracción de almidones hay dos vías muy conocidas como es la vía húmeda y la vía seca.

### **2.3.6. Usos de los almidones**

En la producción de alimentos, se utiliza para absorber agua y formar fluidos o pastas viscosas o bien geles, de tal modo que se proporciona así las cualidades de textura deseadas, en la industria de alimentos se valora en gran medida las pastas claras y cohesivas. El almidón de patata se utiliza en cereales extrusionados, en snacks de aperitivo y en mezclas en polvo para sopas y postres (Owen *et al.*, 2017).

Entre los importantes usos del almidón se tienen en la farmacéutica (usado como excipiente para la formación de tabletas), en pegamentos, en la cosmetología (usado como para la producción de talcos, polvos de rostro, maquillaje) y en alimentos usado como estabilizante, espesante, desmoldante, encapsulante, usado en sopas, postres y entre otros usos (Morales, 2012).

## **2.4. Propiedades físicas**

### **2.4.1. Morfología del almidón**

La morfología de los gránulos de almidón es atribuida al origen botánico, a la bioquímica de los amiloplastos, el grado de maduración del fruto y la fisiología de la planta, se reportaron que el tamaño del granulo del almidón tiene una influencia sobre las propiedades funcionales, mientras más pequeños sean los gránulos mayor sera su digestibilidad y son considerados como los más resistentes a procesos con altas temperaturas como la esterilización (Quintero *et al.*, 2012).

Las formas de los gránulos de almidón nativo en lo que respecta a la papa son de formas redondas y ovoides (Alvis *et al.*, 2008), mientras la amilosa y la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente en su capacidad de gelatinización e hidratación (Badui, 2006).

### **2.4.2. Color**

El color es el resultado de la evaluación de la energía radiante, por lo tanto, el color se puede describir subjetivamente u objetivamente por el observador de acuerdo a la longitud

de onda (Manresa & Vicente, 2007). Es una característica de valoración física y calidad de los alimentos; el análisis por sistemas computarizados es una alternativa en la medición de los colores (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014), es uno de los atributos importantes en los alimentos. En ocasiones se utiliza la medida de color debido a su simplicidad y rapidez (Sahin & Gulum, 2005), en la industria de alimentos en particular, el color juega un importante papel en el proceso de aseguramiento de la calidad (Manresa & Vicente, 2007).

## **2.5. Propiedades térmicas**

### **2.5.1. Temperatura**

Es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, asociada a los movimientos de las partículas del sistema y a medida que aumenta la energía sensible ocasiona un incremento de temperatura (Fernández & Corrochano, 2014), también considerada como la energía cambiante que tienen los cuerpos (Alvarado, 2008).

### **2.5.2. Calor**

Es la transferencia de energía interna de un sistema a otro que difieren de temperaturas, los cuerpos no almacenan calor, sino energía interna (Fernández & Corrochano, 2014), es una forma de energía y no debe confundirse su concepto con el de temperatura, su comportamiento se da de sistemas que se encuentran a mayor temperatura hacia sistemas de menor temperatura (Alvarado, 2008).

### **2.5.3. Calor específico**

Es la cantidad de calor que debe de absorber 1Kg de sustancia para aumentar su temperatura en  $1^{\circ}\text{K}$ , lo que indica la facilidad en que una sustancia incrementa su temperatura al absorber una cantidad de calor (Fernandez & Corrochano, 2014).

### **2.5.4. Entalpia**

Es la cantidad de calor que un sistema termodinámico libera o absorbe del entorno que lo rodea cuando está a una presión constante, se le denomina a la cantidad de calor necesario para transformar 1Kg de sustancia, también conocido como calor latente de cambio de fase en función de su naturaleza, sus unidades son  $\text{KJ/Kg}$  (Fernandez &

Corrochano, 2014), es una propiedad termodinámica que es consecuencia de la adición de la energía interna más la energía o trabajo de flujo (Alvarado, 2008).

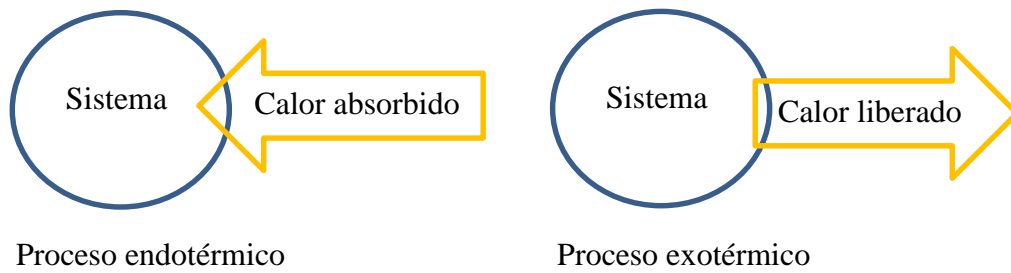


Figura 5. Calor absorbido o calor liberado en un sistema

En un sistema termodinámico su propiedad depende sólo del estado del sistema y se expresa en términos de energía, presión y volumen como,  $H = U + P.V$ . (Sahin & Gulum, 2005).

## 2.6. Propiedades tecno funcionales

### 2.6.1. Gelatinización

Es la pérdida del orden molecular se manifiesta dentro del gránulo del almidón. Esta transformación va acompañada de cambios como: absorción de agua, hinchazón del grano, fusión de la parte cristalina, aumento en la viscosidad y la solubilidad del gránulo (Quintero *et al.*, 2012). A temperaturas cercanas a  $65^{\circ}\text{C}$ , la temperatura de gelatinización es donde se alcanza el máximo de viscosidad y se pierde la birrefringencia y el patrón de difracción de rayos X (Badui, 2006), como se muestra en la Figura 6.

La temperatura de gelatinización es menor en tubérculos debido a que el gránulo de almidón absorbe rápidamente agua, también al debilitamiento entre las fuerzas de atracción de las moléculas de amilosa y amilopectina (Alvis *et al.*, 2008).

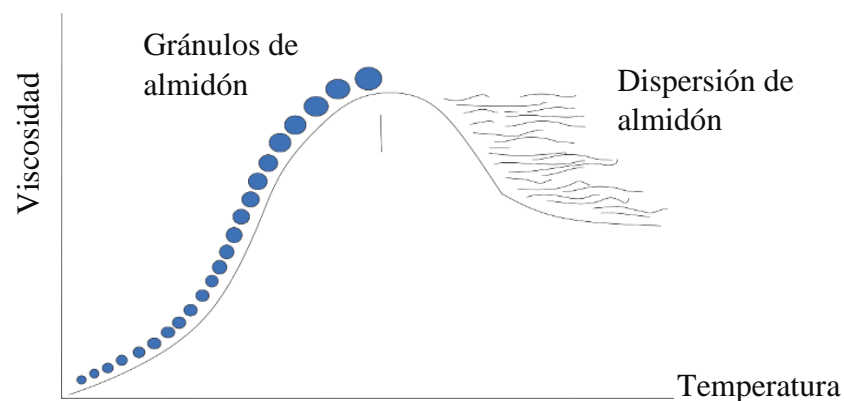


Figura 6. Los gránulos se hinchan y retienen un máximo de agua hasta que se rompen y producen una dispersión de moléculas de amilosa y amilopectina (Badui, 2006).

### 2.6.2. Retrogradación

Es la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan, esto se puede dar por la concentración y la temperatura, si una solución concentrada de amilosa se calienta y se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente, se forma un gel, pero si las soluciones son diluidas, se vuelven opacas y precipitan (Badui, 2006), la formación del gel depende especialmente del contenido de amilosa presente en las moléculas, del tamaño y de la forma del gránulo (Alvis *et al.*, 2008), se muestra en la Figura 7.

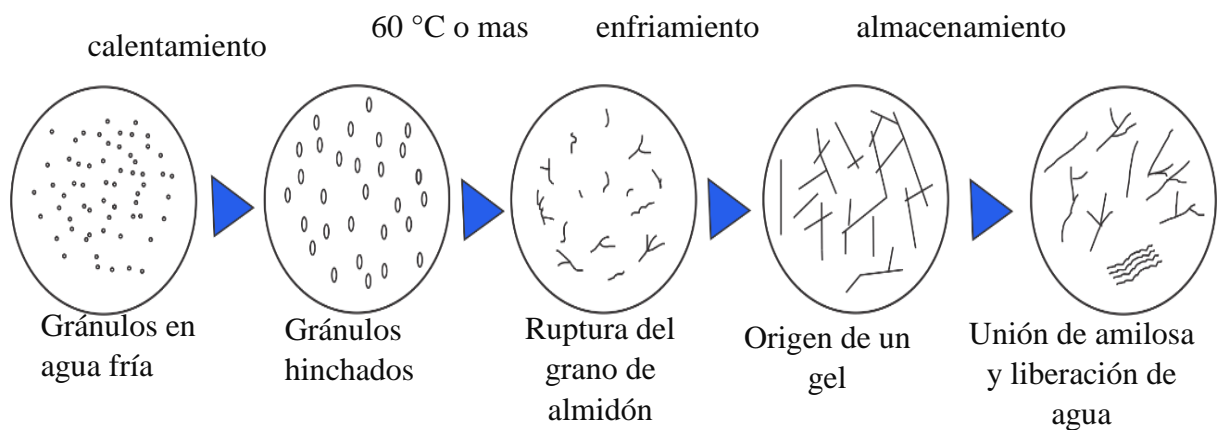


Figura 7. Gránulos de almidón y sus transformaciones (Badui, 2012).

### 2.6.3. Reología

Es el estudio de la deformación y el flujo de los materiales, con el cual se puede acceder a la información cualitativa y cuantitativa para obtener parámetros reológicos como viscosidad, propiedades elásticas y viscoelásticas (Campo, 2018), también definida como la ciencia que estudia las deformaciones, incluyendo la fluencia de los cuerpos fluidos y sólidos sometidos a la acción de fuerzas mecánicas (Horst-Dieter, 2001).

### 2.6.4. Viscosidad.

Es una medida cuantitativa de la resistencia de un fluido, cuando a este se le aplica un esfuerzo de corte (White, 2004), también considerada como una propiedad de transporte que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento (Campo, 2018).

Las unidades de la viscosidad son de Pa. s (Pascal por segundo), aunque es más común el uso del mPa.s (mili Pa. s) o cP (centi Poise) (Campo, 2018). Las variables más

importantes que afectan a la viscosidad son: Velocidad de deformación, Temperatura, Presión, Concentración.

**a. Fluidos newtonianos**

Los fluidos que siguen la ley de viscosidad de Newton se llaman fluidos newtonianos, dentro de estas están el agua como el té, el café, la cerveza, las bebidas gaseosas, los zumos de fruta y la leche (Sahin & Gulum, 2005). La viscosidad es constante para este tipo de fluidos y no depende del esfuerzo cortante aplicado, aunque sí de la temperatura y a la presión (Campo, 2018).

**b. Fluidos no newtonianos**

Los fluidos no newtonianos se caracterizan por no cumplir la ley de Newton de la viscosidad, por lo tanto, la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación deja de ser de forma lineal (Campo, 2018) estos fluidos de cizallamiento obedecen al modelo de la ley de poder ecuación de Ostwald Waele (Sahin & Gulum, 2005).

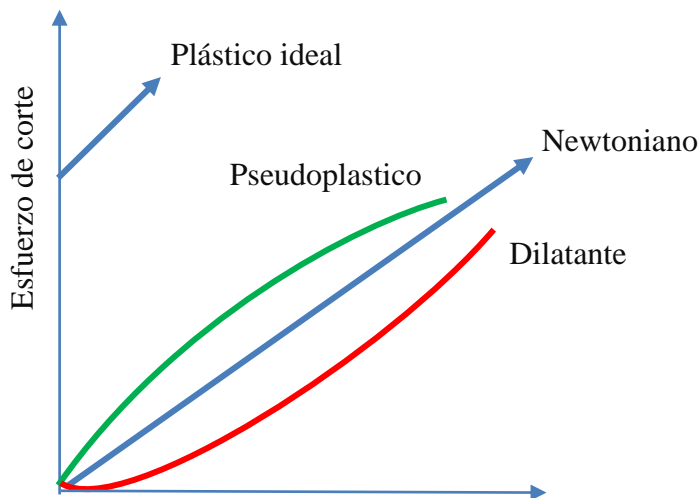


Figura 8. Viscosidades aparentes, independientes del tiempo (Sahin & Gulum, 2005).

**2.7. Metodologías**

**2.7.1. Técnicas de análisis morfológico.**

Esta es una técnica que permite obtener información de lo estudiado, a pesar del carácter local de esta técnica la resolución depende del microscopio y la técnica utilizada (Faraldos & Goberna, 2011).



### 2.7.2. Técnica de análisis de colorimétrico

Espacio de color de Hunter Lab es un sistema que se basa en las mediciones de L, a y b. El valor L representa la luminosidad y los cambios de negro (0) a blanco (100), esta escala también se deriva de los valores X, Y, Z. El valor a es una función de X e Y, el valor b de Z e Y. La tercera dimensión necesaria, L para la ligereza, es la función no lineal como la raíz cuadrada o cúbica de Y que es el porcentaje de reflectancia (o transmitancia) (Sahin & Gulum, 2005).

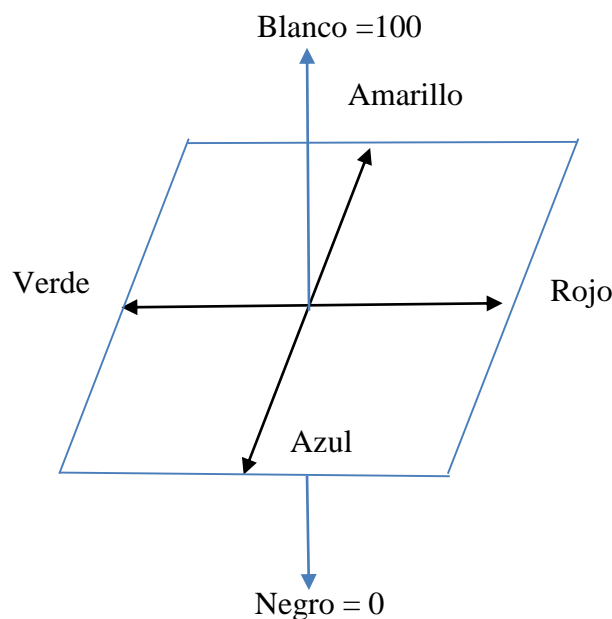


Figura 9. Sistema Hunter Lab, L,a,b (Sahin & Gulum, 2005).

La evaluación de blancura depende de los materiales y la aplicación que se utiliza, existen una infinidad de índices, en el mercado los más utilizados son índices de blancura CIE, índices de blancura ASTM E313-00 (Konica Minolta, n.d.).

### 2.7.3. Técnicas de análisis térmico

El análisis térmico, es un grupo de técnicas que miden las propiedades termo físicas de una sustancia a una temperatura controlada (Faraldos & Goberna, 2011). Permiten evaluar propiedades físicas y químicas de una muestra cuando se somete a diferentes temperaturas, evalúa el comportamiento de los materiales, permitiendo identificar las transiciones más importantes que son consecuencia de la temperatura. (Balart *et al.*, 2003). Los que se realizaran se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6: Técnicas de análisis térmico**

Técnica	Variable Media	Aplicaciones
Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)	Calor y temperaturas de transiciones y reacciones.	Cinéticas de reacción, análisis de purezas.
Análisis Termo mecánico (TMA)	Cambios de viscosidad y de dimensiones.	Temperaturas de reblandecimiento, Coeficientes de expansión.

Fuente:(Balart *et al.*, 2003)

### 2.7.3.1. Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

La calorimetría estudia el intercambio de calor en diferentes procesos, mediante un instrumento denominado calorímetro, el cual mide el cambio de energía en un sistema al operar en un proceso que puede ser físico, químico o biológico (González *et al.*, 2010). Permite identificar en un sistema compuesto de almidón, las transiciones y observar las modificaciones de la estructura del gránulo, verificar la asociación de fragmentos de amilosa y amilopectina (retrogradación) e identificar los cambios en sus características térmicas (Aldana *et al.*, 2004).

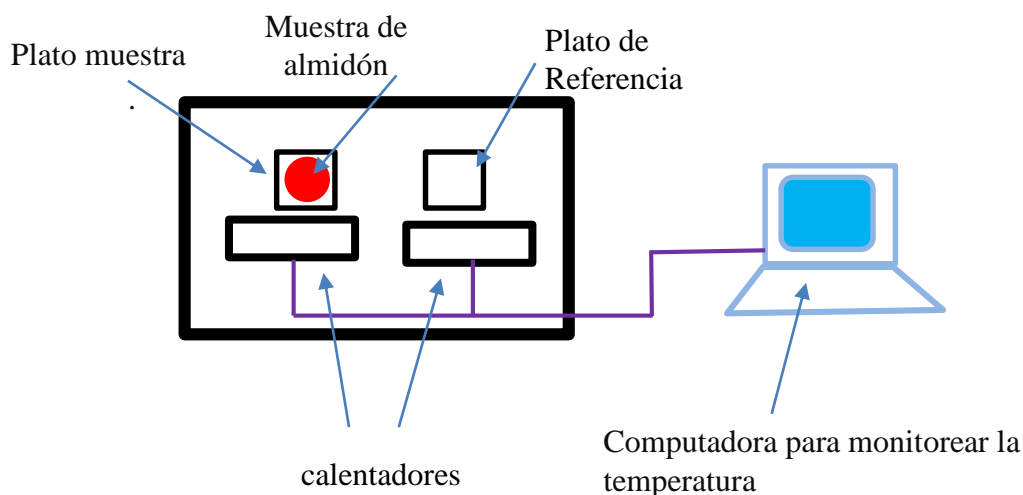


Figura 10. Esquema representativo de un sistema DSC (Sahin & Gulum, 2005)

El calorímetro de escaneo diferencial (DSC), que reporta el flujo de calor en función de la temperatura, es una excelente herramienta para la medición del calor específico (Sahin & Gulum, 2005).

Es una técnica importante en el campo de la Ciencia de Materiales debido a su elevado grado de sensibilidad y a su rápida velocidad de análisis (Suriñach *et al.*, 1992), el cual permite obtener datos de entalpía y temperaturas de transición o de reacción, en función de la temperatura de calentamiento. Las transiciones de fase del almidón observados por DSC (Aldana *et al.*, 2004).

Permite medir la cantidad de calor absorbido o desprendido entre una sustancia y una referencia en función de la temperatura (Faraldos & Goberna, 2011), el cual mide la diferencia entre el flujo de calor suministrado a un objeto, la energía transmitida corresponde a un cambio exactamente igual a la entalpía de la muestra, este cambio de entalpía puede ser endotérmico o exotérmico (Balart *et al.*, 2003), se observa en la Figura 11.

El DSC indica la temperatura en que los gránulos de almidón, cuando sufren cambios irreversibles bajo ciertas condiciones (Castanha *et al.*, 2018), se muestra el termograma de un análisis de DSC en la Figura 11.

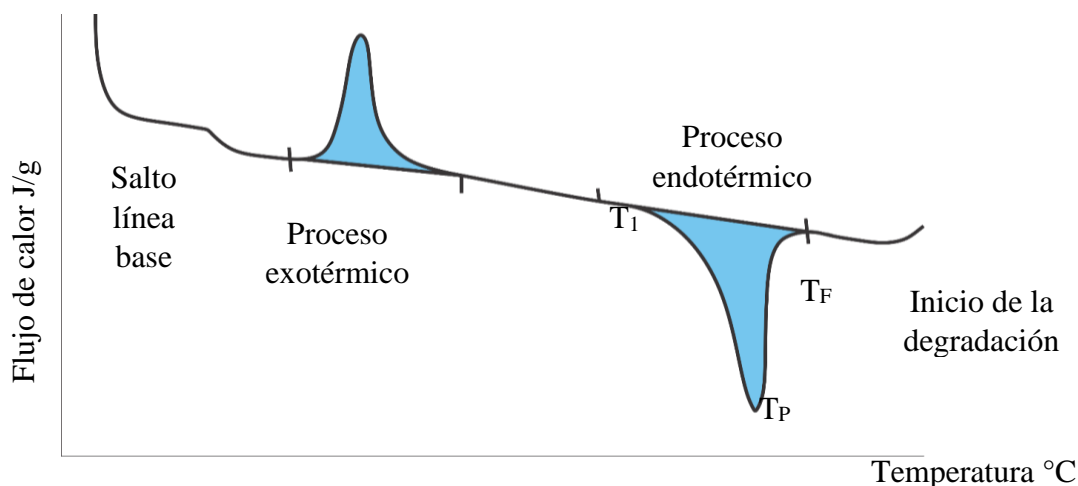


Figura 11. Curva calorimétrica de un termoplástico semi cristalino con sus diferentes transiciones térmicas (Balart *et al.*, 2003).

Algunas posibilidades entre la extensa variedad que aporta esta técnica según Balart *et al.*, (2003) son las siguientes:

- Determinación de la entalpía de un proceso en función de la temperatura.

- Determinación de pureza de los compuestos.
- Estudio de la estabilidad a la oxidación.
- Determinación del porcentaje de cristalinidad de polímeros parcialmente cristalinos.
- Cálculo de la temperatura de transición vítrea.
- Estudio de cinéticas de reacción (cálculo de la energía de activación, orden de reacción, constantes de velocidad)
- Determinación del calor específico.
- Estudio de procesos de envejecimiento.
- Rangos de temperaturas características.
- Estudios de compatibilidad entre polímeros.

### **2.7.3.2. Análisis por Viscoamilografía Rápida (AVR)**

El RVA es un viscosímetro rotacional con perfiles variables de temperatura y velocidad de rotación para determinar viscosidades de almidones, cereales y también puede ser utilizado como un simulador en la producción de alimentos (Pertén, 2015), es una técnica que mide la viscosidad, es decir determina la resistencia al flujo de una pasta con base de almidón cuando es sometida a una tensión de desplazamiento constante, incorporando a su vez condiciones de tiempo y temperaturas específicas de acuerdo a la muestra (Avila, 2002). Las funciones principales de una curva de viscosidad según (Pertén, 2015) son :

- La temperatura de pastificación, es la temperatura mínima para la cocción de una muestra determinada.
- El pico de viscosidad, es la capacidad de retención de agua del almidón.
- La relación del ablandamiento o pérdida de viscosidad.
- Setback, es también conocido como la re asociación entre las moléculas de almidón durante el enfriamiento es la retrogradación.
- La viscosidad final es el parámetro más utilizado para definir la calidad el cual indica la capacidad para formar una pasta viscosa o gel.

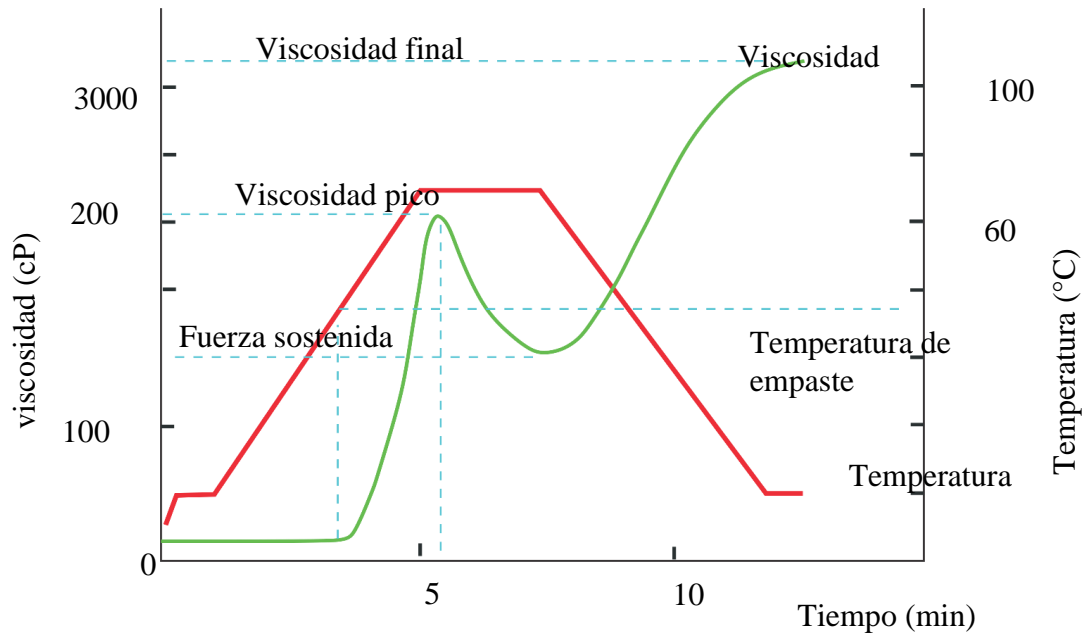


Figura 12. Termograma de un análisis de viscosidad (Perten, 2015).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ámbito de estudio

Las pruebas experimentales, se realizaron en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Laboratorios Generales de la Universidad Nacional de Juliaca y en los Laboratorios de la Universidad Estadual de Ponta Grossa y la Universidad Estatal de Campiñas (UNICAMP).

#### 3.2. Población y muestra

Se trabajó con seis variedades de papas nativas (Tabla 7), cuatro de ellos adquiridas del centro experimental INIA - Illpa (Puno), mientras que la Ruckii, Yana Lomo, son procedentes del distrito de Santa Rosa provincia de Melgar.

**Tabla 7: Variedades de papas nativas utilizadas.**

Nombre científico	Nombres en Quechua	Nombres en Aymara
<i>Solanum juzepczukii buk</i>	Ruckii	Luki
<i>Solanum juzepczukii</i>	Locka	Locka
<i>Solanum curtilobum</i>	Ocucuri Morado	Choquepito
<i>Solanum tuberosum ssp andigena</i>	Ccompis	Compi
<i>Solanum chaucha</i>	Yana Lomo	Lomo
<i>Solanum tuberosum ssp. andígena</i>	Yana Imilla	Imilla

### **3.3. Materiales**

- Bandejas.
- Baldes de plástico de 20 L.
- Cuchillos.
- Espátulas.
- Gradilla.
- Recipientes herméticos.
- Mortero con su pilón.
- Pinzas metálicas.
- Tubos de centrifugación de 50 mL.
- Envases herméticos.
- Crisoles.
- Papel filtro.
- Soporte universal.
- Embudo Buchner.

### **3.4. Materiales de vidrio**

- Varillas de vidrio.
- Placas Petri.
- Probetas 50 y 250 mL.
- Fiolas de 100 mL.
- Pipetas de 5 y 10 mL.
- Vasos precipitados de 600 mL.
- Vasos precipitados de 100 y 250 mL.
- Campana de desecación.
- Porta y cubre objetos.
- Balones de digestión Kjeldahl.
- Sistema de destilación.
- Sistema de digestión.
- Tubos de ensayo con rosca de 50 mL.

### **3.5. Reactivos**

- Agua destilada.
- Bisulfito de sodio.
- Etanol 96%.
- Éter de petróleo.
- Ácido clorhídrico.
- Ácido sulfúrico.
- Sulfato cúprico penta hidratado.
- Sulfato de potasio.
- Ácido bórico.
- Hidróxido de sodio 0.1 N.
- Ácido acético 1N.
- Yoduro de potasio.
- Estándar de amilosa.

### **3.6. Equipos e Instrumentos**

- Balanza analítica, marca NAHITA serie C75814.
- Micro balanza, marca AND BM20.
- Licuadora, marca OSTER.
- Centrifuga, marca BIO LION XC – L5.
- Mufla eléctrica, marca SELECTA.
- Equipo Soxlet.
- Equipo kjendahl, marca SELECTA.
- Microscopio invertido de fluorescencia, marca LUMENERA.
- Espectrofotómetro marca CM-700d, KONICA MINOLTA.
- Calorímetro, marca PERKIN ELMER.
- Analizador rápido de viscosidad, marca RVA 4500.
- Espectrofotómetro UV visible doble HAZ, marca SQ - 4802.

### **3.7. Análisis de la información**

#### **3.7.1. Extracción del almidón**

La materia prima se peló y cortó en cuadrados pequeños, el cual se procedió a licuar con agua destilada a baja velocidad por un tiempo de cinco minutos aproximadamente, el



homogenizado se pasó a través de una malla número 60, con adición de agua destilada hasta que el agua de lavado quede completamente limpia; a continuación se filtró y el sedimento correspondiente del almidón se secó en un horno de convección a 40°C por 24 h, luego de ello se procedió a moler en un mortero, posteriormente se tamizó en un tamiz de malla número 60, seguido a ello se almacenó a 12°C utilizando la metodología de Quintero *et al.*, (2012), con algunas variaciones.

### **3.7.2. Rendimiento de la extracción del almidón**

Para la determinación del rendimiento de almidones extraídos de papas nativas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de almidón Kg}}{\text{Cantidad de papa Kg}}$$

### **3.7.3. Composición proximal**

- Determinación de humedad (método gravimétrico), se realizó mediante método N° 950.46 (AOAC, 2005). Se muestra en el Anexo 3.
- Determinación de cenizas (método de incineración), se realizó mediante método N° 942.05 (AOAC, 2005). Se muestra en el Anexo 3.
- Determinación de proteína Total (método de Kjeldahl N x 6.25), se realizó mediante método N° 984.13 (AOAC, 2005). Se muestra en el Anexo 3.
- Determinación de grasa (método de Soxhlet), se realizó mediante el método N° 203.05 (AOAC, 2005). Se muestra en el Anexo 3.
- Determinación de fibra cruda, se realizó mediante el método N° 962.09 (AOAC, 2005). El que se muestra en el Anexo 3.

### **3.7.4. Contenido de amilosa y amilopectina**

Se pesó 100 mg de muestra en un frasco volumétrico de 100 mL, al que se agregó 1 mL de etanol al 95 por ciento de volumen/volumen y 9 mL de hidróxido de sodio al 1N. Se dejó a 20 °C entre 18 a 24 horas, posterior a ello se aforó a 100 mL, con agua destilada. Mientras en otro frasco volumétrico de 100 mL, con contenido de 50 mL de agua destilada se agregó una alícuota de 5 mL de la preparación inicial más 1 mL de ácido acético 1 N y 2 mL de solución de yodo al 2 por ciento, el cual se mezcló hasta completar el volumen con

agua destilada, seguido a ello se almacenó bajo oscuridad durante 20 minutos para leer la densidad óptica en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 620 nm.

Donde  $x$  = % de amilosa e  $y$  = absorbancia a 620 nm.

$$y = 0.0168x + 0.2138 ; \quad R^2 = 0.9998$$

$$\text{Porcentaje de amilosa} = \frac{\text{absorbancia} - 0.2138}{0.0168}$$

El contenido de amilopectina se obtuvo por la diferencia, con el contenido de amilosa del almidón, lo que permite la obtención de la relación amilosa y amilopectina realizados por Oñate, (2012).

### 3.7.5. Apariencia microscópica

La forma y tamaño de los gránulos, se determinó mediante observación microscópica directa, utilizando un microscopio invertido con fluorescencia. Dónde se midió los diámetros mayor y medio de los gránulos de almidón, procediendo según a lo reportado por Hernández-Medina, Torruco-uco, Chel-guerrero, & Betancur-ancona, (2008).

#### Procedimiento

- Se preparó una suspensión de almidón: agua (1:10).
- Luego se tomó una gota de la suspensión y se ubicó en el microscopio electrónico.
- Se tomaron fotografías con un aumento de 60X.
- Seguidamente se realizaron los análisis del tamaño y forma con el programa de Infinity Analyzer 6.5.2 de Lumenera Corporation.

### 3.7.6. Índice de blancura WI

Los valores de color del almidón, se midieron usando un espectrofotómetro Konica Minolta CM 700d, usando las coordenadas de la escala CIELab, L desde 0 (negro) hasta 100 (blanco), (Hsu *et al.*, 2003), para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$WI = 100 - \sqrt{((100 - L)^2) + a^2 + b^2}$$

Donde se utilizó las siguientes fórmulas para la reconversión

$$L = 10,0\sqrt{Y}$$

$$a = \frac{17,5(1,02X - Y)}{\sqrt{Y}}$$

$$b = \frac{7,0(Y - 0,847Z)}{\sqrt{Y}}$$

**donde:**

a: es un valor que cambia de verdoso a rojizo.

b: es un valor que varía azulado a amarillento.

L: representa el valor de la luminosidad.

### **Procedimiento:**

- Se colocó 10 g de almidón sobre una placa Petri.
- Posteriormente se compacta el almidón para que tenga una firmeza.
- Seguidamente se realizan los ajustes al espectrofotómetro y se coloca sobre la muestra para realizar las capturas.
- El cual muestra en la pantalla valores de X, Y y Z, los cuales están en una escala de Hunter Lab y se procede a transformarlas a una escala CIELab, para determinar el índice de blancura.

### **3.7.7. Calorimetría Diferencial de Barrido**

Para llevar a cabo el experimento se colocó las cápsulas en los calentadores, en una cápsula se coloca la muestra y en la otra se dejó vacía para utilizar como referencia (muestra inerte que no sufre cambios de fase) al someter a calor a ambas cápsulas, se asegura realizar el ensayo a la misma velocidad de calentamiento, a fin de observar la energía extra que se necesita para calentar la cápsula que sujeta dicha muestra con respecto a la referencia; esta cantidad de energía es medida mediante DSC.

La determinación de la temperatura y la entalpía de gelatinización (T y  $\Delta H$ ), se llevaron por medio de un calorímetro diferencial de barrido, en muestras de  $(10 \pm 0.5)$  mg con un contenido de humedad del 80 por ciento, para una velocidad de  $5^\circ\text{C}/\text{min}$ , desde temperatura ambiente hasta  $100^\circ\text{C}$ , en atmósfera de nitrógeno y en charolas herméticamente selladas (Quintero *et al.*, 2012), para ello se usó un crisol de aluminio, preparando una mezcla 4:1 (agua: almidón m/m) y durante 60 minutos para equilibrar el contenido de humedad. El instrumento se calibró previamente con una pureza del 99,9 por ciento de indio.

### **3.7.8. Análisis por Viscoamilografía Rápida**

Se pesaron alrededor de 3.5 g de almidón (con 11 por ciento de humedad), dispersándose en 25 mL de agua (relación 1:7). Se utilizó un analizador rápido de viscosidad (RVA), para lo cual se seleccionó un programa de 21 minutos en total, para someter a un ciclo de calentamiento y enfriamiento; el cual consistió en un ciclo de calentamiento hasta 95°C y enfriamiento a 50°C de la muestra, controlado bajo cizallamiento constante (160 rpm) donde se mantuvo a 50°C durante 2 minutos, luego se calentó de 50 a 95°C por 6 min, luego se mantuvo a 95°C durante 5 minutos, y finalmente se enfrió a 50°C por 6 min y se mantuvo a 50°C durante 2 minutos.

### **3.8. Diseño experimental**

Los datos de cada análisis fueron analizados mediante software específicos para MIF, DCS y RVA. El diseño experimental se muestra en la Figura 13.

### **3.9. Análisis estadístico**

#### **3.9.1. Determinación del rendimiento de los almidones**

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), con valor de  $p < 0.05$ , utilizando el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones.

#### **3.9.2. Análisis de la composición proximal de los almidones**

En lo concerniente a humedad, cenizas, proteínas, grasas y fibras; se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con valor de  $p < 0.05$ , mediante el Diseño Completamente al Azar (DCA).

#### **3.9.3. Análisis del contenido de amilosa y amilopectina en los almidones**

Fueron evaluados por un análisis de varianza (ANOVA), con valor de  $p < 0.05$ ; utilizando el Diseño Completamente al Azar (DCA).

#### **3.9.4. Análisis de propiedades morfológicas de los almidones**

El tamaño, fue evaluado mediante el análisis de varianza (ANOVA), con valor de  $p < 0.05$ , utilizando el Diseño Completamente al Azar (DCA).

#### **3.9.5. Análisis de la blancura de los almidones**

Fueron evaluados mediante el análisis de varianza (ANOVA), con valor de  $p < 0.05$ , utilizando el Diseño Completamente al Azar (DCA).

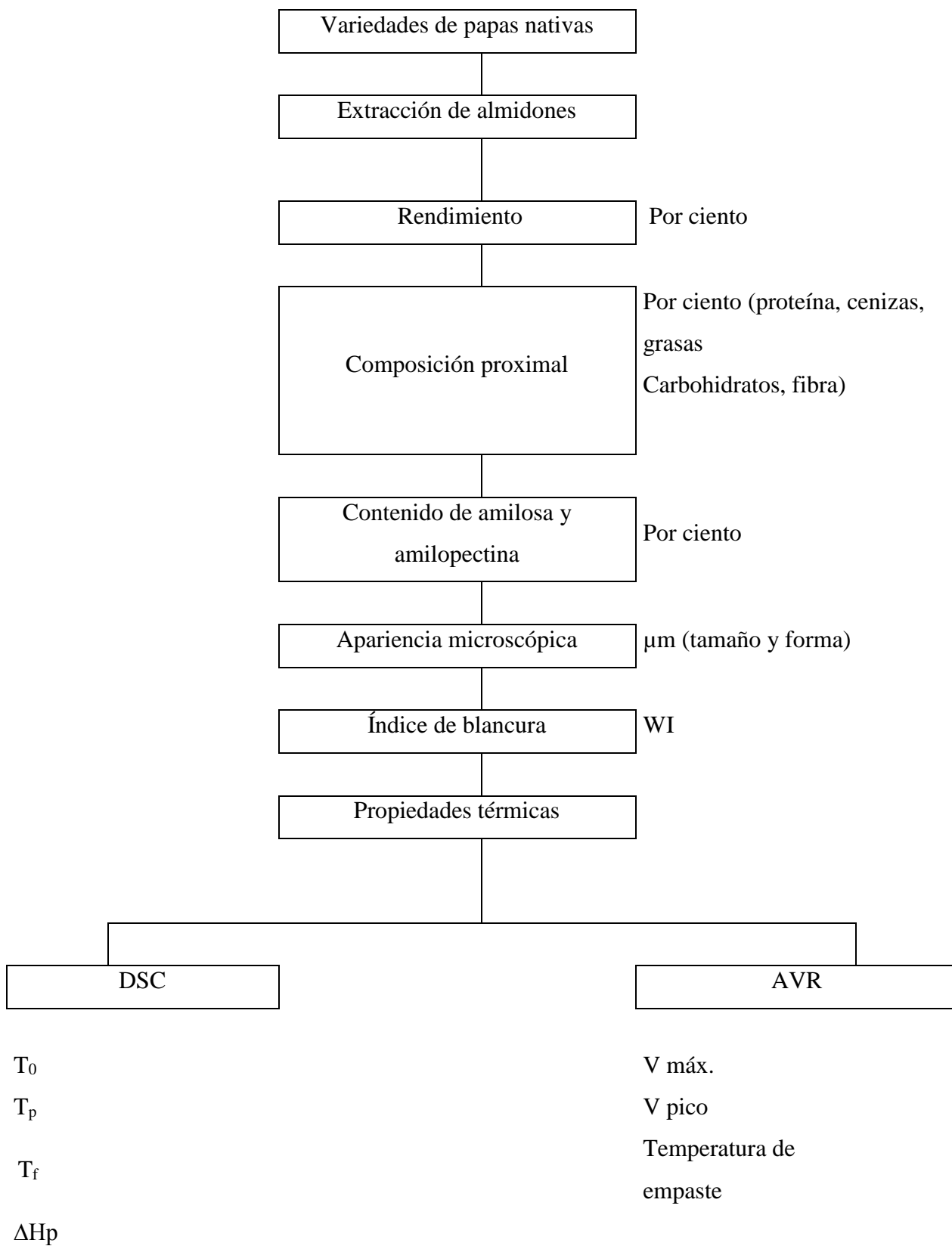


Figura 13. Diagrama de flujo del diseño experimental para la evaluación de las propiedades térmicas de los almidones extraídos de seis variedades de papas nativas.

### 3.9.6. Evaluación de las propiedades térmicas de los almidones

Fueron evaluadas mediante un análisis de varianza (ANOVA), con valor de  $p < 0.05$ , utilizando el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones. El que se muestra en Tabla 8.

**Tabla 8: Matriz del diseño experimental**

Tratamientos	1	2	3	4	5	6
Almidones de papas	Ruckii	Locka	Ocucuri	Ccompis	Yana	Yana
			Morado		Lomo	Imilla
<hr/>						
Rendimiento						
Composición proximal						
Contenido de amilosa y amilopectina						
Características morfológicas						
Índice de blancura						
Propiedades térmicas						
<hr/>						

Se realizó un DCA con tres repeticiones, luego se examinó el ANOVA con la finalidad de determinar la variabilidad, a un nivel de confianza de 95 por ciento y un error del cinco por ciento a si mismo se aplicó la prueba LSD de Fisher. Utilizando el programa estadístico R. El modelo estadístico para este diseño es:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$i$ : 1,2,3,4,5,6 (almidones de las seis variedades de papas nativas).

$j$ : 1,2,3(repeticiones).

$\gamma_{ij}$ : valor observado de la evaluación y la determinación de las características fisicoquímicas de los almidones de papas nativas.

$\mu$ : Promedio de las medias.

$\tau_i$  : diferencia del promedio de los almidones de las papas nativas.

$\epsilon_{ij}$  : error experimental.

### **3.10. Hipótesis**

#### **3.10.1. Hipótesis general**

Las propiedades térmicas, morfológicas y fisicoquímicas son diferentes entre los almidones extraídos de las seis variedades de papas nativas.

#### **3.10.2. Hipótesis específicas**

- Existe diferencia entre las muestras de los almidones de las seis variedades de papas nativas con respecto al rendimiento.
- La composición proximal de los almidones de seis variedades de papas nativas presenta diferencias significativas.
- El contenido de amilosa y amilopectina de los almidones de las seis variedades de papas nativas presentan diferencias significativas.
- Existe diferencia entre las muestras de los almidones de las seis variedades de papas nativas con respecto al tamaño y la forma.
- El índice de blancura de los almidones es influenciado por la variedad de papas nativas
- Las propiedades térmicas son diferentes entre los almidones de las seis variedades de papas nativas.




## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Evaluación del rendimiento de extracción de almidones de las seis variedades de papas nativas.

En el presente trabajo de investigación se utilizó seis variedades de papas nativas el que se muestra en la Tabla 9, todas procedentes del departamento de Puno.

**Tabla 9: Variedades de papas nativas**

Variedades	Imágenes
Ruckii <i>Solanum juzepczukii buk</i>	
Locka <i>Solanum juzepczukii</i>	
Ocucuri Morado <i>Solanum curtilobum</i>	



---

Ccompis  
*Solanum tuberosum ssp andigena*



Yana lomo  
*Solanum chaucha*



Yana imilla  
*Solanum tuberosum ssp. andígena*



---

El resultado del rendimiento de la extracción de almidones a partir de las papas nativas, mediante vía humedad se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10: Porcentaje de rendimiento de los almidones.**

Variedades de papas nativas	Rendimiento %
Ruckii	11.46 d
Locka	10.23 e
Ocucuri Morado	13.36 c
Ccompis	13.87 c
Yana lomo	17.60 a
Yana Imilla	15.37 b

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según LSD de Fisher ( $p < 0.05$ )

El análisis de varianza realizado con respecto al rendimiento aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p = 5.27e-08$ , se muestra en el Anexo 02 (Tabla 18), esto indica que

es menor que  $p < 0.05$ , el análisis de varianza demuestra que hay diferencia significativa en la extracción de almidones de las seis variedades de papas nativas. La prueba de LSD de Fisher, se muestra en el Anexo 2 (Tabla 19), el que define una clasificación por categorías, presentando a Yana Lomo en la categoría “A” el que evidencia mayor rendimiento, que al resto de las variedades con una media de 17.60 por ciento, en segundo lugar se muestra el efecto de la categoría “B” de la papa Yana Imilla que presentó una media de 15.37 por ciento, en tercer lugar se muestra la categoría “C” por las variedades de papas nativas como Ccompis y Ocucuri Morado con medias de 13.87 y 13.36 por ciento, en cuarto lugar se muestra la categoría “D” que corresponde a la variedad de papa Ruckii con una media de 11.46 por ciento, finalmente la variedad Locka definido por la categoría “E” presentó el menor nivel de rendimiento con una media de 10.23 por ciento, el que se muestra en la Tabla 10.

Las papas nativas muestran rendimientos en un rango de 10.23 a 17.60 por ciento, las variedades de papas nativas dulces tienen un mayor rendimiento a comparación de las papas nativas amargas, fenómeno que podría corresponder al método de extracción, variedad, el estado de madurez, el tamaño de las papas nativas, factores ambientales, así mismo se reportaron rendimientos máximos de 15.63 por ciento en la extracción de almidón de *Solanum phureja*, con acondicionamiento de pH y temperatura (Gonzales *et al.*, 2012), mientras los rendimientos en los almidones nativos del grupo *phureja* osciló de 8.67 a 22.72 por ciento (Zarate-polanco *et al.*, 2013), estos resultados obtenidos son similares a los mencionados por otros autores en los diversos estudios, por otra parte se podría obtener un mayor rendimiento en los resultados obtenidos empleando métodos más eficientes, debido que en la extracción por vía húmeda, los almidones quedan retenidos en la fibra o son arrasados por el agua mediante el lavado.

#### **4.2. Determinación de la composición proximal de los almidones.**

Para la composición proximal de los almidones, se determinó el porcentaje de humedad, cenizas, grasa, fibra, proteína y por diferencia los carbohidratos, utilizando la metodología AOAC (2005). Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11: Composición proximal de almidones**

Almidón de papas nativas	Humedad %	Cenizas %	Grasas %	Fibra %	Proteínas %	Carbohidratos %
Ruckii	7.22 f	0.12 f	0.01 e	0.04 b	0.68 b	91.93
Locka	7.63 d	0.14 e	0.04 b	0.04 c	0.76 a	91.40
Ocucuri Morado	7.63 e	0.42 b	0.01 e	0.06 a	0.76 a	91.13
Ccompis	8.73 b	0.22 c	0.08 a	0.02 d	0.49 d	90.45
Yana Lomo	8.85 a	0.44 a	0.03 c	0.02 d	0.51 d	90.14
Yana Imilla	7.69 c	0.15 d	0.02 d	0.02 d	0.57 c	91.54

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ).

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de humedad, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p = < 2e-16$ , mostrado en el Anexo 2 (Tabla 20), el cual es menor que el nivel crítico de comparación alfa, lo que indica que se obtuvo una respuesta significativa por lo tanto se demuestra que hay diferencia significativa con respecto al porcentaje de humedad para los almidones de papas nativas. Por otro lado la prueba de LSD de Fisher, aportó las evidencias estadísticas, mostrado en el Anexo 02 (Tabla 21), dando una clasificación definida por categorías, el almidón de Yana lomo se encuentra en primer lugar en la categoría “A” con una mayor cantidad de humedad de 8.85 por ciento, en segundo lugar en una categoría “B” con una media de 8.73 por ciento se encuentra Ccompis, en tercer lugar esta Yana Imilla con una media de 7.69 por ciento en la categoría de “C” en cuarto lugar en la categoría “D” se encuentra Locka con una media de 7.63 por ciento, en quinto lugar se muestra Ocucuri Morado en la categoría “E” con una media de 7.63 por ciento y por último esta Ruckii con una media de 7.21 por ciento y con un menor contenido de humedad, mostrado en la Tabla 11.

El contenido de humedad en los almidones de las seis variedades de papas nativas osciló entre 7.22 a 8.85 por ciento, los almidones de papas nativas dulces tienen un mayor contenido de humedad. Se encontraron reportes donde la humedad del almidón de la papa es de 8.5 por ciento (Alvis *et al.*, 2008), así mismo Martínez *et al.*, (2019), reporto que los almidones de papa Imilla negra contiene 9.3 por ciento y para la variedad Locka es de 10.2 por ciento, se halló que el contenido de humedad depende de la variedad de la papa y varía

desde 5.8 a 6.9 por ciento (Pardo *et al.*, 2013), y en otros estudios reportan humedades de porcentajes de 14.15 a 15.62 por ciento (Martínez, Malaga, Betalleluz, Ibarz, & Velezmore, 2015), estas diferencias se podrían dar por el tiempo de secado, el método utilizado, los resultados encontrados están dentro de los rangos establecidos por los diversos autores, también se pueden dar a los resultados presentados en base seca o base húmeda.

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de cenizas, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p = <2e-16$  mostrado en el Anexo 2 (Tabla 22), el cual es menor que  $p < 0.05$ , lo que indica que se tiene diferencias significativas en el porcentaje de cenizas en los distintos almidones. La prueba de LSD de Fisher, mostrado en Anexo 2 (Tabla 23), presenta evidencias estadísticas de una clasificación por categorías, el almidón de Yana lomo se encuentra en la categoría “A” con un mayor contenido de cenizas presentando una media de 0.44 por ciento, mientras que en el segundo lugar se encuentra Ocucuri Morado en la categoría “B” con una media de 0.42 por ciento, el tercer lugar pertenece a la categoría “C” está el almidón de la papa Ccompis con una media de 0.22 por ciento, en cuarto lugar se tiene a la Yana Imilla en la categoría “D” con una media de 0.15 por ciento, en el quinto lugar con una clasificación “E” se encuentra Locka con una media de 0.13 por ciento y por último se encuentra Ruckii con una media de 0.12 por ciento con un menor contenido de cenizas en los almidones mostrado en la Tabla 11.

El contenido de cenizas de los almidones está comprendido entre un rango de 0.12 a 0.44 por ciento, siendo el más alto para el almidón de Yana Lomo, estos resultados son semejantes a los resultados encontrados para el almidón de la papa variedad (ICA-Nariño) que fue de 0.44 por ciento (Alvis *et al.*, 2008), en el contenido de cenizas del almidón de siete variedades de papas nativas presentaron valores de 0.239 a 0.443 por ciento (Pardo *et al.*, 2013), mientras que el almidón de papa Imilla negra es de 0.29 por ciento, en cambio para Locka es de 0.22 por ciento según Martínez *et al.*, (2019), lo que se atribuye debido al contenido de fósforo, responsable del hinchamiento, de la estabilidad de la pasta y de la resistencia a la hidrólisis enzimática del almidón de papa (Singh y Kaur, 2009) citado por (Pardo *et al.*, 2013), también al contenido de otras sales que se encuentran en los almidones.

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de grasas, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p = 1.11e-15$ , se muestra en el Anexo 2 (Tabla 24), el cual es menor que  $p < 0.05$ , lo que indica que se obtuvo una respuesta significativa, donde el ANOVA demostró que existen diferencias significativas en el porcentaje de grasas en los distintos

almidones. La prueba de LSD de Fisher, mostrado en el Anexo 2 (Tabla 25), aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente manera en los almidones de papas nativas, Ccompis se encuentra en la categoría “A” con un mayor contenido de grasas dando una media de 0.08 por ciento, en segundo lugar se encuentra Locka en la categoría “B” con una media de 0.04 por ciento, en el puesto tres con la categoría “C” esta Yana Lomo con una media de 0.03 por ciento, en cuarto lugar se muestra la categoría “D” el almidón de Yana imilla con una media de 0.02 por ciento, finalmente en la categoría “E” se encuentra el almidón de papa Ocucuri Morado y Ruckii con medias de 0.01 por ciento mostrando un menor contenido de grasas, se podría decir que los almidones de papas amargas tienen un menor contenido de grasas (Tabla 11).

Los contenidos de grasas en los almidones de las seis variedades de papas nativas presentaron valores de 0.01 a 0.08 por ciento, siendo el más alto para Ccompis, se reportaron datos para el contenido de grasas que variaron de 0.04 a 0.14 por ciento (Thais-Paes *et al.*, 2015), mientras que para el almidón de papa imilla negra fue de 0.00 por ciento y para el almidón de la papa Locka es de 0.07 por ciento (Martínez *et al.*, 2019), así mismo en almidón de la papa variedad (ICA-Nariño) presentó el valor de 0.35 por ciento (Alvis *et al.*, 2008), por lo tanto los datos obtenidos están dentro de los datos reportado en diversas investigaciones.

El análisis de varianza realizado para el contenido de fibra, aportó evidencias estadísticas de un valor  $P=7.8e-13$ , mostrado en el Anexo 2 (Tabla 26), el cual es menor que  $p<0.05$ , esto indica que se obtuvo diferencias significativas según la prueba F. La prueba de LSD de Fisher, mostrado en el Anexo 2 (Tabla 27), aportó las evidencias significativas de una clasificación definida para los almidones de papas nativas, en primer lugar en la categoría “A” con un contenido mayor de proteínas se encuentra Ocucuri Morado con una media de 0.06 por ciento, en segundo lugar en la categoría “B” esta Ruckii con un menor porcentaje con su media de 0.04 por ciento, en tercer lugar se muestra la categoría “C” con Locka con una media de 0.04 por ciento, y en la categoría “D” están Yana Imilla, Yana Lomo y Ccompis con una media de 0.02 por ciento mostrado en la Tabla 11.

El contenido de fibra en los almidones oscilaron en un rango de 0.02 a 0.06 por ciento, en el estudio se muestra que los almidones de papas nativas amargas tienen un mayor contenido de fibra, en lo reportado para el almidón procedente de la papa variedad (ICA-Nariño) fue de 0.05 por ciento (Alvis *et al.*, 2008), por lo que los datos son similares.

El análisis de varianza realizado para el contenido de proteínas, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p=1.12e-10$ , se muestra en el Anexo 2 (Tabla 28), el cual es menor a  $p<0.05$ , lo que indica que se obtuvo una respuesta significativa, por lo cual existen diferencias significativas en el porcentaje de proteínas en los almidones de seis variedades de papas nativas. La prueba LSD de Fisher, mostrado en el Anexo 2 (Tabla 29), aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida para los almidones de Locka y Ocucuri Morado encontrándose en una categoría “A” con mayor contenido de proteínas dando una media de 0.76 por ciento, en segundo lugar esta Ruckii en una categoría “B” con una media de 0.68 por ciento, en tercer lugar se muestra Yana Imilla con una categoría de “C” dando una media de 0.57 por ciento, finalmente para la categoría “D” se encuentran Yana Lomo y Ccompis con medias de 0.02 por ciento con una menor cantidad de proteínas, mostrado en la Tabla 11.

El contenido de proteínas de los almidones presentó oscilaciones de 0.49 a 0.76 por ciento, en donde los almidones de papas amargas tienen un alto contenido de proteínas; el contenido de proteína en el almidón de papa variedad (ICA-Nariño) fue de 0,62 por ciento (Alvis *et al.*, 2008), mientras que para los almidones de papa Imilla negra de 0.58 por ciento y de Locka es 0.74 por ciento (Martínez *et al.*, 2019), así también se reportó variaciones en el contenido de proteínas de 0.289 a 0.362 por ciento (Pardo *et al.*, 2013), en otro estudio se presentó valores de 0.19 a 0.31 por ciento (Thais-Paes *et al.*, 2015), asimismo rangos de 0.30 a 0.34 por ciento (Alvani *et al.*, 2011), por lo tanto los datos obtenidos son semejantes a los reportados y varían dependiendo de la variedad de papa.

El porcentaje de carbohidratos se obtuvieron por diferencia, encontrándose los siguientes valores en los almidones de Ruckii presentó 91.93 por ciento, para Locka de 91.40 por ciento; en cambio para Ocucuri Morado fue de 91.13 por ciento, mientras para Ccompis es de 90.45 por ciento, así como para Yana Lomo fue de 90.14 por ciento y finalmente para Yana Imilla es de 91.54 por ciento, se reportaron datos para el contenido de carbohidratos totales obtenidos es de 99.5 por ciento (Xu *et al.*, 2013), mientras en el estudio se encontró almidones que oscilaron de 90.14 a 91.93 por ciento.

#### **4.3. Análisis del contenido de amilosa y amilopectina**

En la Tabla 12 se muestra el porcentaje de amilosa y amilopectina de los almidones de seis variedades de papas nativas.

**Tabla 12: Contenido de amilosa y amilopectina en almidones.**

Almidones de papas nativas	Amilosa %	Amilopectina %
Ruckii	24.10 e	75.90 b
Locka	25.70 d	74.30 c
Ocucuri Morado	23.90 f	76.10 a
Ccompis	28.14 b	71.86 e
Yana Lomo	27.90 c	72.10 d
Yana Imilla	30.50 a	69.51 f

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ).

El análisis de varianza realizado para la amilosa y amilopectina aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p = < 2e-16$ , mostrada en el Anexo 2 (Tabla 30 y 32), el cual es menor al  $p < 0.05$ , lo que demuestra que existen diferencias significativas en el contenido de amilosa y amilopectina en los almidones de papas nativas.

La prueba LSD de Fisher para el contenido de amilosa, aportó las evidencias mostradas en el Anexo 2 (Tabla 31), muestra la clasificación por categorías para los almidones, Yana Imilla tiene un mayor contenido de amilosa en la categoría “A” con una media de 30.50 por ciento, en segundo lugar se muestra la categoría “B” Ccompis con una media de 28.14 por ciento, en tercer lugar está Yana Lomo en categoría “C” con una media de 27.90 por ciento, en cuarto lugar en categoría “D” esta Locka con una media de 25.70 por ciento, en quinto lugar en categoría “E” se encuentra Ruckii con una media de 24.10 y finalmente en quinto lugar en categoría “F” está Ocucuri Morado con una media de 23.90 por ciento, se muestra que las papas amargas tienen menor cantidad de amilosa esto se muestra en la Tabla 12.

La prueba LSD de Fisher para el contenido de amilopectina muestra las evidencias estadísticas de una clasificación dada en el Anexo 2 (Tabla 33), para el almidón de papa Ocucuri Morado se mostró en primer lugar con una categoría “A” con una media de 76.10 por ciento resaltando por su mayor contenido de amilopectina, en segundo lugar se muestra el efecto de la categoría “B” dado por Ruckii con una media de 75.90 por ciento, en tercer lugar se muestra el efecto de la categoría “C” seguidamente por Locka con una media de 74.30 por ciento, en cuarto lugar la categoría “D” con Yana Lomo que presenta una media

de 72.10 por ciento, en quinto lugar se encuentra Ccompis en categoría “E” con una media de 71.86 por ciento, finalmente para la categoría “F” está Yana Imilla con una media de 69.51 por ciento tiene la menor cantidad de amilopectina, mostrado en la Tabla 12.

En general el almidón la papa tiene una proporción del 20 por ciento de amilosa y 80 por ciento de amilopectina, la amilosa es importante en el almacenamiento de energía; la amilopectina es un componente de la capa externa de los gránulos del almidón (Aguilar, 2016), el contenido de amilosa en los almidones de papas nativas varía desde 23.90 a 30.50 por ciento teniendo un mayor contenido los almidones de papas nativas amargas, mientras el contenido de amilopectina varia de 69.5 a 76.1 por ciento y se encuentran en mayor cantidad en almidones de papas nativas dulces esto se aprecia en la Figura 14. Se reportaron valores en el contenido de amilosa en el almidón de 16.10 a 23.43 por ciento (Thais-Paes *et al.*, 2015), también de 18.5 a 23.5 por ciento en almidones de seis variedades de papas (Tong *et al.*, 2018), así mismo de 15.4 a 25.5 por ciento (Absar *et al.*, 2009), mientras Xu *et al.*, (2013), encontró de 23 a 26.7 por ciento, de 25.13 a 29.05 por ciento (Alvani *et al.*, 2011), y también al contenido de amilosa en el almidón de la variedad de papa (ICA-Nariño) que fue de 24 por ciento (Alvis *et al.*, 2008), esta variación se debe a la fuente botánica de la papa y se ve afectada por las condiciones climáticas y tipos de suelo durante su crecimiento de la planta (Martinez *et al.*, 2015), por lo que la variación del contenido de amilosa y amilopectina se podría dar por factores tales como las condiciones climáticas, el tiempo de cosecha y diferentes tipos de suelo durante el cultivo dentro de la misma especie (Jan *et al.*, 2016), por lo que el contenido de amilosa tiene estrecha relación con las características reológicas en cuanto a su firmeza, sinéresis y retrogradación del gel obtenido.

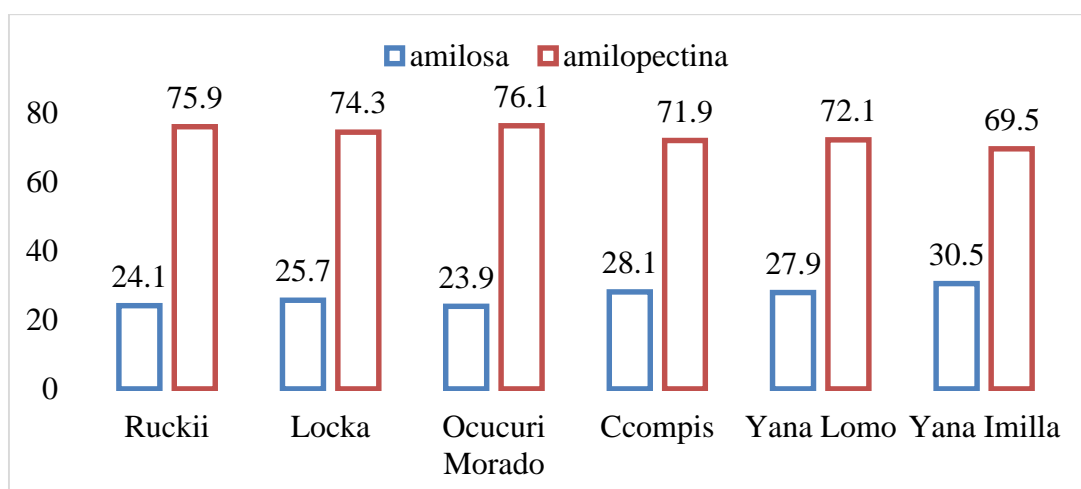


Figura 14. Contenido de amilosa y amilopectina (%) en almidones de papas nativas.



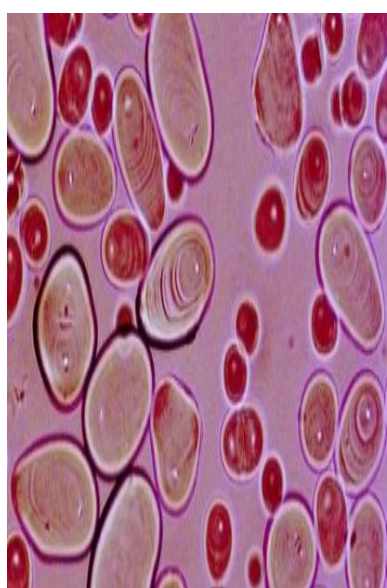
#### 4.4. Caracterización de forma y tamaño de los gránulos de almidones.

La caracterización de la forma y tamaño de las seis variedades de almidones de papas nativas, se realizó utilizando un microscopio invertido de fluorescencia (MIF), en el análisis del tamaño y forma se utilizó Infinity Analyzer. El resultado se muestra en la Tabla 13.

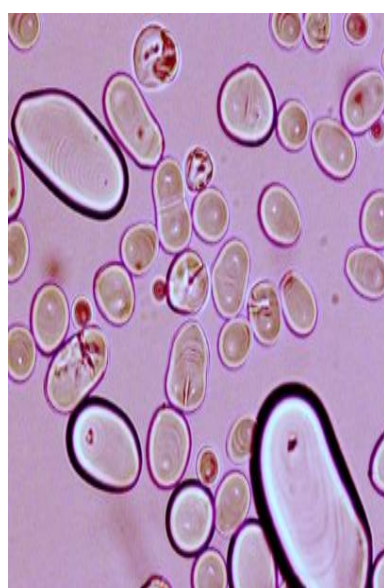
La forma que muestran los almidones de papas nativas, son circulares, ovaladas y elípticas, observando que a menor tamaño son esferoides y a medida que son más grandes tienden a deformarse (polígonos irregulares), además se observó que las papas nativas amargas (Ocucuri Morado, Ruckii, Locka) tienen un mayor contenido de tamaños menores de formas circulares y elípticas, en cambio las papas nativas dulces (Ccompis, Yana Imilla y Yana Lomo), son de formas ovaladas a elípticas, estos resultados son similares a los encontrados según Alvis *et al.*, (2008), la forma del granulo del almidón de papa presenta ovoides y de formas esféricas (Zhang *et al.*, 2013). En otros estudios muestran que es circular para los tamaños pequeños y elíptica para los tamaños grandes (Medina & Salas, 2007), pero el tamaño y forma de los almidones son característicos de cada especie (Badui, 2006), las formas inician en circulares y a medida que se desarrollan tienden a ser ovoides, circulares o elípticas también en otras tienden a deformarse.

**Tabla 13: Formas de los gránulos de los almidones**

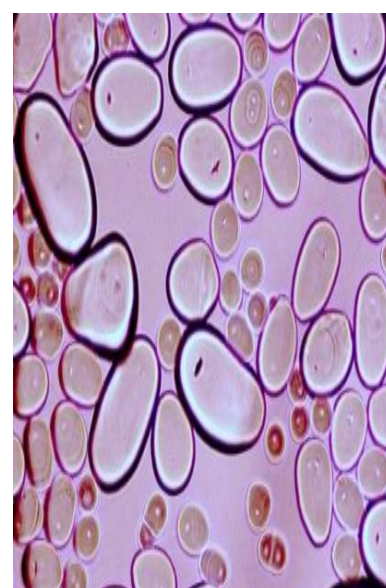
Imágenes de gránulos de almidones de papas nativas a 60X



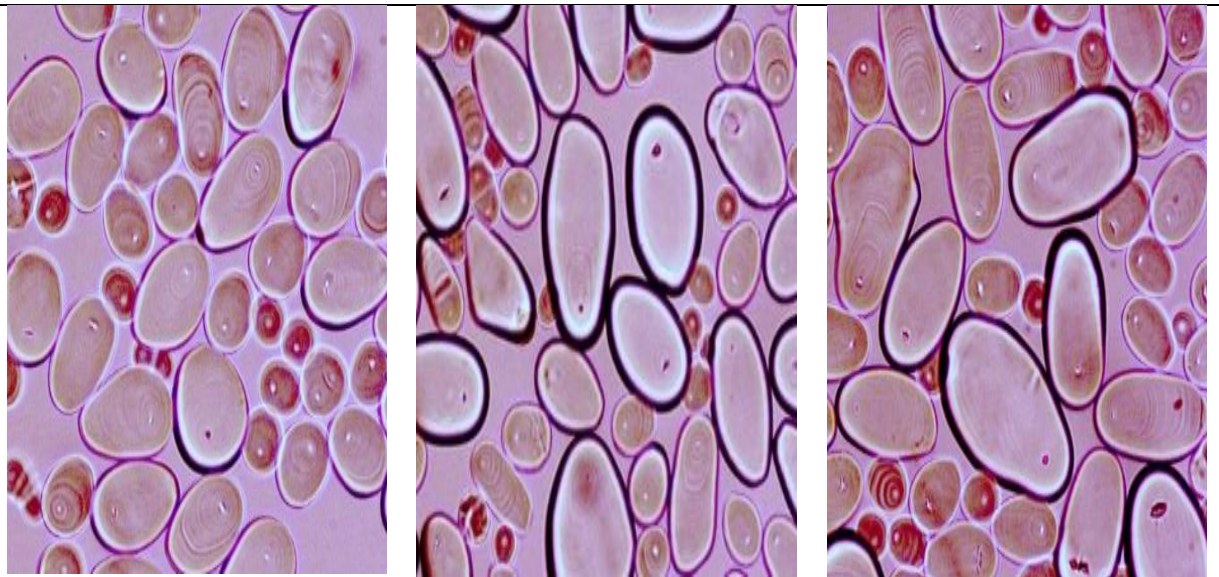
Ruckii



Locka



Ocucuri Morado



Ccompis

Yana Lomo

Yana Imilla

En la Tabla 14, se muestra los tamaños de los gránulos de almidón tanto para tamaños grandes y tamaños pequeños.

**Tabla 14 : Tamaños de los gránulos de almidones**

Almidones de papas nativas	Promedio tamaños grandes( $\mu\text{m}$ )	Promedio tamaños medio ( $\mu\text{m}$ )
Ruckii	40.97 d	11.88 d
Locka	63.91 a	17.51 a
Ocucuri Morado	40.22 e	13.78 c
Ccompis	41.98 c	16.56 b
Yana Lomo	42.60 b	16.13 b
Yana Imilla	38.58 f	17.99 a

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ).

El análisis de varianza para los promedios de tamaños grandes en almidones, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p = < 2e-16$ , mostrado en el Anexo 2 (Tabla 34). Así mismo el análisis de varianza para los promedios de tamaños medio aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p = 2.37e-09$ , mostrado en el Anexo 2 (Tabla 36), donde el ANOVA

demonstró que existen diferencias significativas en el tamaño de gránulos de almidón a causa de los distintos almidones.

La prueba LSD de Fisher para los promedios de tamaños grandes, aportó evidencias estadísticas, el cual se muestra en el Anexo 2 (Tabla 35), con una clasificación definida de la siguiente forma, en primer lugar la categoría “A” está Locka con un tamaño de diámetro mayor, con una media de 63.91  $\mu\text{m}$ , en segundo lugar la categoría “B” dado por Yana Lomo con una media de 42.60  $\mu\text{m}$ , en tercer lugar con la categoría “C” se encuentra Ccompis con una media de 41.98  $\mu\text{m}$ , en cuarto lugar se encuentra Ruckii en la categoría “D” con una media de 40.97  $\mu\text{m}$ , en quinto lugar la categoría “E” mostrando una media de 40.22  $\mu\text{m}$  está el almidón de Ocucuri Morado y finalmente la Yana Imilla definido por la categoría “F” que obtuvo una media de 38.58  $\mu\text{m}$ , es el menor en cuanto al tamaño el cual se muestra en la Tabla 14.

La prueba de LSD de Fisher para los promedios de tamaños medio, se muestra en el Anexo 2 (Tabla 37), aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente manera en la categorías “A” para Yana Imilla y Locka con una media de 17.99 y 17.51  $\mu\text{m}$  correspondiente, en segundo lugar, se encuentra el efecto de la categoría “B” dado por Ccompis y Yana Lomo mostrando una media de 16.56 y 16.12  $\mu\text{m}$ , en tercer lugar se muestra la categoría “C” dado por Ocucuri morado con una media de 13.78  $\mu\text{m}$ , finalmente se encuentra Ruckii con una media de 11.88  $\mu\text{m}$  con una categoría “D”, el cual esta resumido en la Tabla 14.

El tamaño de los gránulos de almidones tienen variaciones que pueden ser atribuibles al origen biológico, a las prácticas de cultivo, a la bioquímica del cloroplasto o amiloplasta y a la fisiología de la planta (Zhang *et al.*, 2013), se mostraron en estudios tamaños de 24.0 a 28.2  $\mu\text{m}$  (Xu *et al.*, 2013) también de 5 a 100  $\mu\text{m}$  (Badui, 2006), se tienen otros reportes donde indica que los gránulos pequeños van de 1 a 5  $\mu\text{m}$  que representa 4.67 por ciento, los gránulos medianos de 6 a 23  $\mu\text{m}$  representa 22.4 por ciento, en cambio los gránulos grandes mayores a 23  $\mu\text{m}$  que representan un 72.93 por ciento (Singh *et al.*, 2006), siendo el tamaño promedio mínimo de 2.02  $\mu\text{m}$  y el tamaño promedio máximo de 65.94  $\mu\text{m}$  (Medina & Salas, 2007), el diámetro medio que presenta los almidones de papa Imilla es 13.6  $\mu\text{m}$  y para la papa Locka es de 27.2  $\mu\text{m}$  (Martínez *et al.*, 2019), estas estructuras tiene impactos significativos sobre las propiedades funcionales y fisicoquímicas (Tong *et al.*, 2018), los datos obtenidos tienen similitud a las investigaciones mencionadas.

#### 4.5. Determinación del índice de blancura de los almidones

Los resultados se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15: Índice de blancura de almidones**

Almidones de papas nativas	Índice de blancura
Ruckii	90.94 ab
Locka	91.18 a
Ocucuri Morado	90.54 c
Ccompis	90.88 b
Yana Lomo	90.34 cd
Yana Imilla	90.10 d

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ).

El análisis de varianza realizado para el índice de blancura aportó las evidencias estadísticas de valor  $p = 3.11 \times 10^{-6}$ , se muestra en el Anexo 2 (Tabla 38), el cual es menor que  $p < 0.05$ , esto indica que se obtuvo una respuesta significativa, por lo tanto, se demuestra que existen diferencias significativas en el índice de blancura de los almidones de las seis variedades de papas nativas

La prueba LSD de Fisher, aportó evidencias estadísticas de una clasificación, se muestra en el Anexo 2 (Tabla 39), definida de la siguiente forma en categorías, para Locka que se encuentra primer lugar en la categoría “A” con una media de 91.18, en segundo lugar, se muestra la categoría “AB” dado por Ruckii con la media de 90.94, en tercer lugar y en la categoría “B” esta Ccompis con una media de 90.88, en cuarto lugar se encuentra Ocucuri Morado en la categoría “C” presentando una media de 90.54, en quinto lugar está la categoría “CD” dentro de ello está Yana Lomo con una media de 90.34, finalmente se encuentra Yana Imilla en la categoría “D” mostrando una media de 90.10 de índice de blancura, el cual se refleja en la Tabla 15, lo que indica que están más próximos a 100, son altamente blancos.

El almidón de yuca presentó un índice de blancura de 95.9 a 96.1 este parámetro es un indicador de calidad (García *et al.*, 2012), los almidones de arroz comercial mostraron valores de 93.8 y 86.1 para el almidón de arroz nativo (Marquez *et al.*, 2015). Lo que indica que los almidones de papas nativas también se consideran blancas ya que oscilan entre 90.10

hasta 91.18 en el índice de blancura, Según Sánchez-Rivera, García-Suárez, Velázquez Del Valle, Gutierrez-Meraz, & Bello-Pérez, (2005), indica que la blancura es un parámetro físico importante, cuando determinan sus aplicaciones industriales en farmacéuticos, alimentos, entre otros, también que el color de los almidones acabados es un atributo de calidad (Bustillos-rodríguez *et al.*, 2018).

#### 4.6. Evaluación de las propiedades térmicas de los almidones extraídos de seis variedades de papas nativas.

##### 4.6.1. Calorimetría diferencial de barrido

Los resultados para el análisis de calorimétrico se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16: Resultados del análisis DSC**

Almidones de papas nativas	Temperatura inicial (T <sub>0</sub> ) (°C)	Temperatura pico (T <sub>p</sub> ) (°C)	Temperatura final (T <sub>f</sub> ) (°C)	Entalpía de gelatinización(ΔH) (J/g)
Ruckii	55.00 f	59.50 e	65.81 d	13.03 f
Locka	56.70 d	60.10 d	66.49 c	15.90 d
Ocucuri	55.31 e	58.20 f	69.50 a	16.20 b
Morado				
Ccompis	59.07 a	62.51 a	68.20 b	16.52 a
Yana Lomo	56.80 c	61.60 c	68.20 b	15.40 e
Yana imilla	58.90 b	62.50 b	69.50 a	15.92 c

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ).

El análisis de varianza realizado para la temperatura inicial, aportó evidencias estadísticas de un valor  $p = < 2e-16$ , el cual se muestra en el Anexo 2 (Tabla 40), el cual indica que se obtuvo una respuesta significativa, con lo que se demuestra que existen diferencia significativa en las temperaturas iniciales para los almidones, mientras que la prueba LSD de Fisher, aportó evidencias estadísticas de una clasificación definida, mostrada, en el Anexos 2 (Tabla 41), en categorías, en primer lugar, se encuentra Ccompis en la categoría “A” con una media de 59.07 °C, en segundo lugar, se muestra la categoría “B” por Yana Imilla con una media de 58.90 °C, en tercer lugar está la categoría “C” dado por Yana lomo con una media de 56.80 °C, en cuarto lugar se muestra la categoría “D” dado por Locka con

una media de 56.70 °C, en quinto lugar se encuentra Ocucuri morado en la categoría “E” con una media de 55.31 °C, finalmente se encuentra la categoría “F” dada por Ruckii con una media de 55.00°C mostrado en la Tabla 16.

Los almidones de papas amargas presentaron una temperatura inicial menor que oscila entre 55.00 a 55.31 °C alcanzando valores máximos de hasta 59.07 °C, en lo reportado para el almidón de la papa Imilla Negra presentó una temperatura inicial de 58.1 °C y para Locka de 56.8 °C (Martínez *et al.*, 2019), también se obtuvieron temperaturas que varían de 64.2 a 66.4 °C (Tong *et al.*, 2018), por otro lado Chung *et al.*, (2014) , reportó las temperaturas iniciales que van desde 59.8 hasta 62.8 °C, así mismo de 58.71 hasta 62.45°C (Alvani *et al.*, 2011), y de 60.4°C (Martins *et al.*, 2018), mientras que para los almidones con fragmentos de la pared celular mostraron temperatura de inicio 58.10 a 59.37 °C respectivamente (Tian *et al.*, 2018), en lo recabado por Benavent-Gil & Rosell,( 2017), para el almidón modificado con una enzima nativa muestra una temperatura de inicial de 56.35 °C. Es así que el comportamiento de la temperatura inicial del almidón se desarrolla debido al tratamiento hidrotérmico sometido a cada muestra e inicia el proceso de gelatinización de los granos de almidón, los resultados obtenidos son similares a lo reportado por otros estudios, los resultados se muestran en la Tabla 16.

El análisis de varianza realizado para la temperatura pico, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P=<2e-16$ , el cual se muestra en el Anexo 2 (Tabla 42), el cual es menor que  $p<0.05$ , el cual indica que existen diferencia significativa ente las temperaturas pico en los almidones de papas nativas y la prueba LSD de Fisher para la temperatura pico, mostrado en el Anexo 2 (Tabla 43), aportando evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma, los distintos almidones se dan a conocer en distintas categorías, en primer lugar esta Ccompis en la categoría “A” con una media de 62.51 °C, en el segundo lugar se muestra la categoría “B” dado por Yana Imilla con una menor media de 62.50 °C, en tercer lugar se muestra el efecto de la categoría “C” dado por Yana Lomo con una media de 61.60 °C, en cuarto lugar se muestra la categoría “D” Locka con una media de 60.10 °C, en quinto lugar se muestra la categoría “E” en donde se tiene a Ruckii con una media de 59.50 °C y finalmente esta Ocucuri Morado definido por la categoría “F” con una media de 58.20 °C, estos resultados se muestran en la Tabla 16.

La temperatura pico para los almidones de seis variedades de papas nativas mostraron valores de 61.60 a 62.51°C, mientras que los valores más altos se dieron en los

almidones de papas dulces, lo reportado para el almidón de Imilla Negra, mostró resultados de 62.4 °C y para el almidón de Locka 60.2 °C según Martínez *et al.*, (2019); así también reportaron rangos de temperaturas pico de 68.1 a 70.4 °C (Tong *et al.*, 2018), mientras la temperatura pico en el almidón de papa fue 64.7°C (Martins *et al.*, 2018). Según Chung *et al.*, (2014), las temperaturas pico para los almidones de tres variedades de papas de 64.2 a 68.4 °. Así también se reportaron valores de temperaturas pico 62.52 a 66.05 (Alvani *et al.*, 2011), mientras en seis variedades de almidones de papas mostraron rangos de temperaturas pico de 68.1 hasta 70.4 °C (Tong *et al.*, 2018), el resultado mostrado para la papa Maorí fue de 66.0 a 68.9°C en lo concerniente a la temperatura pico (Zhu & Hao, 2018), en otro estudio detalla que la temperatura pico fue de 67.32 a 68.74°C (Thais-Paes *et al.*, 2015), mientras las propiedades térmicas para un almidón modificado con una enzima nativa presenta una temperatura pico de 61.79 °C (Benavent-Gil & Rosell, 2017). Las diferencias en las transiciones de temperatura se dan por varios factores atribuidas a las diferentes estructuras granulares, al contenido de amilosa y amilopectina (Singh, *et al.*, 2001), citado por (Kaur *et al.*, 2002). el contenido de amilosa y las distribuciones de la longitud de la cadena de la rama de amilopectina también afectan en las propiedades de gelatinización del almidón (Jane *et al.*, 1999).

El análisis de varianza realizado para la temperatura final, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p=2e-16$ , mostrado en el Anexo 2 (Tabla 44), el cual indica es menor que  $p<0.05$ , lo que indica que se obtuvo una respuesta significativa por lo tanto se demuestra que existen diferencia significativa en la temperatura final en los distintos almidones de papas nativas. Mientras para la prueba múltiple LSD de Fisher aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida, el cual se muestra en el Anexo 2 (Tabla 45), en primer lugar esta Ocucuri Morado y Yana Imilla en la categoría “A” con una media de 69.50 °C, en segundo lugar esta Ccompis y Yana Lomo en la categoría “B” con una media de 68.20 °C, en tercer lugar se muestra el efecto de la categoría “C” dado por Locka con una media de 66.49 °C, finalmente se encuentra la categoría “D” el que tiene una menor temperatura final con un media de 65.81°C, el cual se muestra en la Tabla 16.

La temperatura final en los almidones de seis variedades de papas nativas oscila desde 65.81°C a 69.50°C, mientras en otros estudios muestran que el almidón de Imilla negra presentó una temperatura de 69.5 °C y el almidón de Locka es de 66.3 °C (Martínez *et al.*, 2019), por otro lado las seis variedades de almidones en papas mostraron rangos de temperaturas finales de 74.1 a 75.8 °C (Tong *et al.*, 2018), los almidones de tres variedades

de papas en la temperatura final se reportaron valores de 73.8 a 79.7 °C (Chung *et al.*, 2014), así mismo se muestran valores de temperatura final de 68.67 hasta 72.27 °C (Alvani *et al.*, 2011), las propiedades térmicas analizadas con un DSC mostraron los siguientes resultados en la temperatura final osciló de 74.5 hasta 75.6 °C (Xu *et al.*, 2013), así también se reportó que los parámetros térmicos de almidones de papa Maori analizadas por un DSC, presentan valores 71.3 a 73.1 °C como temperatura final (Zhu & Hao, 2018), se mostró que los almidones de papa mostraron una temperatura final de 70,3°C, (Singh *et al.*, 2006), mientras las propiedades térmicas para un almidón modificado con una enzima nativa, presenta una temperatura final de 69.12 °C (Benavent-Gil & Rosell, 2017), los resultados reportados son similares a los resultados de algunos estudios, pero también se tiene diferencias en las temperaturas de transición las cuales son atribuidas a las diferentes estructuras granulares, al contenido de amilosa y amilopectina (Singh, *et al.*, 2001), citado por (Kaur *et al.*, 2002), también las distribuciones de cadena en la rama de amilosa y amilopectina (Jane *et al.*, 1999). Por otra parte, los iones de sal tales como I<sup>-</sup> y el Tiocianato aumentan el poder de hinchamiento, la solubilidad, la transparencia, la disminución de la temperatura pico (Hongxian *et al.*, 2014), se podría deberse a la metodología utilizada, la variedad de papas utilizadas en los distintos estudios.

El análisis de varianza realizado para la entalpía de gelatinización, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p=2e-16$ , mostrado en el Anexo 2 (Tabla 46), el cual es menor que  $p<0.05$ , eso indica que se obtuvo una diferencia significativa por lo tanto se demuestra que hay diferencia significativa para la entalpía obtenida por un DSC esto en los almidones de papas nativas. Lo que respalda la prueba LSD de Fisher para la entalpía de gelatinización, aportando las evidencias estadísticas de una clasificación definida, mostrada en el Anexo 2 (Tabla 47), en primer lugar esta Ccompis con la categoría “A” con una media de 16.53 J/g, en segundo lugar esta Ocucuri Morado el cual se muestra en la categoría “B” con una media de 16.20 J/g, en tercer lugar se muestra la categoría “C” dado por Yana Imilla con una media de 15.92 J/g, en cuarto lugar se muestra la categoría “D” dado por Locka con una media de 15.90 J/g, en quinto lugar se muestra la categoría “E” dado por Yana Lomo con una media de 15.40 J/g, finalmente en quinto lugar está la categoría “F” dado por Ruckii con 13.03 J/g un menor nivel de entalpía de gelatinización, estos datos se muestran en la Tabla 16.



La entalpia de gelatinización mostró los siguientes rangos en los almidones de papas nativas que van de 13.03 J/g hasta 16.53 J/g, mientras lo reportado por Martínez *et al.*, (2019), para Imilla negra fue de 15.8 J/g y en Locka 15.6 J/g, en cambio el almidón de papa nativa presentó de 15.4 J/g (Zhang *et al.*, 2013). En seis variedades de almidones en papas mostraron rangos de las entalpías de gelatinización de 18.1 a 20.6 J/g (Tong *et al.*, 2018), por otro lado las entalpías registradas son de 15.13 a 18.37 J/g (Alvani *et al.*, 2011), Así también se reportó que los parámetros térmicos de almidones de papa Maori analizados por un DSC, presentan valores y la entalpía de gelatinización de 12.3 a 19.0 J/g (Zhu & Hao, 2018), en otro estudio detalla que la entalpia de gelatinización es de 15.54 a 17.85 J/g (Thais-Paes *et al.*, 2015), se observa que los almidones de papas mostraron una entalpia de gelatinización de 14.3 J/g (Singh *et al.*, 2006), Cuando el calor requerido por gramo es menor, indica que se requieren cantidades menores de energía para su transformación en lo que concierne a la gelatinización y las diferencias en las temperaturas, influenciadas por las condiciones genéticas, condiciones climáticas del cultivo y del tiempo de cosecha (Lucas-Aguirre *et al.*, 2016). Las diferencias en la entalpía son atribuidas a las diferentes estructuras granulares, al contenido de amilosa y amilopectina (Singh, *et al.*, 2001), citado por (Kaur *et al.*, 2002), También otros factores como el contenido de humedad, las metodologías utilizadas entre otros factores.

#### 4.6.2. Análisis Rápido de Viscosidad

Los resultados para el análisis de viscosidad rápida se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17: Resultados del análisis de AVR**

Almidones de papas nativas	Temperatura de empaste °C	Viscosidad final (RVU)	Viscosidad pico (RVU)	Desglose del gel (RVU)
Ruckii	59.50 f	97.67 e	140.00 e	63.00 d
Locka	59.95 d	100.33 d	125.00 f	59.67 e
Ocucuri Morado	60.02 c	101.00 d	150.33 c	70.33 c
Ccompis	61.01 b	119.67 b	168.67 b	75.00 b
Yana Lomo	62.12 a	139.00 a	178.68 a	82. 67 a
Yana imilla	59.82 e	115.00 c	145.00 d	70.66 c

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según LSD de Fisher ( $p < 0.05$ )

RVU: Unidades de viscosidad relativa

El análisis de varianza realizado para la temperatura de empaste, aportó evidencias estadísticas de un valor  $p=2e-16$ , el cual se muestra en el Anexo 2 (Tabla 48), el cual es menor que  $p<0.05$ , esto indica que se obtuvo una respuesta significativa por lo que se demuestra que existen diferencias significativas para las temperaturas de empaste. Mientras la prueba LSD de Fisher para las temperaturas de empaste, aportó evidencias estadísticas de una clasificación definida que se muestra en el Anexos 2 (Tabla 49), en primer lugar se encuentra la categoría “A” con Yana Lomo con mayor temperatura de empaste dando una media de 62.12 °C, en segundo lugar se encuentra Ccompis en la categoría “B” con una media de 61.01 °C, en tercer lugar en la categoría “C” se encuentra Ocucuri Morado con una media de 60.02 °C, en cuarto lugar se muestra en la categoría “D” dado por Locka con una media de 59.95 °C, en quinto lugar se muestra la categoría “E” dado por Yana Imilla con una media de 59.82 °C , finalmente la categoría “F” esta Ruckii , se obtuvo una menor temperatura de empaste con una media de 59.50 °C, el cual se muestra en la Tabla 17.

La temperatura de empaste en los almidones de papas nativas osciló de 59.50°C a 62.12 °C. En lo reportado por Zhu & Hao (2018), los parámetros térmicos de almidones de papa Maori analizados por un DSC, presentaron valores de 62.5 a 65.5 °C, en lo concerniente a la temperatura de empaste en otro estudio detalla que alcanzó una temperatura de 64.64 a 66.66 °C (Thais-Paes *et al.*, 2015), mientras para los almidones de papa mostraron una temperatura de empaste de 61.7 °C (Singh *et al.*, 2006), por otro lado se muestra que las propiedades de empaste de los almidones de papa alcanzaron temperaturas de 69.6 a 72.0 °C (Zhu & Hao, 2018), según lo reportado por Chung *et al.*,(2014), las características de empaste oscilaron entre 62.2°C hasta 65.8 °C, es así que se encontró valores parecidos a los valores mostrados en la Tabla 17, utilizando el análisis por viscosidad rápida, se observó que los almidones de papas nativas amargas presentan temperaturas de empaste menores a los almidones de papas nativas dulces, los resultados obtenidos son distintos, esto se podría dar por factores como el contenido de sales, tamaño de almidones, el clima, tipo de suelos, el contenido de amilosa (Hoover, 2002) citado por (Alvis *et al.*, 2008)

El análisis de varianza realizado para la viscosidad final, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p=1.47e-14$ , el cual se muestra en el Anexo 2 (Tabla 50), el cual indica que se obtuvo una respuesta significativa, que demuestra que existen diferencias significativas en la viscosidad final, las pruebas múltiples de LSD de Fisher demuestran

(Tabla 51 del Anexo 2), las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: Yana lomo se encuentra en primer lugar en la categoría “A” con una media de 139 RVU siendo el más alto de los seis almidones, en segundo lugar se muestra la categoría “B” dado por Ccompis con una media de 119.67 RVU, en tercer lugar se muestra la categoría “C” dado por Yana Imilla con una media de 115 RVU, en cuarto lugar se muestra la categoría “D” dado por Ocucuri Morado y Locka con medias de 101 RVU y 100.33 RVU respectivamente, finalmente está Ruckii en la categoría “E” con una media de 97.67 RVU, mostrado en la Tabla 17.

La viscosidad final para los almidones de papas dulces son las más altas, oscilando entre 115 RVU a 139 RVU, por otro lado, los almidones de las papas amargas dieron rangos de viscosidad final de 97.67 RVU a 101 RVU, se encontró valores parecidos mediante el análisis por Viscoamilograma rápida para el almidón de papa presentando una viscosidad final de 119 RVU (Alvis *et al.*, 2008), también lo reportado por Chung *et al.*, (2014), presenta una viscosidad final que varió de 149.50 RVU a 198.33 RVU, por otro lado se encontró valores de viscosidad final RUV de 333.20 a 397.97 RVU, (Thais-Paes *et al.*, 2015) estos últimos muy altos a los que se determinaron para los almidones de papas nativas. Los resultados obtenidos son distintos, esto se podría dar por factores como el contenido de sales, tamaño de almidones, el clima, tipo de suelos, el contenido de amilosa (Hoover, 2002) citado por (Alvis *et al.*, 2008), también a la gelatinización que disminuye la superficie de amilosa (Agama-Acevedo *et al.*, 2015), mientras que Xie *et al.*,(2009), menciona que el contenido amilosa influye en las propiedades como la gelatinización (Carrasquero-Duran & Navas, 2015), de igual forma los lípidos y fosfolípidos, aumentan significativamente la temperatura de pegado del almidón, disminuyendo el pico de viscosidad, adelgazamiento de cizalla y aumento de la viscosidad de retroceso (Jane *et al.*, 1999). También debido a la absorción de agua.

El análisis de varianza realizado para la viscosidad pico, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p=1.24e-13$ , el cual se muestra en el Anexo 2 (Tabla 52), el cual indica que se obtuvo una respuesta significativa por lo tanto se demuestra que existen diferencia significativa en la viscosidad pico. La prueba LSD de Fisher para viscosidad pico, mostrado en Anexo 2 (Tabla 53), aportó evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: en primer lugar está Yana lomo en la categoría “A” con una media de 178.67 RVU mostrando el pico más elevado, en segundo lugar se muestra el efecto de la categoría “B” dado por Ccompis con una media de 168.67 RVU, en tercer lugar muestra el

efecto de la categoría “C” dado por Ocucuri Morado con una media de 150.33 RVU, en cuarto lugar se muestra el efecto de la categoría “D” dado por Yana Imilla que tiene una media de 145 RVU, en quinto lugar está la categoría “E” dado por Ruckii con una media de 140 RVU, finalmente esta Locka en la categoría “F” mostrando una media de 125 RVU, el cual se da a conocer en la Tabla 17.

La viscosidad pico para los almidones de papas dulces como Yana Lomo y Ccompis tienen un pico más elevado en comparación a los almidones de papas amargas como Ruckii y Locka, se reportó en un estudio las propiedades de viscosidad pico de seis variedades de papa mostrando los siguientes rangos de 155.6 a 312 RVU (Tong *et al.*, 2018), según Thais-Paes *et al.*, (2015), mostró temperaturas pico para los almidones de papa desde 593.55 a 1004.14 RVU, este último siendo mucho mayor a lo determinado al estudio. Los resultados obtenidos son distintos, esto se podría dar por factores, tamaño de almidones, el clima, tipo de suelos (Hoover, 2002) citado por (Alvis *et al.*, 2008), mientras que Xie *et al.*, (2009), menciona que el contenido amilosa influye en las propiedades como la gelatinización, retrogradación y otros citado por (Carrasquero-Duran & Navas, 2015).

El análisis de varianza realizado para el desglose de gel, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $p=1.06e-12$ , el cual se muestra en anexos 2 (Tabla 54), el cual es menor que  $p<0.05$ , el cual indica que se obtuvo una respuesta significativa por lo tanto se demuestra que existen diferencias significativas. La prueba LSD de Fisher, mostrado en anexos 2 (Tabla 55), aportó evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: en primer lugar esta Yana Lomo en la categoría “A” con una media de 82.67 RVU, en segundo lugar se encuentra Ccompis en la categoría “B” presentado una media de 75 RVU, en tercer lugar está la categoría “C” en las cuales se encuentra Yana Imilla y Ocucuri Morado presentando medias de 70.67 y 70.33 RVU, en cuarto lugar se muestra el efecto de la categoría “D” dado por Ruckii presentando una media de 63.00 RVU y para finalizar en la categoría “E” se encuentra Locka con una media de 59.67 RVU, el cual se muestra en la Tabla 17.

Para el desglose del gel osciló de 59.67 a 82.67 RVU. Así se encontró valores mediante el análisis por Viscoamilograma rápida para el almidón de papa que fue de 11 RVU (Alvis *et al.*, 2008), en otro estudio varió las propiedades de pasta de seis accesiones de papa mostraron los siguientes datos que va desde 21.9 a 114.3 RVU (Tong *et al.*, 2018) estos datos son distintos a los que se obtuvieron ello podría deberse a la estructura interna de la amilopectina influye en las propiedades térmicas de los almidones (Zhu & Hao, 2018), por

otro lado el almacenamiento es un factor que influye en las propiedades térmicas y reológicas, los parámetros térmicos de viscosidades aumentaron con el tiempo de almacenamiento, de igual forma en un aumento gradual de las transiciones de temperaturas (Singh *et al.*, 2008), así mismo el contenido de fósforo mostró un efecto significativo en ciertas propiedades de pegado del almidón de papa, como la viscosidad máxima, la descomposición y el retroceso (Karim *et al.*, 2007), estos análisis se realizan también para conocer la calidad de los almidones.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

Entre las conclusiones tenemos:

Los rendimientos de la extracción mediante la vía húmeda de los almidones de seis variedades de papas nativas oscilan entre 10.23 a 17.60 por ciento, teniendo un mayor rendimiento la variedad Yana Lomo y un menor rendimiento se dio en la variedad Locka.

Los valores con respecto a composición proximal de los almidones extraídos presentan valores en la humedad que oscilan de 7.22 a 8.85 por ciento, cenizas de 0.12 hasta 0.44 por ciento, grasas de 0.01 a 0.08 por ciento, fibra de 0.02 a 0.06 por ciento, proteína de 0.49 a 0.76 por ciento y contenido de carbohidratos que oscila en un rango de 90.14 a 91.93 por ciento, por la cantidad de proteína es factible para el uso en la producción de jarabes con alto contenido de glucosa.

El contenido de amilosa en los almidones de seis variedades de papas nativas varió de 23.9 a 30.5 por ciento, el que resaltó con mayor contenido de amilosa es Yana Imilla y con menor cantidad es Ocucuri Morado; en lo que respecta al contenido de amilopectina osciló dentro de 69.51 a 76.10 por ciento, el que resaltó con mayor contenido de amilopectina es Ocucuri Morado y la que presenta menor cantidad es Yana Imilla.

Los almidones de las seis variedades de papas nativas presentan formas circulares, ovaladas y elípticas; cuando estos son pequeños presentan formas circulares a medida que son de mayor tamaño cambian a ser ovalados, elípticos alargados. Con respecto al tamaño presentan rangos de 38.58 a 63.91  $\mu\text{m}$  en almidones de Yana Imilla y Locka respectivamente en tamaños de mayor diámetro, mientras los de tamaño medio presenta rangos de 11.88 a 17.99  $\mu\text{m}$  para los almidones de Ruckii e Yana Imilla.

El índice de blancura de los almidones de papas nativas presenta rangos desde 90.10 a 91.18, teniendo mayor índice de blancura para el almidón de Locka y de menor índice de blancura para la variedad Yana Imilla.

Al realizar el análisis por calorimetría diferencial de barrido (DCS), se encontró que la temperatura inicial osciló de 55.00°C a 59.07°C en los almidones de Ruckii y Ccompis respectivamente, mientras la temperatura de pico estuvo en un rango 58.20°C a 62.51 °C en los almidones de Ocucuri Morado y Ccompis; mientras que la temperatura final fluctuó en un rango de 65.81°C a 69.50°C para los almidones de Ruckii y Ocucuri e Yana Imilla, y la entalpía de gelatinización presentó valores de 13.0 a 16.53 J/g, el almidón de la variedad Ruckii presentó una entalpía de gelatinización menor que es de 13 J/g de lo contrario para variedad Ccompis que presenta el valor de 16.53 J/g, por lo que puede aplicarse en la elaboración de productos que requieran bajas temperaturas.

Para el análisis de viscosidad rápida (AVR), se encontró temperaturas de empaste que fluctuaron en un rango de 59.50°C a 62.12 °C para los almidones de Ruckii e Yana Imilla, mientras las viscosidad final osciló entre 97.67 a 139 RVU en los almidones de Ruckii y Yana Lomo respectivamente, en lo concerniente a la viscosidad pico osciló entre 125.00 a 178.68 RVU para los almidones de Locka y Yana Lomo, en cuanto al desglose del gel osciló de 59.67 a 82.67 RVU en almidones de Locka y Yana Lomo respectivamente.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Tenemos:

Con respecto al tamaño del gránulo de almidón para su medición se recomienda un microscopio electrónico de barrido (MEB), pero se puede utilizar microscopios que tengan alcances de 100X.

Se recomienda realizar otros estudios como la extracción de colorantes a partir de papas nativas de colores, también como realizar extractos proteicos de papas amargas o realizar encapsulantes a partir de estos almidones.

Se recomienda el uso del almidón en la elaboración de películas comestibles, jarabes con alto contenido de glucosa, elaboración de productos y utilización como espesante y estabilizante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absar, N., Zaidul, I. S. M., Takigawa, S., Hashimoto, N., Matsuura-endo, C., Yamauchi, H., & Noda, T. (2009). Enzymatic hydrolysis of potato starches containing different amounts of phosphorus. *Food Chemistry*, *112*, 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.045>
- Agama-Acevedo, E., Bello-Pérez, L. A., Pacheco-Vargas, G., & Evangelista-Lozano, S. (2015). Estructura interna de los granulos de almidón de platano mediante gelatinización química superficial: propiedades morfológicas ,físicoquímicas y moleculares. *Revista Mexicana de Ingenieria Quimica*, *14*, n.
- Aguilar, D. (2016). Análisis químico del almidón de papa para la obtención de papel higiénico. *Revista Ingenium*, *1*(2), 24–28. <https://doi.org/10.18259/ing.2016010>
- Aldana, A. S., Sandoval, E. R., & Fernandez, A. (2004). *Aplicación del análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) para la caracterización de las modificaciones del almidón*. 45–53.
- Alvani, K., Qi, X., & Tester, R. F. (2011). Physico-chemical properties properties of potato starches. *Food Chemistry*, 297–303. <https://doi.org/10.1002/star.201100130>
- Alvarado, R. (2008). *Principios de termodinamica*.
- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Mendoza, M. (2008). Análisis físico químico y morfológico de almidones de ñame , yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Informacion Tecnologica*.
- AOAC. (2005). *official methods of analysis* (18th ed.).
- Arcos, J., Gastelo, M., & Holguín, V. (2015). INIA 317 – Altiplano, variedad de papa con buena adaptación en la región altiplánica del Perú. *Revista Latinoamericana de La Papa*. <http://www.papaslatinas.org/revista.html>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* (FAO).
- Avila, M. (2002). Incorporación del rapid visco analyser (RVA) para la determinación de la calidad culinaria de arroz. *Researchgate*.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*.
- Badui, S. (2012). *La Ciencia de los Alimentos en la Práctica*.
- Balart, R., Lopez, J., Garcia, D., & Parres, F. (2003). *Técnicas experimentales de análisis térmico de polímeros*.
- Benavent-Gil, Y., & Rosell, C. (2017). Morphological and physicochemical characterization of porous starches obtained from different botanical sources and amyolytic enzymes.



- International Journal of Biological Macromolecules*, 103, 587–595.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.05.089>
- Bustillos-rodríguez, J. C., Tirado-gallegos, J. M., Ordóñez-garcía, M., Zamudio-flores, P. B., Ornelas-paz, J. D. J., Acosta-muñiz, C. H., Gallegos-morales, G., Páramo-calderón, D. E., & Rios-velasco, C. (2018). Physicochemical , thermal and rheological properties of three native corn starches. *Food Science and Technology*, 2061(1).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.28117> OASN
- Cahuana, R., & Arcos, J. (2002). *Variedades nativas y mejoradas de papa en puno*.
- Campo, O. (2018). *Reología aplicada a sistemas alimentarios*.
- Carrasquero-Duran, & Navas, P. (2015). Determinación de amilosa en presencia de amilopectina en almidón de arroz aplicando la espectroscopía derivada. *Alimentos, Ciencia e Investigacion*, 10.
- Castanha, N., Nascimento, D., Lopes, R., Esteves, P., & Augusto, D. (2018). Properties and possible applications of ozone-modified potato starch. *Food Research International*.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.064>
- CENAGRO. (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. 62.  
<http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- Chung, H.-J., Li, X.-Q., Kalinga, D., Lim, S.-T., Yada, R., & Liu, Q. (2014). Physicochemical properties of dry matter and isolated starch from potatoes grown in different locations in Canada. *Food Research International*.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.034>
- Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Boliviana de Química*.
- Síntesis agraria, (2018). <http://www.agropuno.gob.pe>
- Faraldos, M., & Goberna, C. (2011). *Técnicas de análisis y caracterización de materiales*  
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- Fernandez, J., & Corrochano, C. (2014). *Fundamentos de Transmisión de Calor* (segunda).
- Gabriel, J., Botello, R., Casazola, J. L., Vera, R., Rodríguez, F., & Angulo, A. (2014). Revalorización de las papas nativas de Bolivia (*Solanum tuberosum* L.) como fuente de hierro y zinc. *Selva Andina Research Society*.
- García, O., Pinzón, M., & Sánchez, L. (2012). Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, manihot esculenta, variedad ica, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. *Alimentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*,

- 11(1), 13–21. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2013.382>
- Garcia, R., & Satander, O. (2011). *Manual técnicas de manejo, selección y clasificación de papas nativas*.
- Gonzales, L., Parra, R. A., & Pimentel, D. J. (2012). Efecto de la temperatura y pH en la velocidad de precipitación y extracción de almidón de papa criolla (*Solanum phureja*). *Ciencia En Desarrollo*.
- González, J., Lira, L., & Sánchez, A. (2010). *Calorimetria adiabática y sus aplicaciones*.
- Guerra-DellaValle, D., Bello-Pérez, L. A., González-Soto, R. A., Solorza-Feria, J., & Arámbula-Villa, G. (2008). Efecto del tiempo de reacción en la acetilación de almidón de plátano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*.
- Hernández-medina, M., Torruco-uco, J. G., Chel-guerrero, L., & Betancur-ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 2008(002894), 718–726.
- Hongxian, Z., Chenjie, W., Liu, S., Tong, C., Hong, Y., & Min, C. (2014). Effects of salts on physicochemical, microstructural and thermal properties of potato starch. *Food Chemistry*, 156, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.015>
- Horst-Dieter. (2001). *Fundamentos de tecnología de los alimentos*. Acribia.
- Hsu, C., Chen, W., Weng, Y., & Tseng, C. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00053-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00053-0)
- Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. (2019). *Sistematización de la experiencia de los subproyectos de papa financiados por el programa nacional de innovación agraria*.
- Jan, R., Saxena, D. C., & Singh, S. (2016). Pasting, thermal, morphological, rheological and structural characteristics of *Chenopodium* (*Chenopodium album*) starch. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.040>
- Jane, J., Chen, Y. Y., Lee, L. F., McPherson, A. E., Wong, K. S., Radosavljevic, M., & Kasemsuwan, T. (1999). Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. *Cereal Chemistry*, 76(5), 629–637.
- Karim, A. A., Toon, L. C., Lee, V. P. L., Ong, W. Y., Fazilah, A., & Noda, T. (2007). Effects of phosphorus contents on the gelatinization and retrogradation of potato starch. *Journal of Food Science*, 72(2), 132–138. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00251.x>

- Kaur, L., Singh, N., & Sodhi, N. S. (2002). Some properties of potatoes and their starches. II. Morphological, thermal and rheological properties of starches. *Food Chemistry*, 79(2), 183–192. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00130-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00130-9)
- Konica MInolta. (n.d.). *El estándar en la medición de color*.
- Linares, L., Ruales, J., & Ureña, M. (2015). Efecto del curado sobre las propiedades térmicas del almidón de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agroindustrial Sciencie*, 5.
- Lucas-Aguirre, Velásquez-Herrera, & Quintero-Castaño. (2016). *Evaluación de las propiedades térmicas y composicionales de almidones extraídos de 26 variedades de musáceas*. 23.
- Manresa, A., & Vicente, I. (2007). *El color en la industria de los alimentos*.
- Marquez, M., Galicia, T., Marquez, R., Quinteros, A., Ruiz, M., Gutierrez, N., & Salmerón, O. (2015). *Caracterización fisicoquímica y térmica de almidón de arroz en el desarrollo de un material de pared para su uso en microencapsulación*.
- Martinez, P., Malaga, A., Betalleluz, I., Ibarz, A., & Velezmoro, C. (2015). Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas ( *Solanum phureja* ) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.06>
- Martínez, P., Peña, F., Bello-pérez, L. A., Núñez-santiago, C., Yee-madeira, H., & Velezmoro, C. (2019). Physicochemical , functional and morphological characterization of starches isolated from three native potatoes of the Andean region. *Food Chemistry: X*. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100030>
- Martins, P. C., Gutkoski, L. C., & Martins, V. G. (2018). Impact of acid hydrolysis and esterification process in rice and potato starch properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.170>
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Medina, J., & Salas, J. (2007). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo : Apariencia , forma , tamaño y su distribución. *Revista de Ingenieria*, 56–62.
- Morales, A. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca. *Espacio y Desarrollo*, 117, 97–117.
- Narvárez-González, Figueroa, J., Taba, S., Castaño, E., & Martinez, R. (2007). Efecto del tamaño del gránulo de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pasitificado. *Revista Fitotec*.
- Oñate, macarena robles. (2012). *Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé*.

- Owen, R., Damodaran, S., & Parkin, K. L. (2017). *Fennemas food chemistry* (Quinta).
- Pacheco, E., & Techeira, N. (2009). Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame ( *Dioscorea alata* ). *Interciencia*.
- Pardo, O., Castañeda, J., & Armando, C. (2013). *Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa*. 289–295.
- Perten. (2015). *Rapid Visco Analyser* (Vol. 4).
- Petropoulos, S. A., Sampaio, S. L., Di Gioia, F., Tzortzakis, N., Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., & Ferreira, I. (2019). Grown to be blue antioxidant properties and health effects of colored vegetables. Part I: Root vegetables. *Researchgate*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/antiox8120617>
- Quintero, V., Lucas, J., & Alzate, E. (2012). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto. *Ingenium*, 16–32.
- Quiroga, C. C. (2008). Los almidones resistentes y la salud. *Investigacion y Desarrollo*, 8(1), 130–141. <https://doi.org/10.23881/idupbo.008.1-9i>
- Reyes, M., Gomez-Sanchez, I., & Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (decima).
- Sahin, S., & Gulum, S. (2005). *Physical properties of foods*.
- Sánchez-Rivera, M. M., García-Suárez, F. J. L., Velázquez Del Valle, M., Gutierrez-Meraz, F., & Bello-Pérez, L. A. (2005). Partial characterization of banana starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*, 62(1), 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.07.005>
- Singh, J., Mccarthy, O. J., Singh, H., & Moughan, P. J. (2008). Low temperature post-harvest storage of New Zealand Taewa ( Maori potato ): Effects on starch physico-chemical and functional characteristics. *Food Chemistry*, 106, 583–596. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.041>
- Singh, J., Mccarthy, O. J., Singh, H., Moughan, P. J., & Kaur, L. (2006). Morphological , thermal and rheological characterization of starch isolated from New Zealand Kamo Kamo ( *Cucurbita pepo* ) fruit – A novel source. *Science Direct*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.05.021>
- Soto, J., Medina, T., Aquino, Y., & Estrada, R. (2014). Diversidad genética de papas nativas ( *Solanum spp* .) conservadas en cultivares nativos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 215–222.
- Suriñach, S., Baro, M. D., Bordas, S., & Clavaguera, N. (1992). *La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la Ciencia de Materiales*. 31.

- Thais-Paes, R. ., Leonel, M., Garcia, E., Do carmo, E., & Franco, C. (2015). Crystallinity , thermal and pasting properties of starches from different potato cultivars grown in Brazil. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.091>
- Tian, J., Chen, S., Zhang, H., Fang, H., Sun, Y., Liu, D., Linhart, R. J., & Ye, X. (2018). Existing cell wall fragments modify the thermal properties and hydrolysis of potato starch. *Food Hydrocolloids*, 85(July), 229–232. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.033>
- Tong, C., Ahmed, S., Pang, Y., Zhou, X., & Bao, J. (2018). Fine structure and gelatinization and pasting properties relationships among starches from pigmented potatoes. In *Food Hydrocolloids*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.036>
- White, F. M. (2004). *Mecánica de fluidos* (M. HILL (ed.); Quinta).
- Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., & Korus, J. (2015). Starch and starch derivatives in gluten-free systems – a review. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.007>
- Xu, Y., Grizzard, C., Sismour, E., Bhardwaj, H., & Li, Z. (2013). Resistant starch content, molecular structure and physicochemical properties of starches in Virginia-grown corn, potato and mungbean. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 4(1), 10–18. <https://doi.org/10.5897/jco2012.0097>
- Zarate-polanco, L., Ramirez-Suarez, L., Otalora-Santamaria, N., Garnica-holguin, A., Ceron-lasso, M., & Arguelles, J. (2013). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla( *Solanum tuberosum*, grupo phujreja). *Revista Latinoamericana de La Papa*, 12–22.
- Zhang, W., Chen, H., Wang, J., Wang, Y., Xing, L., & Zhang, H. (2013). Physicochemical properties of three starches derived from potato , chestnut , and yam as affected by freeze-thaw treatment. *Starch*, 353–360. <https://doi.org/10.1002/star.201200270>
- Zhou, D., Zhang, B., Chen, B., & Chen, H. (2017). Effects of oligosaccharides on pasting , thermal and rheological properties of sweet potato starch. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.088>
- Zhu, F., & Hao, C. (2018). Physicochemical properties of Maori potato starch affected by molecular structure. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.021>

## ANEXOS

### ANEXO 01: Imágenes del proceso de extracción del almidón y caracterización.



Figura 15. Papa nativa Yana lomo



Figura 16. Papa nativa Ocucuri Morado



Figura 17. Pesado de papas nativas



Figura 18. Muestras de almidón extraído



Figura 19. Tubos de 50 ml y acoplador



Figura 20. Colocación de los tubos



Figura 21. Lavado de almidones



Figura 22. Molienda de almidones

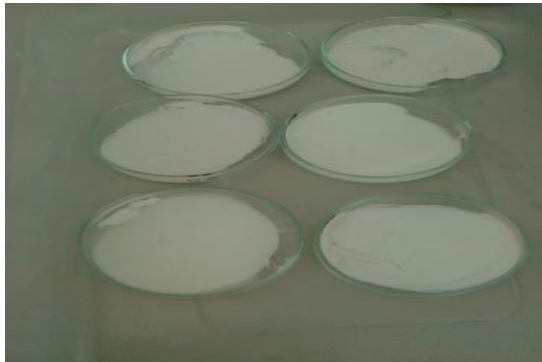


Figura 23. Muestra de almidones secos



Figura 24. Tamizaje de almidones



Figura 25. Embolsado de almidones

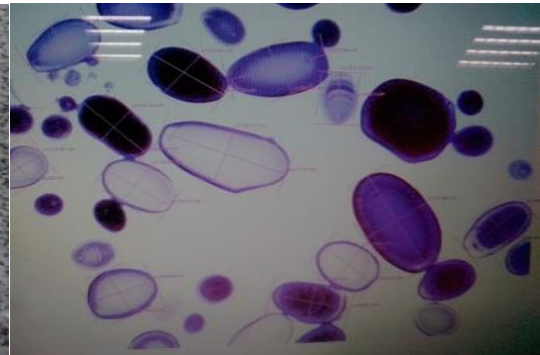


Figura 26. Almidones en el microscopio



Figura 27. Pesado de almidones



Figura 28. Muestras de cenizas en crisoles



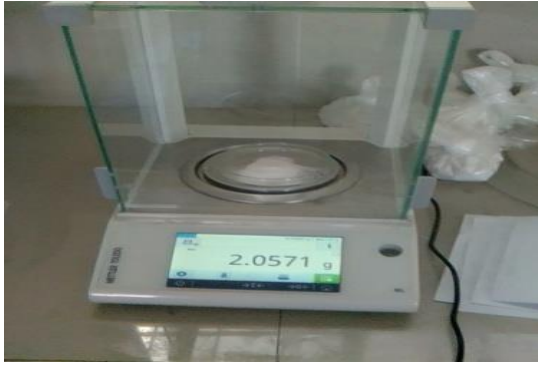


Figura 29. Pesado de almidones



Figura 30. Muestras para determinar lípidos



Figura 31. Extracción de grasas



Figura 32. Secado de muestras

**ANEXO 02. Análisis de varianza y prueba LSD de los datos obtenidos de las distintas pruebas.**

**Rendimiento**

Análisis de ANOVA y prueba LSD para determinar el rendimiento en la extracción de almidones nativos

Tabla 18. Análisis de ANOVA para el rendimiento

##	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
## TIPO	5	105.49	21.097	58.39	5.27e-08 ***
## Residuals	12	4.34	0.361		
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Tabla 19. Prueba LSD para el rendimiento

##	MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD
##	0.3612882	12	13.64787	4.40415	2.178813	1.069304

##	RENDIMIENTO	groups
## Y_LOMO	17.59537	a
## Y_IMILLA	15.37302	b



```
## CCOMPIS      13.86765      c
## OCUCURI      13.36358      c
## RUCKII       11.45541      d
## LOCKA        10.23217      e
```

### Composición proximal

Análisis de ANOVA y prueba LSD para determinar el porcentaje de humedad de los almidones nativos

Tabla 20. Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## TIPO      5  7.330  1.4659   3488 <2e-16 ***
## Residuals 12  0.005  0.0004
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 21. Prueba LSD para el porcentaje de humedad

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 0.0004202913 12 7.917278 0.2589401 2.178813 0.03647115
## $groups
##      HUMEDAD1 groups
## Y_LOMO 8.851613      a
## CCOMPIS 8.730891      b
## Y_IMILLA 7.693579      c
## LOCKA 7.625774      d
## OCUCURI 7.625774      e
## RUCKII 7.219044      f
```

Análisis ANOVA y prueba LSD para el porcentaje de ceniza en los almidones nativos

Tabla 22. Análisis de ANOVA para el porcentaje de ceniza

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## TIPO      5  0.3286  0.06573   29154 <2e-16 ***
## Residuals 12  0.0000  0.00000
```

Tabla 23. Prueba LSD para el porcentaje de cenizas

```
$statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 2.254402e-06 12 0.2502001 0.6001063 2.178813 0.002671099
## $groups
##      CENIZAS1 groups
## Y_LOMO 0.4446795      a
## OCUCURI 0.4259775      b
## CCOMPIS 0.2246069      c
## Y_IMILLA 0.1515696      d
## LOCKA 0.1364866      e
## RUCKII 0.1178807      f
```

Análisis ANOVA y prueba LSD para el porcentaje de grasas de los almidones nativos

Tabla 24. Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas

```
##           Df  Sum Sq  Mean Sq F value  Pr(>F)
## TIPO      5 0.010629 0.0021258   1164 1.11e-15 ***
## Residuals 12 0.000022 0.0000018
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 25. Prueba LSD para el porcentaje de grasas

```
## $statistics
##           MSerror Df      Mean      CV t.value      LSD
## 1.825577e-06 12 0.03234815 4.176868 2.178813 0.002403667
##
## $groups
##           GRASAS groups
## CCOMPIS 0.08136373      a
## LOCKA   0.04026493      b
## Y_LOMO  0.03182314      c
## Y_IMILLA 0.01670464      d
## OCUCURI 0.01295129      e
## RUCKII  0.01098115      e
```

Análisis ANOVA y prueba LSD para el porcentaje de fibra en los almidones nativos.

Tabla 26. Análisis de ANOVA para el porcentaje de fibra

```
##           Df  Sum Sq  Mean Sq F value  Pr(>F)
## TIPO      5 0.0029912 0.0005982   388.5 7.8e-13 ***
## Residuals 12 0.0000185 0.0000015
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 27. Prueba LSD para el porcentaje de fibra

```
$statistics
##           MSerror Df      Mean      CV t.value      LSD
## 1.540049e-06 12 0.03519054 3.526479 2.178813 0.002207707
## $groups
##           FIBRA1 groups
## OCUCURI 0.05759421      a
## RUCKII  0.04383726      b
## LOCKA   0.03902092      c
## Y_IMILLA 0.02380266      d
## Y_LOMO  0.02362388      d
## CCOMPIS 0.02326431      d
```

Análisis ANOVA y prueba LSD para el porcentaje de proteínas de almidones nativos

Tabla 28. Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
## TIPO      5 0.2240 0.04480    168 1.12e-10 ***
## Residuals 12 0.0032 0.00027
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 29. Prueba LSD para el porcentaje de proteínas

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 0.0002666667 12 0.6288889 2.596632 2.178813 0.02905084
## $groups
##      PROTEINA groups
## LOCKA 0.7600000      a
## OCUCURI 0.7600000      a
## RUCKI 0.6833333      b
## YMILLA 0.5733333      c
## LOMO 0.5066667      d
## COMPI 0.4900000      d
```

### Contenido de amilosa y amilopectina

Análisis ANOVA y prueba LSD para el contenido de amilosa en los almidones nativos

Tabla 30. Análisis de ANOVA para el contenido de amilosa

```
##      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## VARIEDAD 5 100.6 20.12 4069938 <2e-16 ***
## Residuals 12 0.0 0.00
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 31. Prueba LSD para el contenido de amilosa

```
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 4.944444e-06 12 26.70972 0.008325098 2.178813 0.003955788## $groups
##      AMILOSA groups
## YANA IMILLA 30.50200      a
## CCOMPIS 28.14267      b
## YANA LOMO 27.90300      c
## LOCKA 25.70400      d
## RUCKII 24.10367      e
## OCCUCURI 23.90300      f
```

Análisis ANOVA y prueba LSD para el contenido de amilopectina en los almidones nativos

Tabla 32. Análisis de ANOVA para el contenido de amilopectina

```
##      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## VARIEDAD 5 100.4 20.07 3169142 <2e-16 ***
## Residuals 12 0.0 0.00
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 33. Prueba LSD para el contenido de amilopectina

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 6.333333e-06 12 73.29833 0.003433382 2.178813 0.004477035
## $groups
##      AMILOPECTINA groups
```

## OCCUCURI	76.10133	a
## RUCKII	75.90300	b
## LOCKA	74.30300	c
## YANA LOMO	72.10433	d
## CCOMPIS	71.86400	e
## YANA IMILLA	69.51433	f

### Tamaño de los almidones

Análisis ANOVA y prueba LSD para la determinación de tamaño mayor en almidones nativos

Tabla 34. Análisis de ANOVA para los almidones de mayor tamaño

##	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
## TIPO	5	1358	271.50	3166	<2e-16 ***
## Residuals	12	1	0.09		

Tabla 35. Prueba LSD para los almidones de mayor tamaño

## \$statistics						
## MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD	
## 0.08574444	12	44.70833	0.6549596	2.178813	0.5209275	
## \$groups						
## MIC_MAYOR	groups					
## LOCKA	63.91333	a				
## Y_LOMO	42.59667	b				
## CCOMPIS	41.97667	c				
## RUCKII	40.96667	d				
## OCUCURI	40.22000	e				
## Y_IMILLA	38.57667	f				

Análisis ANOVA y prueba de LSD para determinar el tamaño medio de almidones nativos

Tabla 36. Análisis de ANOVA para los almidones de tamaño medio

##	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
## TIPO	5	83.07	16.614	99.93	2.37e-09 ***
## Residuals	12	2.00	0.166		

Tabla 37. Prueba LSD para los almidones de tamaño medio

## \$statistics					
## MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD
## 0.1662611	12	15.64111	2.60692	2.178813	0.7253868
## \$groups					
## MIC_MENOR	groups				
## Y_IMILLA	17.99333	a			
## LOCKA	17.50667	a			
## CCOMPIS	16.56000	b			
## Y_LOMO	16.12667	b			
## OCUCURI	13.77667	c			
## RUCKII	11.88333	d			

## Índice de blancura

Análisis ANOVA y prueba LSD para el índice de blancura de los almidones nativos

Tabla 38. Análisis de ANOVA para el índice de blancura

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## TIPO      5  3.298  0.6596   16.84 3.11e-06 ***
## Residuals 18  0.705  0.0392
```

Tabla 39. Prueba LSD para el índice de blancura

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 0.03917105 18 90.66318 0.218299 2.100922 0.2940205
## $groups
##      BLANCURA groups
## LOCKA      91.18330      a
## RUCKII     90.93506     ab
## CCOMPIS    90.87598      b
## OCUCURI_M  90.54257      c
## Y_LOMO     90.34217     cd
## Y_IMILLA   90.10002      d
```

## Propiedades térmicas

Análisis ANOVA y prueba LSD para el DSC de almidones nativos

### Temperatura inicial

Tabla 40. Análisis de ANOVA para la temperatura inicial

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## VARIEDAD   5  44.63   8.927 3279244 <2e-16 ***
## Residuals  12   0.00   0.000
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 41. Prueba LSD para la temperatura inicial

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 2.722222e-06 12 56.96561 0.002896337 2.178813 0.002935189
## $groups
##      TEMPERATURA_INICIAL groups
## CCOMPIS      59.07333      a
## YANA IMILLA   58.90133      b
## YANA LOMO     56.80267      c
## LOCKA        56.70300      d
## OCCUCURI     55.31233      e
## RUCKII       55.00100      f
```

## Temperatura pico

Tabla 42. Análisis de ANOVA para la temperatura pico

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## VARIEDAD   5  46.06   9.211 9211307 <2e-16 ***
## Residuals 12   0.00   0.000
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 43. Prueba LSD para la temperatura pico

```
## $groups
##           TEMPERATURA_PICO groups
## CCOMPIS           62.51167      a
## YANA IMILLA       62.50100      b
## YANA LOMO         61.60100      c
## LOCKA             60.10067      d
## RUCKII            59.50200      e
## OCCUCURI          58.20433      f
```

## Temperatura final

Tabla 44. Análisis de ANOVA para la temperatura final

```
##           Df Sum Sq Mean Sq  F value Pr(>F)
## VARIEDAD   5  34.93   6.986 12574037 <2e-16 ***
## Residuals 12   0.00   0.000
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 45. Prueba LSD para la temperatura final

```
## $statistics
##           MSError Df      Mean      CV t.value      LSD
## 5.555556e-07 12 67.95028 0.001096914 2.178813 0.001325983
## $comparison
## $groups
##           TEMPERATURA_FINAL groups
## OCCUCURI           69.50033      a
## YANA IMILLA       69.50033      a
## CCOMPIS           68.20067      b
## YANA LOMO         68.20000      b
## LOCKA             66.49033      c
## RUCKII            65.81000      d
```

## Entalpía

Tabla 46. Análisis de ANOVA para la entalpía

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## VARIEDAD   5  23.97   4.793  408916 <2e-16 ***
## Residuals 12   0.00   0.000
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 47. Prueba LSD para la entalpía

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 1.172222e-05 12 15.4965 0.02209385 2.178813 0.006090869
## $groups
##      ENTALPIA groups
## CCOMPIS      16.52867      a
## OCCUCURI      16.20100      b
## YANA IMILLA  15.91467      c
## LOCKA         15.90233      d
## YANA LOMO     15.40133      e
## RUCKII        13.03100      f
```

Análisis ANOVA y prueba LSD para el AVR de almidones nativos.

### Temperatura de empaste

Tabla 48. Análisis de ANOVA en la temperatura de empaste

```
##      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## VARIEDAD      5 14.460  2.8919  16792 <2e-16 ***
## Residuals    12  0.002  0.0002
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 49. Prueba LSD en la temperatura de empaste

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
## 0.0001722222 12 60.40389 0.021726 2.178813 0.02334634
## $groups
##      T_DE_EMPASTE groups
## YANA LOMO      62.12000      a
## CCOMPIS        61.01000      b
## OCCUCURI        60.02000      c
## LOCKA          59.95000      d
## YANA IMILLA    59.82333      e
## RUCKII         59.50000      f
```

### Viscosidad final

Tabla 50. Análisis de ANOVA para la viscosidad final

```
##      Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
## VARIEDAD      5   3778   755.6   755.6 1.47e-14 ***
## Residuals    12     12     1.0
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 51. Prueba LSD para la viscosidad final

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV  t.value      LSD
##      1 12 112.1111 0.8919722 2.178813 1.778993
## $groups
##      VISCOSIDAD_FINAL groups
## YANA LOMO      139.00000      a
## CCOMPIS        119.66667      b
```

```
## YANA IMILLA      115.00000    c
## OCCUCURI        101.00000    d
## LOCKA           100.33333    d
## RUCKII           97.66667     e
```

## Viscosidad pico

Tabla 52. Análisis de ANOVA para la viscosidad pico

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## VARIEDAD    5   5732  1146.3    529.1 1.24e-13 ***
## Residuals  12     26    2.2
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 53. Prueba LSD para la viscosidad pico

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV t.value      LSD
##      2.166667 12 151.2778 0.9730181 2.178813 2.618607
## $groups
##           PEAK_VISCOSITY groups
## YANA LOMO      178.6667      a
## CCOMPIS        168.6667      b
## OCCUCURI        150.3333      c
## YANA IMILLA    145.0000      d
## RUCKII          140.0000      e
## LOCKA          125.0000      f
```

## Desglose de gel

Tabla 54. Análisis de ANOVA para desglose de gel

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## VARIEDAD    5 1024.4   204.89   368.8 1.06e-12 ***
## Residuals  12    6.7    0.56
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabla 55. Prueba LSD para desglose de gel

```
## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV t.value      LSD
##      0.5555556 12 70.22222 1.061425 2.178813 1.325983
## $groups
##           BREAK_DOWN groups
## YANA LOMO      82.66667      a
## CCOMPIS        75.00000      b
## YANA IMILLA    70.66667      c
## OCCUCURI        70.33333      c
## RUCKII          63.00000      d
## LOCKA          59.66667      e
```



### **ANEXO 03. Metodologías para la determinación de la composición proximal**

#### **a. Metodología para determinar la humedad, AOAC (2005).**

**Materiales:** Placas Petri, campana desecadora, pinzas metálicas.

**Equipos e instrumentos:** Estufa, balanza analítica

#### **Método:**

Preparación de la muestra:

Pesar de 1 a 5 gramos de muestra en una placa Petri pequeña.

Colocar las muestras preparadas en la estufa y programar a 100°C.

Sacar las muestras y colocarlas en la campana desecadora y dejar enfriar por 2 horas o más.

Proceder a colocar las muestras en la balanza analítica y se anotar los pesos.

#### **Cálculos y expresión de resultados:**

$$\% \text{ MS} = \left( \frac{\text{Peso final (placa + muestra)} + \text{peso de la placa}}{\text{Peso de la muestra}} \right) * 100$$
$$\% \text{ H} = 100\% - \% \text{ MS}$$

#### **b. Metodología para determinar ceniza, AOAC (2005).**

**Materiales:** crisoles, campana desecadora, pinzas metálicas.

**Equipos e instrumentos:** Mufla, balanza analítica

#### **Método:**

Preparación de materiales:

Lavar los crisoles y enjuagarlos con abundante agua destilada. Seguidamente se coloca en la estufa encendida por un espacio de 1 a 2 horas.

Terminado el periodo de secado, se procede a sacar los materiales con ayuda de las pinzas metálicas colocándolos en una campana desecadora. Para su posterior pesado y codificado

Preparación de la muestra:

Se pesa de 1.5 a 3 gramos de almidón, luego se coloca en la mufla a 600 °C por un tiempo de 6 horas aproximadamente, al concluir se apaga el equipo y se deja enfriar por un tiempo de 6 horas.

Se saca las muestras con las pinzas metálicas colocándolos en la campana de desecación.

Dejar enfriar por espacio de 2 horas o más, después se realiza los pesajes correspondientes.

### **Cálculos y expresión de resultados:**

$$\% \text{ de ceniza} = \left( \frac{\text{Peso final (crisol + muestra)} + \text{peso de crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \right) * 100$$

#### **c. Metodología para la determinación de proteínas, AOAC (2005)**

##### **Procedimiento**

Se pesó 0.5 gramos de almidón y se colocaron en un frasco digestor.

Luego se añadieron 8 mL de ácido sulfúrico concentrado y posteriormente 0.20 gramos 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 que la solución muestre 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 por ciento y se destiló por 40 minutos.

El destilado se recogió en 6 mL de ácido bórico al 4 por ciento el cual tenía una solución indicadora mixta (rojo de metilo y azul de metileno).

Una vez terminada la destilación, se valoró la solución con ácido sulfúrico 0.02 N.

Los resultados se expresaron en porcentaje de Nitrógeno mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ proteina} = \frac{V * N * 1,4}{g \text{ de muestra}}$$

##### **Dónde:**

**V:** Volumen de ácido sulfúrico gastado en la valoración.

**N:** Normalidad del Ácido.

% proteína = % N x Factor.

Factor: 6.25

#### **d. Metodología para la determinación de grasa, AOAC (2005)**

##### **Procedimiento**

Se pesaron 5 gramos de almidón en un cartucho de papel filtro.

Se transfirió a un equipo Soxhlet y se le adicionó un solvente 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 porcentaje de grasa mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \left( \frac{P2 - P1}{Pm} \right) * 100$$

**Dónde:**

**P1:** Peso en gramos del balón recolector vacío que hace parte del equipo extractor.

**P2:** Peso en gramos del balón que contiene la grasa extraída.

**Pm:** Peso en gramos de la muestra.

#### **e. Metodología para la determinación de fibra cruda, AOAC (2005)**

##### **Procedimiento**

Se pesaron 2 gramos de almidón los cuales se colocaron en papeles filtro para luego desengrasar con éter.

Se agregaron 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25 por ciento, el que se calentó 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 eliminar la reacción ácida.

Se regresó el material al vaso precipitado, donde se adicionaron 200 mL de Hidróxido de Sodio al 1.25 por ciento.

Se calentó por otros 30 minutos, luego se filtró de nuevo.

Se lavó con agua caliente hasta la eliminación de la reacción alcalina.

Luego se filtró el residuo en un crisol, previamente preparado con asbesto.

Se llevó el crisol y su contenido a una estufa cerrada y dejándose secar hasta lograr un peso constante a una temperatura de 110°C, se enfrió y pesó.

Finalmente se calcinó el crisol y su contenido en una mufla a 550°C de una a dos horas.

La diferencia de los pesos antes y después de la calcinación, representa la fibra cruda de la muestra.

Los resultados se expresaron en porcentaje de fibra cruda mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FC} = \left( \frac{P1 - P2}{Pm} \right) * 100$$

**Dónde:**

**P1:** Peso en gramos del crisol calcinado.

**P2:** Peso en gramos del crisol vacío.

**Pm:** Peso en gramos de la muestra



