

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



**COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE  
Y CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL  
ALMIDÓN DE CINCO CLONES NATIVOS (*Solanum  
tuberosum*) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL.**

Presentado por:

**AUTOR : Bach. QUINECHE LLOCLLA, Victor Rafael.**

**ASESOR : Ing. MSc. ANCCO VIZCARRA, Thomas.**

**CO ASESOR : Ing. MSc. MANUEL PRIETO, José.**

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

**ANDAHUAYLAS – APURÍMAC - PERÚ**

**2018**



## APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra, por la presente:

### CERTIFICA,

Que, el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLA ha culminado satisfactoriamente el Informe Final de Tesis intitulado: "**COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ALMIDON DE CINCO CLONES NATIVOS (*Solanum tuberosum*) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL**" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Talavera, 08 de setiembre de 2020

MSc. Ing. Thomas Ancco Vizcarra  
**Asesor**

MSc. Ing. MANUEL PRIETO, José.  
**Co-Asesor**

Victor Rafael Quineche Lloccla  
**Tesista**



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLA**, identificado (a) con DNI N°45680111 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Declaro bajo juramento que el Informe Final de Tesis Titulado: "COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ALMIDON DE CINCO CLONES NATIVOS (*Solanum tuberosum*) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL". Es auténtico y no vulnera los derechos de autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor (es) del proyecto, quedando la UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos de autor.

**Andahuaylas, 08 de setiembre de 2020**

  
.....  
Victor Rafael Quineche Lloccla  
N° DNI: 45680111  
E-mail: victor13qll@gmail.com  
N° Celular: 928348890



FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En el local salón de grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Sede Académica Santa de la Universidad Nacional José María Arguedas de la ciudad de Andahuaylas, siendo las tres de la tarde del día miércoles veintiocho de marzo del dos mil dieciocho; se reunieron Ing. PhD. Florentino Lázaro Mendoza Marín, Ing. MSc. Julio Cesar Sichez Muñoz e Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa, integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE CINCO CLONES NATIVAS (SOLANUM TUBEROSUM) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLLA, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa del tesista, el Jurado Evaluador ACORDÓ: APROBAR por UNANIMIDAD al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLLA, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Table with 3 columns: Nota escala vigesimal (Numeros, Letras), and Mención. Values: 14, CATORCE, BUENO.

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Signature of Florentino Lázaro Mendoza Marín, Ing. PhD. Florentino Lázaro Mendoza Marín, Presidenta del Jurado Evaluador

Signature of Julio Cesar Sichez Muñoz, Ing. MSc. Julio Cesar Sichez Muñoz, Primer Miembro del Jurado Evaluador

Signature of David Juan Ramos Huallpartupa, Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa, Segundo Miembro del Jurado Evaluador



**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**RESOLUCIÓN N° 087-2018-CFI-UNAJMA**  
**RESOLUCION DE COORDINACIÓN DE FACULTAD DE INGENIERIA**

Andahuaylas, 16 de abril de 2018

**VISTO:** El Informe N° 01-2018-PJE-EPIA-UNAJMA, de fecha 09 de abril de 2018, del Ph.D. Florentino Lázaro Mendoza Marín, Presidente del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado "COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE CINCO CLONES NATIVAS (*SOLANUM TUBEROSUM*) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL" cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLA, y;



**CONSIDERANDO:**

Que, por Ley N° 28372 del 29 de octubre del 2004, se crea la Universidad Nacional José María Arguedas, con sede en la provincia de Andahuaylas, Región Apurímac; y que por Resolución N° 035-2017-SUNEDU/CD de 02 de octubre del 2017, el Consejo Directivo de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria, otorga la Licencia Institucional a la Universidad Nacional José María Arguedas para ofrecer el Servicio Educativo Superior Universitario;

Que, la Ley Universitaria 30220 en su Artículo Octavo respecto a la autonomía universitaria, establece que: "El estado reconoce la autonomía universitaria". La autonomía inherente a las universidades se ejerce de conformidad a la Constitución, las leyes y demás normativa aplicable, esta Normativa se manifiesta en los siguientes regímenes: Normativo, De gobierno, Académico, Administrativo y Económico;

Que, mediante Carta Múltiple N° 020-2014-SG-UNAJMA, de fecha 30 de julio del 2014; la Secretaría General de la UNAJMA comunica que mediante Acuerdo N° 03 de Sesión Ordinaria de la Comisión de Gobierno se **AUTORIZA** la emisión de **RESOLUCIONES DE COORDINACIÓN DE LA FACULTAD** estrictamente para asuntos académicos y deberán remitirse un original a la Secretaría General;

Que, mediante carta N° 236-2016-SG-UNAJMA de fecha 05 de agosto de 2016 el Ing. Enrique Edgardo Córdor Tinoco, Secretario General de la UNAJMA, comunica que el Dr. Oswaldo Luizar Obregón, Presidente de la Comisión Organizadora de la UNAJMA ha dispuesto que las resoluciones emitidas por la Facultad se deriven a la Vicepresidencia Académica;

Que, el **art. 39 incisos a y d del TITULO II, CAPITULO II del Reglamento General de la UNAJMA**, aprobado mediante Resolución N° 0130-2016-CO-UNAJMA, establece que "Son *funciones de las Facultades*: a) *dirigir el desarrollo académico y administrativo de las Escuelas Profesionales y Departamentos Académicos adscritos a esta, dentro de la normatividad legal, d) administrar el sistema de matrícula en coordinación y apoyo con la oficina respectiva*";

Que, el art. 29 del capítulo V (De la tesis para optar el título de profesional) del Reglamento General de Grados y Títulos en la Universidad Nacional José María Arguedas, aprobado con Resolución N° 00253-2016-CO-UNAJMA; establece que "*la información correspondiente a la sustentación y los resultados de calificación, serán asentadas en el Acta de Sustentación de Tesis de la Facultad que mantendrá en la Unidad de Investigación de la Facultad*";

Que, con Resolución N° 003-2018-CFI-UNAJMA, de fecha 05 de enero de 2017, se aprueba el Proyecto de Tesis según se detalla;





**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**RESOLUCIÓN N° 087-2018-CFI-UNAJMA**  
**RESOLUCION DE COORDINACIÓN DE FACULTAD DE INGENIERIA**

Título de la Tesis	"COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE CINCO CLONES NATIVAS ( <i>SOLANUM TUBEROSUM</i> ) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL"	
Autor del tesis	Bachiller en Ingeniería Agroindustrial <b>VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLA</b> .	
Asesor de Tesis	MSc. Ing. Thomas Ancco Vizcarra Ing. José Manuel Prieto	
Jurado Evaluador	PhD. Florentino Lazaro Mendoza Marin	Presidente
	MSc. Ing. Julio Cesar Sichez Muñoz Ing. David Juan Ramos Hualpartupa	Primer Miembro Segundo Miembro

Que, con Informe N° 01-2018-PJE-EPIA-UNAJMA, de fecha 09 de abril de 2018, el PhD. Florentino Lázaro Mendoza Marin, Presidente del Jurado Evaluador; alcanza a la Coordinación de la Facultad de Ingeniería las actas de sustentación de fecha 28 de marzo de 2018 del Informe Final de Tesis "COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE CINCO CLONES NATIVAS (*SOLANUM TUBEROSUM*) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL" cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLA**, el mismo que ha sido sustentado y APROBADO por UNANIMIDAD con la calificación de **CATORCE (14)** y mención **BUENO** de acuerdo al artículo 38° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional José María Arguedas;

Que, en atención al Informe N° 01-2018-PJE-EPIA-UNAJMA y al Acta de Sustentación, de fecha 28 de marzo de 2018, emitido por los miembros del Jurado Evaluador; la MSc. Ing. Cecilia Edith García Rivas Plata, Coordinadora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional José María Arguedas, dispone a la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería proyectar la Resolución correspondiente, la que se aprueba con cargo a dar cuenta a la Vicepresidencia Académica de la UNAJMA;

Por estos considerandos y en uso de las atribuciones conferidas como Coordinadora de la Facultad de Ingeniería, designada mediante Resolución N° 085-2017-CO-UNAJMA de fecha 23 de marzo del 2017;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO: APROBAR** el Acta de Sustentación de Tesis de fecha 28 de marzo de 2018 en la que el Jurado Evaluador calificó el Informe Final de Tesis intitulado "COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE EMPASTE Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE CINCO CLONES NATIVAS (*SOLANUM TUBEROSUM*) PARA APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL" cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **VICTOR RAFAEL QUINECHE LLOCCLA**, el mismo que ha sido **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el siguiente calificativo y mención:

NOTA ESCALA VIGESIMAL		MENCIÓN
NÚMEROS	LETRAS	
14	CATORCE	BUENO

**ARTÍCULO SEGUNDO: ENCARGAR** a la Coordinación de la Facultad de Ingeniería, ejecute y adopte las acciones académicas y administrativas que correspondan, para el cabal cumplimiento de la presente Resolución.

**ARTÍCULO TERCERO: REMITIR** la presente Resolución a la Vicepresidencia Académica, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Docente Asesor, Docente Co – Asesor, Miembros de Jurado Evaluador y al interesado para su conocimiento y fines pertinentes.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 JOSÉ MARÍA ARGUEDAS  
  
 MSc. Cecilia E. García Rivas Plata  
 COORDINADORA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
  
 MSc. Julio Cesar Sichez Muñoz  
 SECRETARIO ACADÉMICO

## DEDICATORIA

*A Dios, por guiarme y sostenerme durante todo el tiempo que me queda vivir.*

*A mí querida y estimada madre; Gertrudis Lloclla Huari, por su eterna amabilidad y afecto.*

*A mí Abuela; Antonia Huari Saccaco, por el Cariño y comprensión que siempre puso en mí.*

*A mi maravillosa hija Liz Briyith Quineche Nauto, a mi hijo Victor Andree Quineche Nauto y a mi esposa Liz Nauto Huaraca por ser la razón de seguir el camino de superación.*

*A mis hermanos William, Paul y Crishtian, por darme el apoyo incondicional en todo el momento de mi superación.*

## AGRADECIMIENTO

- A mi alma mater “Universidad Nacional José María Arguedas” y a mi Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA).
- Al Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra, Profesor Asesor de la presente Tesis, quien brindó su apoyo incondicional para su ejecución.
- A los profesionales PhD. Florentino Lázaro Mendosa Marin, Ing. MSc Julio Cesar Sichez Muñoz, Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa, quienes fueron los que contribuyeron y motivación para culminar el presente tesis.
- A todos mis amigos y compañeros con los que compartí durante mi formación profesional y que siempre me motivaron para realizar el trabajo de investigación.
- A los miembros del Jurado Calificador.
- A toda mi familia y mi pueblo de Uripa.



## RESUMEN

Los almidones extraídos de los cinco clones nativos de las variedades de las papas nativas se han convertido en productos de suma importancia para la industria alimentaria. El principal objetivo del presente trabajo fue determinar y comparar las diferencias que existen en las propiedades de empaste y características fisicoquímicas entre los clones nativos (Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela Y Huachuco) cultivadas en la comunidad de Motoy, distrito de Uripa, Provincia de Chincheros. Se determinó y se comparó el rendimiento de almidón en los clones nativos; propiedades físicas como tamaño de los gránulos de almidón; propiedades químicas: amilosa-amilopectina; propiedades tecno-funcionales: claridad de pastas, viscosidad, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento y determinar el efecto de las temperaturas y velocidad de cizalla sobre el comportamiento visco elástico del almidón de cinco clones nativos. Los almidones de los cinco clones nativos de las variedades de papa nativa presentaron valores de los mayores rendimientos en variedad durasnillo y Huachuco con 17.32 % y 14.80 %, seguido de las variedades luqui morada, qayma marcela y cheqlla murwa con 10.88%; 10.65 % y 7.81 % respectivamente y el tamaño de los gránulos para el eje mayor y menor fue de (46.5682-31.5281  $\mu\text{m}$  y 17.877-21.0643-21,3098  $\mu\text{m}$ ) respectivamente con desviación estándar de (20.364%; 11.73 2%; 8.41 %; 12.44 % y 5.15 % ) respectivamente. La amilosa estuvo entre rangos de 16.6587 % - 20.7857 % y amilopectina de 79.2143 % - 83.3413 %, respectivamente.

Las propiedades tecno-funcionales como la claridad de pastas obtuvo valores de como mayor porcentaje de transmitancia en variedades Cheqlla murwa, Huachuco con 28.0667 %, 22.6667 %, seguido de las variedades Durasnillo, Qayma marcela, Luqui morada, con 18.6333 %, 15.4%, 13.4333 % respectivamente en un tiempo de (0 h); el poder del hinchamiento mayores rendimientos en variedad durasnillo y Huachuco con 17.32 % y 14.80 %, seguido de las variedades luqui morada, qayma marcela y cheqlla murwa con 10.88 %; 10.65 % y 7.81 % respectivamente; se demuestra la solubilidad en el análisis de varianza en los clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco donde se ha determinado que entre variedades existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), según el Tukey HSD, son de grupos homogéneos, con un desviación estándar media de 5,0 por ciento con todas las

muestras de clones nativos, mayores rendimientos de capacidad de absorción de agua en el almidón en las variedades de luqui morada y durasnillo con 28.265 % y 27.7425 % seguido de las variedades Cheqlla murwa, Huachuco y qayma marcela con 26.3025 %; 25.75 % y 22.135 % respectivamente, la viscosidad de almidón en las muestras de clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, determinándose la Viscosidad máxima en variedad Huachuco 5938.17 cP seguido de las variedades Qayma Marcela, Luqui Morada, Durasnillo, Cheqlla Murwa con 3597.08 cP; 3287.0 cP; 2926.75 cP; 2766.73 cP, los perfiles del esfuerzo de corte y velocidad de cizalla indicaron que los geles de almidón presentaron un comportamiento no-newtoniano y el comportamiento del flujo de los geles se ajustó bien al modelo de Herschel-Bulkley ( $R^2 > 0,97$ ), el efecto de las temperaturas y velocidad de cizalla sobre el comportamiento visco elástico del almidón de cinco clones nativos, donde se obtiene los coeficientes más altos en la siguiente orden Luqui Morada con ( $R^2 = 0.9981$ ), seguido Durasnillo, Qayma Marcela, Cheqlla Murwa, Huachuco de ( $R^2 = 0.9855$ ;  $0.9855$ ;  $0.9821$ ;  $0.9909$ ), obteniéndose los altos coeficientes de determinación ( $R^2 = 0.9909-0.9981$ ), obtenidas del esfuerzo cortante frente a la velocidad de cizalla, a 25 °C.

**Palabras claves:** Almidón de papa, extracción, propiedades fisicoquímicas, funcionales, térmicas, reológicas.

## ABSTRACT

Starches extracted from clones of the five native varieties of native potatoes have become very important products for the food industry. The main objective of this work was to determine and compare the differences in pasting properties and physicochemical characteristics between native clones (Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Residence, Qayma Marcella Y Huachuco) grown in Motoy. It was determined and the yield of starch in native clones was compared; physical properties as size of the starch granules; chemical properties amylose-amylopectin; techno-functional properties: clarity of pastes, viscosity, water absorption rate, water solubility index, swelling power determining the effect of temperature and shear rate on the viscoelastic behavior of native starch five clones. Starches five native clones of native potato varieties had higher yields values in durasnillo and Huachuco variety with 17.32 % and 14.80 %, followed by Luqui varieties dwelling qayma marcela and cheqlla Murwa with 10.88%; 10.65% and 7.81% respectively and the granule size for the major and minor axis was (46.5682-31.5281.µm and 17,877-21.0643 to 21.3098.µm) respectively with standard deviation (20.364 %; 11.73 2%; 8.41 %; 12.44 % and 5.15 %, respectively). Amylose was among ranges 16.6587-20.7857 % 79.2143 to 83.3413 % and amylopectin%, respectively.

Las techno-functional properties such as clarity of pasta obtained values as percent transmittance greater varieties Cheqlla Murwa, Huachuco with 28.0667 % 22.6667 %, followed by Durasnillo, Qayma marcela, Luqui purple varieties, with 18.6333 %, 15.4 %, 13.4333 % respectively in time (0 h); swelling power greater yields and durasnillo variety Huachuco with 17.32 % and 14.80 %, followed by Luqui varieties dwelling qayma marcela and cheqlla Murwa with 10.88 %; 10.65 % and 7.81 % respectively; demonstrated solubility in the analysis of variance in native clones Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Residence, Qayma Marcella and Huachuco where it has been determined between varieties statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) according to the Tukey HSD, groups are homogeneous with a mean standard deviation of 5.0 percent with all samples of native clones, higher yields of absorption capacity of water in the starch varieties Luqui dwelling and durasnillo with 28.265 % and 27.7425 %, followed by varieties Cheqlla Murwa, Huachuco and qayma marcela with 26.3025 %; 25.75 % and 22.135 % respectively, viscosity starch samples Cheqlla Murwa native clones, Durasnillo, Luqui Residence, Qayma Marcella and Huachuco, determining the maximum viscosity in variety Huachuco 5938.17 cP followed by varieties Qayma Marcela, Luqui viscosity in variety Huachuco 5938.17 cP *followed by varieties* Qayma Marcela, Luqui Residence, Durasnillo, Cheqlla Murwa with 3597.08 cP; 3287.0

cP; 2,926.75 cP; 2,766.73 cP, los perfiles de shear stress and shear rate indicated that starch gels showed non-Newtonian behavior and flow behavior of the gels was adjusted to well-Bulkley model Herschel ( $R^2 > 0.97$ ), and effect of temperature and shear rate on the visco elastic behavior native starch five clones, where the highest coefficients obtained in the following order Luqui Residence ( $R^2 = 0.9981$ ), followed Durasnillo, Qayma Marcella, Cheqlla Murwa, Huachuco of ( $R^2 = 0.9855, 0.9855; 0.9821; 0.9909$ ), obtaining high coefficients of determination ( $R^2 = 99.09, 9981$ ), obtained from the shear stress versus speed shear, at 25 °C.

**Keywords:** Potato starch extraction, physicochemical, functional, thermal, rheological properties.

## INDICE

<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>CAPITULO 2. REVISION DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. Taxonomía y origen de la papa nativa. ....	3
2.2. Clasificación botánica.....	6
2.3. Derivados de la papa .....	6
2.4. Almidón .....	9
2.4.1. Obtención, rendimiento y usos del almidón .....	10
2.5. Composición y estructura del almidón.....	18
2.5. 1. Amilosa .....	18
2.5.2. Amilopectina .....	19
2.5.3. Contenido de amilosa y amilopectina .....	22
2.5.4. Tamaño del granulo de almidón .....	24
2.6. Propiedades tecnológicas y funcionales del almidón.....	26
2.6.1. Poder de hinchamiento .....	26
2.6.2. Solubilidad .....	29
2.6.3. capacidad de absorción de agua.....	29
2.6.4. Propiedades de empastamiento.....	30
2.6.5. Claridad de la pasta o cristalinidad.....	32
2.6.6. Viscosidad de almidón .....	33
2.6.7. La gelatinización del almidón .....	36
2.6.7. Gelificación .....	39
<b>CAPITULO 3. MATERIALES Y METODOLOGIA</b> .....	40
3.1. Lugar de ejecución.....	40
3.2. Muestra .....	40
3.3. Equipos materiales e instrumentos.....	41
3.3.1. Equipos .....	41
3.3.2. Materiales .....	43
3.4. Métodos de análisis .....	46

3.5.	Métodos .....	46
3.6.	Metodología del diseño experimental .....	47
3.6.1.	Descripción del proceso de extracción del almidón de papa nativa.....	47
3.6.2.	Rendimiento.....	47
3.7.	Metodología .....	50
3.7.1.	Cristalinidad de la pasta.....	50
3.7.2.	Solubilidad y poder de hinchamiento.....	50
3.7.3.	Capacidad de absorción de agua.....	51
3.7.4.	Tamaño.....	52
3.7.5.	Determinación del contenido de amilosa y amilopectina .....	52
3.7.7.	Viscosidad.....	53
3.7.8.	Comportamiento reológico de los geles de almidón .....	54
3.8.	Análisis estadístico.....	54
3.8.1.	Diseño de contrastación.....	55
	<b>CAPITULO IV. RESULTADO Y DISCUSION .....</b>	<b>56</b>
4.1.	Rendimiento de almidón de los clones nativos .....	56
4.2.	Tamaño de los gránulos de las variedades de los clones nativos.....	64
4.3.	Amilosa y amilopectina .....	68
4.4.	Claridad de la pasta o cristalinidad.....	70
4.5.	Poder de hinchamiento .....	73
4.6.	Solubilidad de las variedades .....	70
4.7.	Capacidad de absorción de agua .....	71
4.8.	Viscosidad de los clones nativos .....	71
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>78</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>91</b>



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Productos derivados de la papa .....	8
<b>Tabla 2.</b>	Derivados de la papa en Perú .....	9
<b>Tabla 3.</b>	Rendimiento de extracción de almidón.....	14
<b>Tabla 4.</b>	Almidón de papa variedad Única.....	14
<b>Tabla 5.</b>	Rendimiento de almidón de diferentes tubérculos.....	15
<b>Tabla 6.</b>	Obtención del almidón en papa amarga .....	15
<b>Tabla 7.</b>	Usos industriales del almidón.....	17
<b>Tabla 8.</b>	Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina.....	21
<b>Tabla 9.</b>	Contenido de amilosa y amilopectina de los almidones.....	22
<b>Tabla 10.</b>	Características de algunos almidones comunes.....	23
<b>Tabla 11.</b>	Relación amilosa/amilopectina de algunos almidones.....	23
<b>Tabla 12.</b>	Contenido de amilosa y amilopectina .....	23
<b>Tabla 13.</b>	Tamaño del granulo de almidón .....	24
<b>Tabla 14.</b>	Dimensiones del granulo .....	25
<b>Tabla 15.</b>	Poder de hinchamiento en almidones.....	28
<b>Tabla 16.</b>	Solubilidad en almidones nativos de papas nativas.....	29
<b>Tabla 17.</b>	Capacidad de absorción de agua .....	30
<b>Tabla 18.</b>	Claridad del gel de los almidones a 4 °C .....	33
<b>Tabla 19.</b>	Viscosidad.....	35
<b>Tabla 20.</b>	Propiedades de gelatinización y formación de geles.....	37
<b>Tabla 21.</b>	Parámetros de gelatinización de los almidones nativo.....	38
<b>Tabla 22.</b>	Muestras de las papas nativas de repatriación.....	40
<b>Tabla 23.</b>	Equipos e instrumentos.....	41
<b>Tabla 24.</b>	Recursos no disponibles.....	42
<b>Tabla 25.</b>	Materiales de vidrio .....	43
<b>Tabla 26.</b>	Materiales de acero y plástico.....	44

<b>Tabla 27.</b>	Arreglo de campo - DCA.....	54
<b>Tabla 28.</b>	Operacionalizacion de variables.....	54
<b>Tabla 29.</b>	Rendimiento de almidón en clones nativos .....	55
<b>Tabla 30.</b>	Comparaciones múltiples de Tukey HSD de tamaño de almidón.....	58
<b>Tabla 31.</b>	Distribución de frecuencias para la variedad cheqlla murwa.....	60
<b>Tabla 32.</b>	Distribución de frecuencias para la variedad de Durasnillo.....	61
<b>Tabla 33.</b>	Distribución de frecuencias para la variedad de Huachuco.....	62
<b>Tabla 34.</b>	Distribución de frecuencias para la variedad de Luqui morada.....	63
<b>Tabla 35.</b>	Distribución de frecuencias para la variedad de qayma marcela.....	64
<b>Tabla 36.</b>	Contenido de amilosa y amilopectina .....	65
<b>Tabla 37.</b>	Método 95.0 porcentaje Tukey HSD, para amilosa.....	65
<b>Tabla 38.</b>	Método 95.0 porcentaje Tukey HSD, para amilopectina.....	66
<b>Tabla 39.</b>	Análisis de varianza para Claridad .....	68
<b>Tabla 40.</b>	Pruebas de Múltiple Rangos para Poder de Hinchamiento.....	71
<b>Tabla 41.</b>	Método: 95.0 porcentajes Tukey HSD.....	71
<b>Tabla 41.</b>	Medias para Índice Solubilidad de Almidón.....	73
<b>Tabla 42.</b>	Pruebas de múltiple rangos para índice solubilidad.....	74
<b>Tabla 43.</b>	Indice de absorción de agua en almidón .....	74
<b>Tabla 44.</b>	Porcentaje Tukey HSD, para índice de absorción.....	74
<b>Tabla 45.</b>	Viscosidad del almidón de los clones nativos.....	75

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Derivados de la papa en Estados Unidos.....	7
<b>Figura 2.</b>	Los principales pasos en la extracción del almidón.....	11
<b>Figura 3.</b>	Esquema general de un proceso de almidón de papa.....	13
<b>Figura 4.</b>	Estructura química de la amilosa.....	19
<b>Figura 5.</b>	Estructura química de la amilopectina.....	20
<b>Figura 6.</b>	Representación esquemática de la amilosa (a) y la amilopectina (b)....	22
<b>Figura 7.</b>	Gránulos de almidón de papa nativa de Chiloé.....	24
<b>Figura 8.</b>	Gránulos de almidón.....	25
<b>Figura 9.</b>	Gránulos de diferentes almidones visto por microscopia de barrido...	26
<b>Figura 10.</b>	Gránulo de almidón de papa.....	28
<b>Figura 11.</b>	Propiedades de formación de pasta de almidón.....	32
<b>Figura 12.</b>	Parámetros y curvas de Viscosidad .....	34
<b>Figura 13.</b>	Curvas del CDB (termogramas de gelatinización) de almidones.....	37
<b>Figura 14.</b>	Gelatinización del almidón.....	38
<b>Figura 15.</b>	Resultado de la red del gel en un enfriamiento lento y rápido.....	39
<b>Figura 16.</b>	Diagrama de bloques del proceso de extracción del almidon.....	39
<b>Figura 17.</b>	Diagrama de contrastación y variables.....	54
<b>Figura 18.</b>	Rendimiento de almidón en clones nativos.....	57
<b>Figura 19.</b>	Diagrama de medias para el tamaño de gránulos.....	59
<b>Figura 20.</b>	Distribución de tamaño de almidón en cheqlla murwa.....	60
<b>Figura 21.</b>	Distribución de tamaño de almidón en durasnillo.....	61
<b>Figura 22.</b>	Distribución de tamaño de almidón en huachuco.....	62
<b>Figura 23.</b>	Distribución de tamaño de almidón en luqui morada.....	63
<b>Figura 24.</b>	Distribución de tamaño de almidón en qayma marcela.....	64
<b>Figura 25.</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de amilosa.....	66
<b>Figura 26.</b>	Diagrama de medias para el porcentaje de amilopectina.....	67

<b>Figura 27.</b>	Diagrama de medias para Poder de Hinchamiento.....	72
<b>Figura 28.</b>	Diagrama de medias para la solubilidad.....	75
<b>Figura 29.</b>	Diagrama de medias para la viscosidad.....	75
<b>Figura 30.</b>	Efecto de velocidad de velocidad de cizalla.....	76
<b>Figura 31.</b>	Comportamiento visco elástico de la velocidad de cizalla.....	76

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Documento de la Comunidad Campesina.....	92
<b>Anexo 2.</b>	Documento del Centro Internacional de la Papa.....	93
<b>Anexo 3.</b>	Rendimiento de almidón en clones nativos.....	94
<b>Anexo 4.</b>	Análisis de Varianza para rendimiento de almidón en clones nativos....	94
<b>Anexo 5.</b>	Tamaño de almidón de los cinco clones nativos.....	95
<b>Anexo 6.</b>	Tabla de frecuencia de variedad de Durasnillo.....	95
<b>Anexo 7.</b>	Tabla de frecuencia de variedad de Huchuco.....	95
<b>Anexo 8.</b>	Tabla de frecuencia de variedad de Luqui Morada.....	96
<b>Anexo 9.</b>	Tabla de frecuencia de variedad de Qayma Marcela.....	96
<b>Anexo 10.</b>	Variación de viscosidad del almidon Qayma Marcela.....	97
<b>Anexo 11.</b>	Variación de viscosidad del almidon Durasnillo.....	97
<b>Anexo 12.</b>	Variación de viscosidad del almidon Huchuco.....	98
<b>Anexo 13.</b>	Variación de viscosidad del almidon Cheqlla Murwa.....	98
<b>Anexo 14.</b>	Variación de viscosidad del almidon Luqui Morada.....	98
<b>Anexo 15.</b>	Tabla ANOVA tamaño de almidon.....	99
<b>Anexo 16.</b>	Tabla de medias.....	99
<b>Anexo 17.</b>	Tabla de contraste y significancia.....	99
<b>Anexo 18.</b>	Porcentaje de amilosa y amilopectina.....	100
<b>Anexo 19.</b>	Análisis de varianza para amilosa.....	100
<b>Anexo 20.</b>	Análisis de varianza para amilopectina.....	101
<b>Anexo 21.</b>	Análisis de varianza para claridad.....	101
<b>Anexo 22.</b>	Deiferencia significativa para claridad.....	101
<b>Anexo 23.</b>	Resumen estadístico para poder de hinchamiento.....	102
<b>Anexo 24.</b>	ANOVA para poder de hinchamiento.....	102

<b>Anexo 25.</b>	Medias para poder de hinchamiento.....	102
<b>Anexo 26.</b>	Diferencia significativa para poder de hinchamiento.....	103
<b>Anexo 27.</b>	Índice de solubilidad.....	104
<b>Anexo 28.</b>	Medias para índice de solubilidad.....	104
<b>Anexo 29.</b>	Múltiple rango para solubilidad.....	104
<b>Anexo 30.</b>	Diferencia significancia para índice de solubilidad.....	105
<b>Anexo 31.</b>	Capacidad de absorción por variedad.....	105
<b>Anexo 32.</b>	Medias de capacidad de absorción.....	105
<b>Anexo 33.</b>	Diferencia significancia para capacidad de absorción.....	106
<b>Anexo 34.</b>	Viscosidad de almidón de los cinco clones nativos.....	106
<b>Anexo 35.</b>	Diferencia significativa para viscosidad.....	107
<b>Anexo 36.</b>	Velocidad de cizalla.....	108
<b>Anexo 37.</b>	Viscosidad de cizalla del almidón de la Variedad Cheqlla murwa.....	109
<b>Anexo 38.</b>	Velocidad de cizalla del almidón de la variedad Durasnillo.....	110
<b>Anexo 39.</b>	Velocidad de cizalla del almidón de la variedad Luqui Morada.....	111
<b>Anexo 40.</b>	Velocidad de cizalla del almidón de la variedad Qayma Marcela.....	112
<b>Anexo 41.</b>	Velocidad de cizalla del almidón de la variedad Huachuco.....	113



## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

### Abreviaturas estándar y símbolos para unidades

Símbolo	Nombre	Unidad
<b>CIP</b>	Centro Internacional de la Papa	
<b>k</b>	Coeficiente de Consistencia	<b>Pa·sn</b>
<b>s</b>	Desviación Estándar	
<b>LSD</b>	Diferencia Mínima Significativa	
<b><math>\Delta H</math></b>	Entalpia de Gelatinización	<b>J/g</b>
<b><math>\sigma</math></b>	Esfuerzo cortante	<b>Pa</b>
<b><math>\omega</math></b>	Frecuencia	<b>Hz</b>
<b>Ha</b>	Hipótesis Alternativa	
<b>Ho</b>	Hipotesis Nula	
<b>IAA</b>	Índice de Absorción de Agua	
<b>ISA</b>	Índice de solubilidad de Agua	
<b>H</b>	Índice Reológico	<b>s<sup>-1</sup></b>
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	Micrómetro	
<b>G'</b>	Módulo de Almacenamiento	<b>Pa</b>
<b>G''</b>	Módulo de Pérdida	<b>Pa</b>
<b>N</b>	Normalidad	
<b>PH</b>	Poder de Hinchamiento	
<b>%T</b>	Porcentaje de Transmitancia	
<b>p-value</b>	Probabilidad evaluada	
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto	

---

<b>T°</b>	Temperatura	°C
<b>To</b>	Temperatura Inicial	°C
<b>Tp</b>	Temperatura Pico	°C
<b>Tc</b>	Temperatura Final	°C
<b>σo</b>	Umbral de Fluencia	<b>Pa</b>
<b>n*</b>	Viscosidad Compleja	<b>Pa.s</b>

---

## **CAPITULO I. INTRODUCCION**

Nuestro país posee una gran diversidad de variedad de papas nativas, ya este tipo de cultivo viene realizándose su sembrío desde nuestros ancestros, donde nos permite las ubicaciones geográficas son muy importantes. En nuestro país se encuentran más de 3000 variedades de papa nativa, la mayoría son cultivadas sobre los 3000 m.s.n.m., a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan a la papa una naturalidad especial, las cuales además son cultivadas generalmente sin el uso de fertilizantes y casi sin aplicación de pesticidas, también nos sugieren para el cultivo de las variedades de las papas nativas es mucho mejor sobre los 3000 m.s.n.m., a 4100 m.s.n.m. por temas de suelos orgánicos y los aspectos fitosanitarios, estas sugerencia es por los especialistas del CIP.

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

Sin embargo en nuestra provincia de Chincheros, en especial en la Comunidad Campesina de Uripa se viene repatriándose más de 130 variedades de las papas nativas certificadas por Centro Internacional de la Papa, también se ha dado mayor énfasis a la investigación con relación a las propiedades genéticas y agronómicas de las papas nativas; pero poco se ha estudiado sobre la extracción del almidón, que es una actividad agroindustrial en el ámbito mundial.

Por tal razón se determino las propiedades de empaste y características fisicoquímicas entre los clones nativos (Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela Y Huachuco) cultivadas en Motoy.

## CAPITULO II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Taxonomía y origen de la papa nativa.

La papa es una planta perteneciente a la familia Solanaceae, cuyo nombre científico es *Solanum tuberosum* L.; esta especie solanácea se divide a su vez en dos subespecies ligeramente diferentes: la *ssp. Andigena* adaptada a periodos cortos de luz y cultivada principalmente en la zona de los andes, y la *ssp. Tuberosum* adaptada a condiciones de días largos y cultivada en todo el mundo. Las papas fueron domesticadas en el Sur de Perú, en la región de los Andes hace aproximadamente 10000 años. Muchos investigadores indican que la papa (*Solanum tuberosum*), es una planta originaria de América, por lo que es posible encontrarla a través de gran parte del territorio donde la mayoría de los campesinos han tenido algún contacto con ella, aunque la historia de la papa puede trazarse en el centro de origen del lago Titicaca (Bolivia – Perú) y en el norte del Perú diez siglos atrás; *Solanum tuberosum* se originó de especies silvestres, del complejo *Solanum brevicaule* (Spooner et al., 2005).

Tres especies domesticadas raras, se formaron más tarde por hibridación de *S. tuberosum* con especies silvestres más distantemente relacionadas de las series *Acaulia* Juz; *Megistacroloba* Cárdenas y *Hawkes* (especies); una clasificación más reciente reconoce alrededor de 100 especies silvestres y 4 cultivadas (incluyendo a *Solanum tuberosum*) (Ovchinnikova et al., 2011).

La adaptabilidad de la papa a diversas condiciones de temperatura fotoperiodismo, suelos entre otros y de producir desde los 80 o 90 días en adelante, han hecho que se haya estudiado, en especial fuera de América y que hoy aparezca junto al trigo y maíz con muchos antecedentes bibliográficos (Montalvo et al., 1984). Las variedades de papa domesticadas por los antiguos peruanos se denominan papas nativas. Constituyen una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante siglos las seleccionaron por su agradable sabor y resistencia a las condiciones adversas del clima de la Sierra, caracterizado por frecuentes heladas y sequías (Gómez et al., 2008). La gran mayoría de papas nativas se cultivan por encima de los 3 800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), donde ningún otro cultivo prospera. A esta altitud, la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan condiciones naturales especiales para que las variedades se cultiven sin usar fertilizantes químicos. Las regiones con el mayor cultivo de papas nativas son Puno, Cuzco, Ayacucho y Huancavelica, en los terrenos sobre los 3 800 m.s.n.m. Sin embargo, debido a

dificultades de acceso al mercado y a una baja producción, pues se las emplea esencialmente para autoconsumo, la gran mayoría de los consumidores urbanos no llega a conocer muchas de estas variedades nativas (Gómez et al., 2008).

El conocimiento de los agricultores de papa propone una diferenciación práctica y de acuerdo al uso; así se diferencian las papas comerciales, producto de la selección en estaciones experimentales, de las papas nativas creadas por los propios campesinos. Las papas nativas pueden clasificarse en papas de consumo directo (dulces) y en papas amargas, basado en su adaptación ecológica, siendo estas últimas mejor adaptadas a climas muy fríos. Las formas del tubérculo se tipifican como redondas, ovaladas, alargadas, planas, así como con ojos (yemas) superficiales o numerosos ojos muy hundidos. La escala de colores de la pulpa o carne va desde el blanco hasta el morado (Fries et al., 2007).

Los campesinos diferencian dentro de cada grupo las papas según formas, colores, así como su comportamiento frente a condiciones climáticas extremas, diferentes suelos, plagas y enfermedades, su período de crecimiento y las calidades culinarias, donde se destaca el contenido de almidón (papa harinosa) (Fries et al., 2007).

El conocimiento clasificado de los atributos y del uso de los tubérculos permite potenciar el recurso genético que tienen estas variedades nativas o cultivares, y convertir a la región andina del Perú en zona productora de papas de calidad, para responder a un exigente mercado nacional e internacional (Fries et al., 2007).

Hoy en día existen en el Perú cerca de tres mil variedades de estas papas ancestrales, que son únicas en el mundo, pues no pueden cultivarse en otras latitudes debido a una combinación de factores geográficos, climáticos y agroecológicos (Gómez et al., 2008). Cuando se ha intentado sembrar papas nativas en zonas bajas, éstas rápidamente se han contaminado con virus y otras enfermedades y su calidad ha disminuido notablemente. En cambio, la papa común o moderna se ha adaptado a un rango mayor de climas, por ello su mayor distribución. Gran parte de las papas nativas tienen menor potencial de rendimiento que la papa mejorada; sin embargo, su calidad es superior, lo que compensa con creces su menor rendimiento, pues el precio es mayor y mucho más estable en el mercado nacional (Montañez, 2014).

La biodiversidad de estas especies presenta un desarrollo desigual, con marcadas diferencias regionales, algunas son conocidas en el ámbito nacional y su consumo

es difundido, otras tienen sólo presencia regional. La mayor parte son desconocidas y corren riesgo de erosión. Las variedades más conocidas son las amarillas, entre ellas la duraznilla (o puca duraznila), rontus, peruanita y tumbay. Estas tienen un mercado dinámico y estable en Lima, a pesar que normalmente cuesta el doble que las papas comerciales. Las variedades amargas tienen un mercado importante en la zona del altiplano, Andahuaylas, Cusco y Puno en donde son requeridas para el procesamiento de tunta y chuño. Sin embargo, la mayoría de las variedades son desconocidas, y aunque no es posible evidenciar su erosión, sí es posible constatar el estancamiento de la producción y un peligro latente de desaparición; incluso se cree que algunas, como la *Solanum hygrothermicum*, se ha perdido. Se señalan como las causas de pérdidas de variedades: factores adversos al medio ambiente, recursos tecnológicos insuficientes, así como la precariedad económica y social de sus cultivadores. No obstante, hay pocos estudios que permiten conocer la real situación a fin de determinar las estrategias para contribuir a la conservación de esta biodiversidad (Álvarez, 2001).

Análisis científicos han determinado que la gran mayoría de papas nativas poseen mejores características nutricionales que las papas comerciales, que por lo general, reciben una alta dosis de agroquímicos durante su crecimiento. Así, las variedades nativas amarillas tienen un alto contenido de vitamina C; las pigmentadas de rojo o púrpura contienen antocianinas y flavonoides sustancias que previenen enfermedades degenerativas. Además, las papas nativas destacan por su extraordinaria variedad de formas, colores de la cáscara y la pulpa, sabores y textura. La pulpa de estos tubérculos puede ser blanca, amarilla, roja, azul, naranja o morada y, en muchos casos, muestra combinaciones de color vistosas y únicas (Gómez et al., 2008).

Según el MINAGRI, (2015) las papas nativas, actualmente, representan el 30 por ciento del total de la producción de papa en el Perú. Y en el 2008, se inició, con el objetivo de promover las variedades de papas nativas, el Registro Nacional de Papas Nativas Peruanas, donde se inscribió alrededor de setenta variedades de papas nativas, y anualmente el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha seguido trabajando el tema de la inscripción y caracterización de cada variedad. Hasta el año 2015, existen más de 100 variedades inscritas en el mencionado registro y el objetivo es inscribir las más de tres mil variedades con las que cuenta nuestro país. Con este mayor conocimiento se irá incrementando la producción y consumo de papa nativa en los próximos años, mientras que las variedades



mejoradas (que dominan el mercado de consumo actualmente) disminuirán debido a que se está haciendo reconversiones por las variedades nativas.

## **2.2. Clasificación botánica.**

Terranova, (1995); clasifica taxonómicamente a la papa nativa de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotiledónea

Orden: Tubiflorales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: tuberosum

## **2.3. Derivados de la papa.**

Una vez cosechada, la papa se destina a diversos fines y no se usa sólo como hortaliza para prepararla en casa. En realidad, las papas que se consumen frescas son menos del 50 por ciento de la producción mundial y la variedad de usos según (Madrid et al., 2013) son los siguientes:

- Usos alimentarios: Se destinan para el consumo de papa fresca y congelada, para la producción de hojuelas crocantes de papa (chips), los copos de papa deshidratada y la papa granulada, almidón y bebidas alcohólicas.
- Usos no alimentarios: gomas, piensos y etanol para producir combustibles.
- Papas para semilla: utilizada para la renovación del ciclo.

Por último, en el Perú todavía se realiza un procedimiento tradicional para obtener determinados productos. Se mencionan los productos que son consumidos en la región de la sierra y fundamentalmente en las zonas rurales de Perú; los Productos derivados son Chuño (chuño negro), Moraya o Tunta (chuño blanco), Tocosh, togosh o shele, Papa seca: papa seca amarilla, papa seca negra (menor calidad) (MINAGRI, 2015); se detalla en la Tabla1.

Tabla 1:

**Productos derivados de la papa obtenidos por procedimientos tradicionales en Perú**

Producto	Características del producto
-Chuño (chuño negro)	Se elabora por exposición de los tubérculos a periodos de congelación, deshidratación, presión mecánica y secada por efecto de la alta radiación solar diurna.
-Moraya o Tunta (chuño blanco)	Se elabora exponiendo los tubérculos a congelación, remojo y secado solar.
-Tocosh, togosh o shele	Se elabora por un proceso de fermentación y secado solar. Tiene la propiedad de ser revitalizador y antibiótico.
-Papa seca: amarilla, negra (menor calidad)	Se obtiene al cocinar, pelar y cortar en cubos o tiras pequeñas luego someter ha secado solar.

**Fuente:** MINAGRI (2015).

Tabla 2:

**Nuevos productos derivados de la papa en Perú**

Producto	Uso	Características del insumo	Variedad
Almidón de papa	Cocina e Industria	Papa con alto contenido de materia seca, más de 25 %.	Yungay, Mariva, Revolución y otras papas amargas
Papas frescas embolsadas	Consumo directo (supermercados)	Calibre extra o primera, con apariencia madura, sin deformaciones ni signos de plagas o enfermedades.	Diversas variedades
Hojuelas (chips)	Bocaditos (snacks)	Papas de calidad, redondas, blancas sin ojos, con alto contenido de materia seca (mayor de 24 %) y bajo contenido de azúcar.	Capiro, Yungay, Mariva, Tomasa, Condemayta, Desértica, Maria Bonita, Tacna, Primavera
Papas fritas en tiras	Pollerías	Papa fresca redonda, uniforme en tamaño, pelada cortada, empacada y refrigerada. Materia seca entre 22 y 24 % y bajo contenido de azúcares y azúcares.	Tomasa, Revolución y Yungay, Desértica, María Bonita, Tacna, Primavera

Puré	Cocina	Similar a los requerimientos para la fabricación de hojuelas.	Mariva, Yungay, Tomasa Condemaytaetc
Precocidos-congelados	Fastfood	Papas de 4 a 7 cm de diámetro, congeladas y almacenadas	Tumbay, Peruanita, Runtush, Zapallo.

**Fuente:** MINAGRI (2015).

## 2.4. Almidón

El almidón es uno de los polímeros naturales más prometedores debido a su biodegradabilidad inherente, abundancia abrumadora y renovación anual (Yu Long et al., 2006). De las calorías consumidas por los humanos, cerca del 70 al 80% provienen del almidón. Es la principal fuente de almacenamiento de energía en los vegetales, ya que se encuentra en grandes cantidades en las diversas variedades de plantas, como, por ejemplo, en los granos de cereales, los cuales contienen entre 60 y 75% de su peso seco de almidón, así como también, puede encontrarse en tubérculos, semillas de leguminosas y en algunas frutas, y su concentración varía con el estado de madurez de los mismos (Thomas y Atwell, 1999). Estructuralmente, el almidón consiste de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. A pesar de que la amilosa y la amilopectina están compuestas por moléculas de D-glucopiranosas, las diferencias entre estos dos polímeros resultan en grandes diferencias en las propiedades funcionales. Los otros componentes menores en almidón son lípidos, proteínas, calcio, potasio, magnesio y sodio en la forma iónica (Vandeputte y Delcour, 2004).

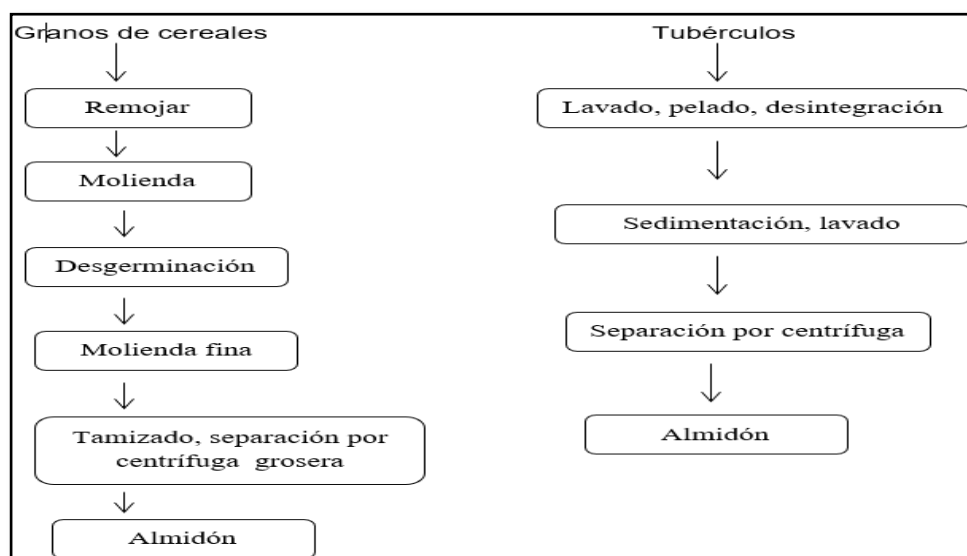
### 2.4.1. Obtención, rendimiento y usos del almidón.

Las principales fuentes de almidón utilizado en la industria alimentaria son los cereales (maíz, trigo, arroz y sorgo) y los tubérculos (papa y mandioca). Los almidones se diferencian uno de otros por la forma y el tamaño de su grano, las proporciones respectivas de cadenas de amilosa y amilopectina, que condicionan sus propiedades físicas, y por el proceso utilizado para su extracción (Jeantet et al., 2010).

En el laboratorio se busca aislar este componente en su forma nativa. El proceso de extracción tiene como objetivo obtener un almidón con alto grado de pureza, debiendo contener bajos contenidos de proteínas, lípidos, ceniza y fibra. El método de extracción a emplearse depende de la fuente de almidón; este debe evitar el daño mecánico o modificación de los gránulos (Gonzales, 2002).

En la papa, los gránulos de almidón se encuentran libres en el interior de las vacuolas celulares, de modo que su aislamiento es relativamente sencillo. El material vegetal se tritura, los gránulos de almidón se arrastran en corriente de agua, se sedimentan a partir de la suspensión (leche de almidón) y se desecan (Belitz, 2009). Los principales pasos de extracción incluyen lavado del tubérculo, desintegración, y centrifugación. El remojo se lleva a cabo en una solución de bisulfito de sodio a pH controlado para evitar el pardeamiento del tubérculo. La desintegración y la centrifugación se utilizan para separar el almidón de otros componentes. Los gránulos de almidón se distribuyen de forma desigual en las paredes celulares de los tubérculos. Pueden ser liberados de tubérculo por la ruptura de las paredes celulares. Esto se hace durante la desintegración de tubérculos por un tambor cilíndrico que contiene hojas de sierra rotativas en su circunferencia o un extractor de jugo para la extracción en una pequeña escala. El almidón puede purificarse por lavado, sedimentación y centrifugación (Cui, 2005).

Waterschoot et al. (2015) mencionan que la extracción de almidones de cereales es relativamente difícil debido a su alto contenido en proteínas y grasas, los cuales deben ser eliminados. Por otro parte, menciona que la extracción de almidón de tubérculos de papa es relativamente sencilla debido a la estructura del tejido y su bajo contenido en proteínas y grasas. En la Figura 1 se presenta los principales procedimientos para la extracción de almidones de cereales y tubérculos.

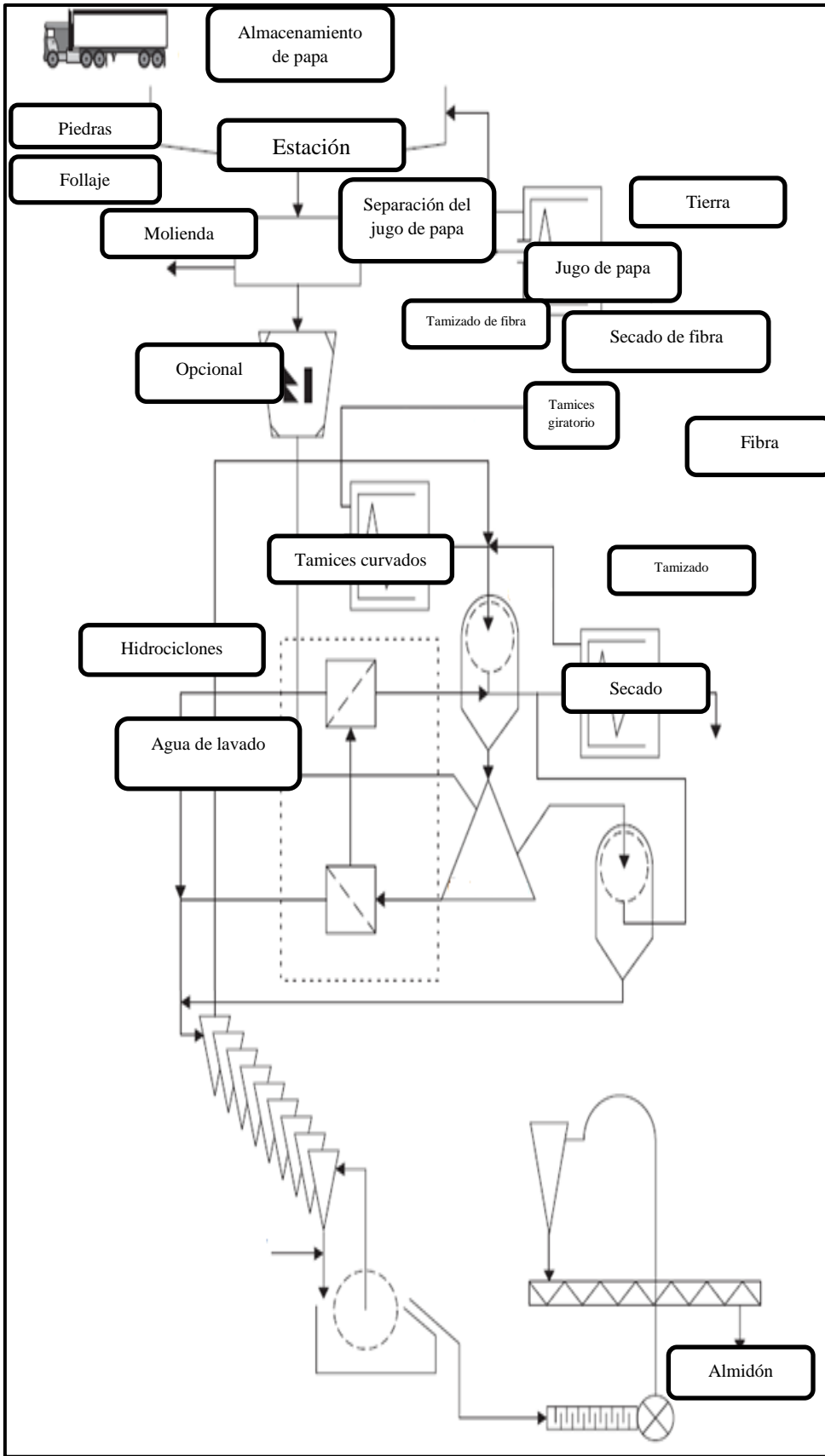


**Figura 1:** Los principales pasos en la extracción del almidón de granos de cereales y tubérculos.

**Fuente:** Cui, (2005).

Eliasson, (2004); menciona que en la tecnología moderna del almidón de papa hay procesos divergentes con diferentes requisitos acerca del consumo de agua y diferentes técnicas para recuperar las proteínas de alto peso molecular disueltas en el jugo de papa en particular.

Según Bemiller y Whistler (2009) para la producción efectiva de almidón de papa, éstas deben contener la mayor cantidad de almidón, es decir un alto contenido de materia seca, por lo tanto, en las modernas fábricas de almidón de papa en Europa, sólo se utilizan especies especiales de papas industriales. Estas papas no son muy sabrosas debido a la alta cantidad de almidón y, por lo tanto, no se consumen como alimento. Las papas se cosechan y procesan en Europa entre agosto y abril; este periodo se conoce como la campaña de almidón. Un posible proceso de almidón de papa, que intenta combinar los mejores elementos de los procesos y para hallar un valor óptimo que puede ser implementado, el cual se muestra en la Figura 2.



**Figura 2:** Esquema general de un proceso de almidón de papa.

**Fuente:** Bemiller y Whistler, (2009).

Sobre el rendimiento de extracción de almidón (Peña, 2017) menciona en su investigación obtuvo en el rango de 6.58 % a 10.19 %, correspondiendo el mayor porcentaje de extracción a la variedad IB; la cual presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) comparada con las otras cuatro variedades, se presenta el análisis de varianza (ANVA) del rendimiento de extracción de almidón, y se observa que la variedad de papa nativa influye significativamente en el rendimiento obtenido, se muestra en la siguiente Tabla 3, también se muestra que en la Tabla 4, que el rendimiento de la papa variedad única su rendimiento es de  $16.50 \pm 0.2\%$ , se muestran de la siguiente manera.

Tabla 3:

***Rendimiento de extracción de almidón de cinco variedades de papas nativas***

<b>Variedad de papa nativa</b>	<b>Peso de la papa (kg)</b>	<b>Almidón extraído (kg)</b>	<b>Merma (kg)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<b>Imilla blanca</b>	10,61	1,08	9,53	10,19
<b>Imilla negra</b>	10,37	0,73	9,64	7,06
<b>Loc'ka</b>	10,63	0,70	9,93	6,58
<b>Ocucuri</b>	11,30	0,90	10,40	7,93
<b>blanca</b>				
<b>Piña</b>	10,73	0,77	9,96	7,21

**Fuente:** Peña, (2017).

Tabla 4:

***Se muestra el rendimiento de extracción del almidón de papa variedad Unica procedente del fundo de la UNALM***

<b>Papa variedad Unica</b>	
Peso de la papa	
Merma	$554,75 \pm 16,9$ g
Peso total de almidón extraído	$109,95 \pm 4,9$ g
Rendimiento (%)	$16,50 \pm 0,2\%$
Contenido de materia seca	$21,40 \pm 0,4\%$
Aspecto visual	Blanco sin impurezas

**Fuente:** Vargas, (2015).

En su investigación (Melian, 2010), registra rendimientos de extracción en diferentes variedades desde 15.65 % hasta 30 %, el cual va en función al contenido de materia seca que va de 21.9 % a 36.18 %. En la papa que se usó (var. Unica) se tiene un contenido de materia seca del 21.4 %, y un rendimiento de extracción del 16.5 %, donde En la Tabla 5, se observa el rendimiento de almidón de diferentes tubérculos y raíces andinos, se detallan de la siguiente manera:

Tabla 5:

***Rendimiento de almidón de diferentes tubérculos y raíces andinos***

<b>Tubérculo/Raíces</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Oca	14.18
Mashua	2.26
Melloco	5.17
Miso	10.42
Zanahoria blanca	13.52
Oca	14.18

**Fuente:** Villares y Espin, (1999).

Las características del almidón de la papa se encuentran reportadas por (Foraquita, 2003), quien obtuvo en el almidón de papa amarga, en algunas variedades el cual fue extraído por vía humedad y comparada con sus procesados (chuño blanco) a nivel laboratorio reportando el siguiente rendimiento en la Tabla 6.

Tabla 6:

***Rendimiento de la obtención del almidón en papa amarga y procesada como chuño blanco***

<b>Variedad de papa</b>	<b>Rendimiento de almidón</b>	
	<b>Papa (%)</b>	<b>Chuño blanco (%)</b>
Okukuri (amarga)	11.6	23.8
Piñaza (amarga)	9.6	19.6.
Locka (amarga)	11.1	18.9

**Fuente:** Foraquita, (2003).



Los almidones nativos no son considerados como aditivos sino como ingredientes base de fabricación y la cantidad incorporada a los alimentos no está sometida a reglamentación, como es el caso de los almidones modificados, que han sido desarrollados a fin de responder las exigencias de los procesos industriales de fabricación. Las posibles aplicaciones de los almidones de acuerdo a sus propiedades funcionales podrían ser: debido a su alto poder de hinchamiento, los almidones nativos podrían ser empleados en la elaboración de embutidos cocidos. Y para ser empleados en la elaboración de películas biodegradables o comestibles deberían presentar alta transmitancia (Gonzales, 2002).

Con respecto a las posibles aplicaciones de los almidones que presentan geles con alta transmitancia, (Madruga et al., 2014) mencionan que los geles de almidón que presentan valores elevados de transmitancia se pueden utilizar en la formulación de mermeladas, gelatinas y en confiterías; mientras que los que son opacos se pueden utilizar en productos como sopas, salsas y cremas. (Torruco y Betancur, 2007) mencionan que almidones con baja sinéreseis son adecuados para su uso en sistemas alimentarios que implican procesos de refrigeración o congelación.

Ahmed et al., (2012); indican que el almidón es reconocido como uno de los productos más abundantes e importantes que contienen atributos de valor agregado para un gran número de aplicaciones industriales. Su composición química, estructura, propiedades, y la susceptibilidad a diversos agentes químicos, físicos y modificaciones enzimáticas ofrecen un alto valor tecnológico que contribuye, enormemente, tanto a la industria de alimentos y productos no alimentarios. Los recientes avances en las tecnologías de procesamiento de almidón y de la manipulación genética para crear nuevas variedades de almidón que tienen funcionalidades útiles tuvieron un impacto profundo, nuevos productos se han desarrollado alrededor del almidón, utilizándolo como materia prima para alimentos, productos químicos, plásticos y combustibles.

En líneas generales, los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos y por sus propiedades espesantes y gelificantes. Sin embargo, la estructura nativa del almidón a veces resulta poco eficiente, ya que ciertas condiciones de los procesos tecnológicos, como temperatura, pH y presión, reducen su uso en aplicaciones industriales al

provocar una baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis (Pacheco y Delahaye, 2009).

Bello, (2000) también menciona que ningún almidón nativo puede ser expuesto a condiciones mecánicas y térmicas rigurosas, sin que pierda gran parte de su viscosidad y poder ligante, porque cuando alcanza el hinchamiento máximo se rompe el gránulo. Además, el enfriamiento rápido propio de la congelación, provoca el fenómeno de la sinéresis, que le hace perder agua por exudación del gel y se altera la textura del alimento. Para soslayar estas dificultades, en la práctica de la industria alimentaria se emplean otros tipos de almidones, que han sido modificados, mediante tratamientos físicos, químicos y enzimáticos, con la finalidad de conseguir algunas propiedades tecnológicas determinadas. Estos almidones, generalmente, muestran mejor claridad y estabilidad del gel, imparten diversos grados de viscosidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-descongelamiento, entre otras ventajas. En la Tabla 7 se puede revisar los usos del almidón en diferentes industrias.

Tabla 7: **Usos industriales del almidón**

	<b>El uso del almidón nativo / almidón modificado</b>
Alimentos	Modificador de la viscosidad, película comestible, agente de glaseado
Adhesivos	Aglutinante
Papel y cartón	Adherente, recubrimiento
Textil	Impresión y acabado
Productos farmacéuticos	Diluyente, aglutinante, encapsulación
Extracción de petróleo	Modificador de la viscosidad
Detergentes	Tensioactivos, agente de suspensión, agentes blanqueadores y activadores de blanqueo
Agroquímica	En la distribución de pesticidas, revestimiento de semillas
Plásticos	Envasado de alimentos, material biodegradable
Productos cosméticos	Polvos para la cara y talcos
Purificación	Floculante
Medicina	Preservación de órganos de trasplante, productos higiénicos absorbentes

**Fuente:** Cui, (2005).

## 2.5. Composición y estructura del almidón.

### 2.5.1. Amilosa.

La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4), en el cual algunos enlaces  $\alpha$  (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (Knutzon y Grove, 1994).

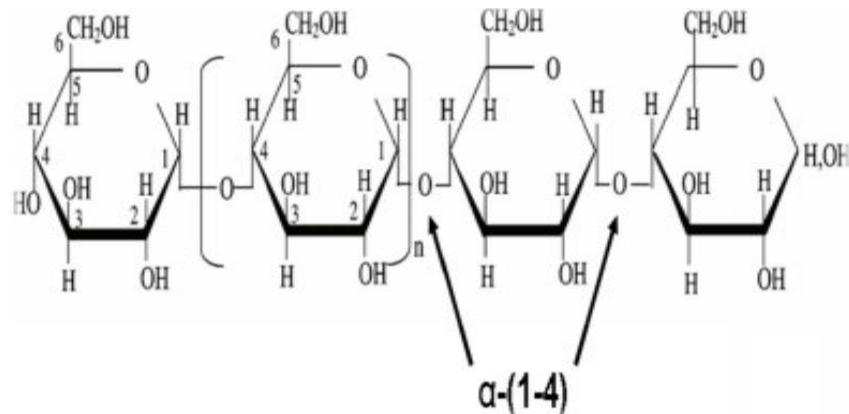
Thomas et al., (1999); establecieron que los enlaces glucosídicos en la configuración  $\alpha$ , confieren a la amilosa la estructura helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis unidades de glucosa. Los grupos hidroxilo se posicionan en el exterior de la hélice, mientras que el interior contiene predominantemente átomos de hidrógeno y es por lo tanto lipofílico, lo cual permite a la amilosa formar clatratos o complejos de inclusión con los ácidos grasos libres, con las cadenas de los ácidos grasos de los glicéridos, con algunos alcoholes y con el yodo.

Por su parte, (Wang et al., 2010) establecen que los altos contenidos de amilosa se relacionan directamente con una mayor fuerza del gel y un menor consumo de energía para el hinchamiento. También establecieron que las cadenas medias de amilopectina tienen un efecto pronunciado en la fase de transición y en las temperaturas de gelatinización, dando a estas cadenas ramificadas la posibilidad de ser las responsables de las propiedades reológicas del almidón.

La amilosa es esencialmente un polímero, en el cual las unidades de anhidro glucosas están presentes y unidas en mayor parte por enlaces glucosídicos  $\alpha$ (1-4) y un leve grado de ramificación en enlaces  $\alpha$ (1-6); la molécula tiene un peso molecular promedio de  $10^5$  a  $10^6$  g/mol (Tester et al., 2004) y por la presencia de grupos hidroxilos ofrece propiedades hidrofílicas al polímero.

La amilosa, es un polímero lineal formado por D-glucopiranosas que se encuentran unidas entre sí por enlaces  $\alpha$ -(1-4) que representan un 99% de su estructura; también se ha comprobado la presencia de ciertas ramificaciones unidas por enlaces  $\alpha$ -(1- 6); dichas ramificaciones se encuentran de manera espaciada e infrecuente, lo que permite observar su comportamiento esencialmente lineal (Biliaderis, 1998).

Tiene una masa molar aproximada de 105-106 kDa, un grado de polimerización (GP, número de unidades de glucosa que se encuentran unidas en una cadena) por número (GPn) de 324-4920 con alrededor de 9 a 20 puntos de ramificación equivalentes a 3-11 cadenas por molécula. Cada cadena contiene aproximadamente 200 o 700 residuos de D-glucopiranosas (Tester et al., 2004).



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

**Fuente:** Tester et al., (2004).

### 2.5.2. Amilopectina.

La amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1-4) y en un 4-6% con uniones  $\alpha$  (1-6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (Guan y Hanna, 2004).

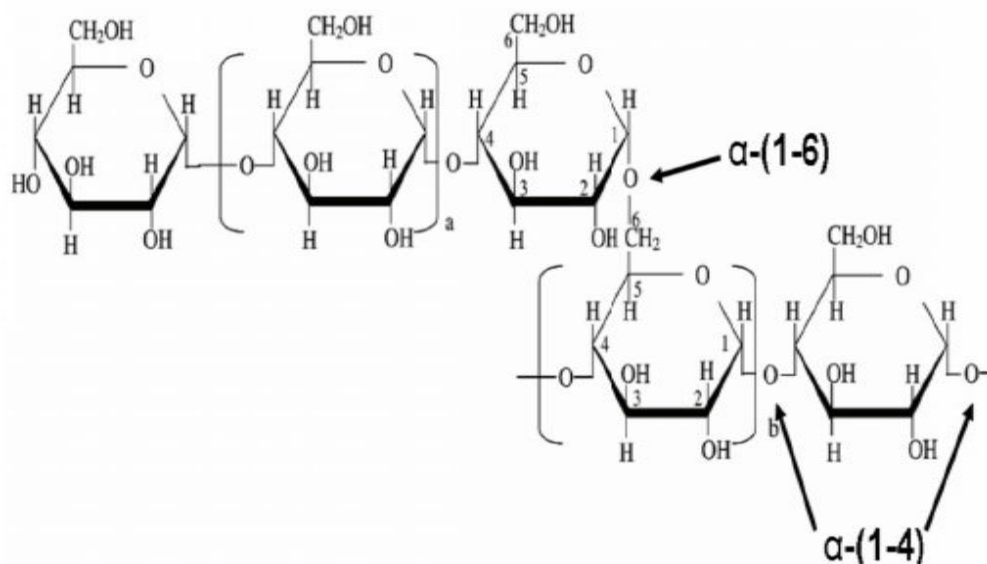
La amilosa de las distintas fuentes botánicas presenta un grado de polimerización (DP) aproximado de 1500-6000. La molécula de amilopectina, que es mucho más grande, tiene un DP de aproximadamente 300000 a 3000000 (Zobel, 1988).

El polímero de amilopectina es más grande que el de amilosa y es altamente ramificado; su estructura consiste en residuos de D-glucopiranososa unidos por enlaces  $\alpha$ - (1-4) (aproximadamente 95%) y 5% de enlaces  $\alpha$ -(1-6). La amilopectina es una de las moléculas biológicas de mayor tamaño y su peso molecular se encuentra en el rango de 106 a 109 g/mol, dependiendo del origen botánico del almidón (Tester et al., 2004).

El gran tamaño y la naturaleza ramificada de la amilopeptina reduce su movilidad en solución y elimina la posibilidad de niveles significativos de enlaces de hidrogeno entre cadenas adyacentes, en promedio, la amilopeptina tiene un punto de ramificación no aleatorizado cada 20 o 25 residuos de glucosa (Thompson, 2000).

La otra fracción del almidón es la amilopeptina, que son moléculas más grandes que la amilosa y contienen enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4),  $\alpha$  (1-6) y ramificaciones que dan a su forma molecular semejanza a un árbol; la macromolécula posee un peso molecular comprendido de  $10^7$  a  $10^8$  g/mol (Tester et al., 2004).

La amilopeptina, es un polímero semicristalino y altamente ramificado, formado por aproximadamente 595,238 unidades de D-glucopiranosas unidas mediante enlaces  $\alpha$ -(1-4) que representan un 92-96%; con puntos de ramificación unidos mediante enlaces  $\alpha$ -(1-6) que representan un 5-6% de su estructura. Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente cada 15 o 25 unidades de D-glucopiranosas, aunque el rango puede excederse a 19 o 31 unidades dependiendo del contenido de amilosa en el almidón (Biliaderis, 1998). En la figura 4 se observa la estructura química de la amilopeptina.



**Figura 4:** Estructura química de la amilopeptina.

**Fuente:** Tester et al. (2002).

La estructura de las dos fracciones que contiene el almidón (amilosa y amilopeptina) y la proporción variable en que se encuentran explican muchas de sus propiedades físicas y químicas; la amilosa es un polímero lineal que contiene un 99 % de enlaces  $\alpha$ -1,4 y 1 % de  $\alpha$ -1,6, mientras que la

amilopectina es un polímero altamente ramificado que contiene 95 % de enlaces  $\alpha$ -1,4 y 5 % de  $\alpha$  -1,6. Se resumen las más importantes propiedades fisicoquímicas de la amilosa y amilopectina; estos dos polímeros forman las regiones amorfas y cristalinas en el gránulo de almidón (Zhang et al., 2014).

En su investigación (Peña, 2017), obtuvo un rango del contenido de amilosa y amilopectina, en los almidones evaluados, los cuales fueron de 23.6-30.0 %; que según (Alvani et al., 2011) indica que es equivalente al contenido aparente y total de amilosa, debido al bajo contenido grasa en almidones de papa Tabla 8, por tal motivo tampoco se realizó el desgrasado a las muestras, de igual forma Contenido de amilosa y amilopectina de los almidones, se demuestran en la Tabla 9, de las cinco variedades.

Tabla 8:

***Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina***

<b>Propiedad</b>	<b>Amilosa</b>	<b>Amilopectina</b>
Estructura molecular/ramificaciones	Principalmente lineal/principalmente $\alpha$ -1-4	Altamente ramificada/ $\alpha$ -1-4; $\alpha$ -1-6
Peso molecular	105-106 Da	107-109 Da
Yodo unión/color	20 %/azul-negro	<1 %/rojo-púrpura
Digestibilidad por $\beta$ -amilasa	100 %	Aprox. 60 %
Dilatación en soluciones acuosas	Inestable	Estable
Solubilidad	Baja/apenas soluble	Alta
Temperatura de gelatinización	Baja	Alta
Temperatura de fusión	Baja	Alta
Complejo amilosa-lípido	Cantidad muy alta	No
Formación de gel	Firme, irreversible	Suave, reversible
Films	Coherente	No forma fácilmente
Viscosidad	Baja	Alta
Espesante	Pobre	Bueno
Estabilidad al cizallamiento	Relativamente estable	Inestable
Fuerzas adhesivas	Débil	Fuerte
Estabilidad de congelación-descongelación	Inestable	Estable
Tasa de retrogradación	Alta	Baja

**Fuente:** Schirmer *et al.* (2015).

Tabla 9:

**Contenido de amilosa y amilopectina de los almidones**

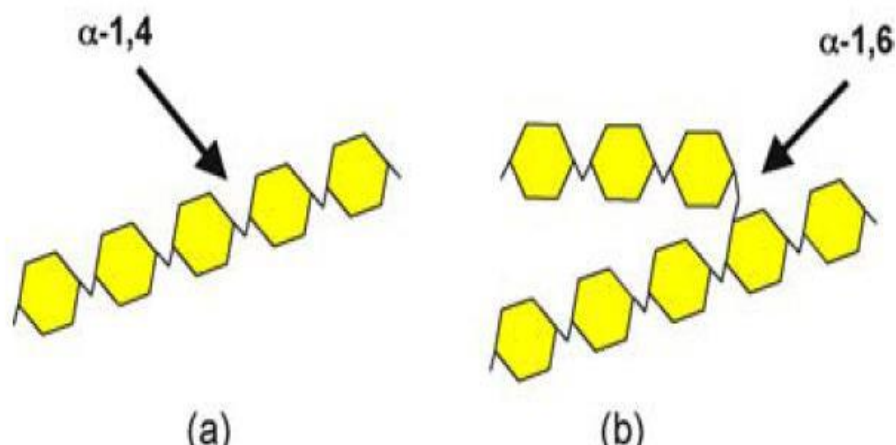
Variedad de papa nativa	% Amilosa	% Amilopectina
Imilla blanca	28,2 ± 0,88c	71,8 ± 0,88b
Imilla negra	30,0 ± 0,69d	70,0 ± 0,69 <sup>a</sup>
Loc'ka	24,9 ± 0,19b	75,1 ± 0,19c
Ocucuri blanca	23,6 ± 0,33 <sup>a</sup>	76,4 ± 0,33d
Piña	23,8 ± 0,74 <sup>a</sup>	76,2 ± 0,74d

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ),  $n=4$ .

**Fuente:** Peña (2017).

**2.5.3. Contenido de Amilosa y Amilopectina.**

Bemiller y Whistler, (2009), afirman que la amilosa es el  $\alpha$ -glucano (1→4)-vinculado en una estructura predominantemente lineal y puede llegar a tener un grado de polimerización alto (número de monómeros hasta 600); la amilopectina, polímero de  $\alpha$ -glucano (1→4) – con puntos de ramificación  $\alpha$ -glucano (1→6), es el componente principal de los gránulos (30 % – 99 %), esta se observa en la Figura 5, contiene aproximadamente 5 % de puntos de ramificación, que en comparación con la amilosa, imparte profundas diferencias en las propiedades físicas y biológicas.



**Figura 5:** Representación esquemática de la amilosa (a) y la amilopectina (b)

**Fuente:** Singh y Kaur (2009).

Badui, (1995), muestra las Características de algunos almidones comunes, en la Tabla 10, como la amilosa 22% y amilopectina de 78% de la papa, al igual se puede observar a (Díaz, 2015) , en la Tabla 12:

Tabla 10:

**Características de algunos almidones comunes.**

TIPO	Amilopectina%	Amilosa%	Tamaño ( $\mu$ )
Maíz	73	23	5 – 25
Maíz amiláceo	20 – 45	55 – 80	5 – 25
Papa	78	22	5 – 100
Arroz	83	17	2 – 55
Yuca	82	18	5 – 35
Maíz céreo	99 – 100	0 – 1	5 – 25
Sorgo	99 – 100	0 – 1	5 – 45
Trigo	76	24	11 – 41
Oca	71	29	20 – 29
Mashua	73	27	5 – 10

**Fuente:** Badui (1995).

Tabla 11:

**Contenido de amilosa y amilopectina**

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

**Fuente:** Díaz (2015).

**2.5.4. Tamaño del granulo de almidón.**

Los gránulos de almidón pueden reconocerse por su forma y tamaño; los cuales están relacionados con la fuente biológica del cual fue aislado el almidón (Reyes, 2007). En la Tabla 12 se muestra el tamaño de los granulos de almidon de otros tuberculos:



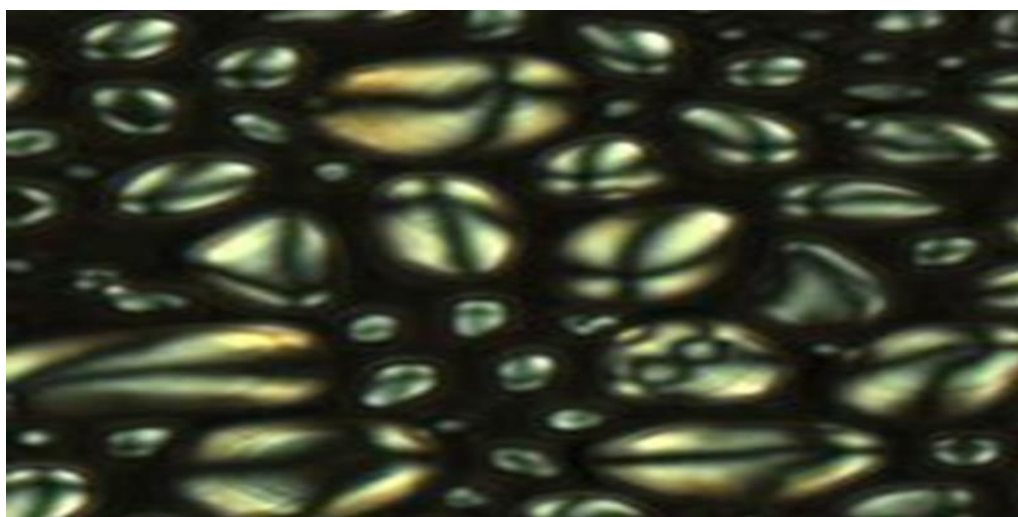
Tabla 12:

**Tamaño del granulo de almidón.**

<b>Tubérculo/raíz</b>	<b>Eje mayor (micras)</b>	<b>Eje menor (micras)</b>	<b>Forma</b>
<b>Oca</b>	30,94	19,13	Ovoidal
<b>Melloco</b>	24,06	16,45	Ovoidal
<b>Mashua</b>	15	13,07	Esférica
<b>Miso</b>	13,88	9,96	Esférica
<b>Zanahoria blanca</b>	9,57	5,86	Esférica
<b>Papa</b>	30,90	19,72	Ovoidal

**Fuente:** Villares y Espin (1999).

En general, el tamaño fluctúa entre menos de 1  $\mu$  a más de 100 $\mu$ , generalmente, el tamaño del granulo está referido al diámetro promedio del granulo de almidón, para esto se asume la esfericidad del granulo; el tamaño del granulo muchas veces es expresado como el promedio de la mayor y menor longitud de corte o promedio de los diámetros máximos (Reyes, 2007). Lindeboom, (2004); proponen que los tamaños de los gránulos de almidón están comprendidos dentro de la siguiente clasificación: grandes (>25 $\mu$ ), mediano (10 – 25  $\mu$ ), pequeño (5 - 10 $\mu$ ) y muy pequeño (<5 $\mu$ ): en la figura 6 se observa los granulos de almidón.



**Figura 6:** Gránulos de almidón de papa nativa de Chiloé.

**Fuente:** Robles (2012).

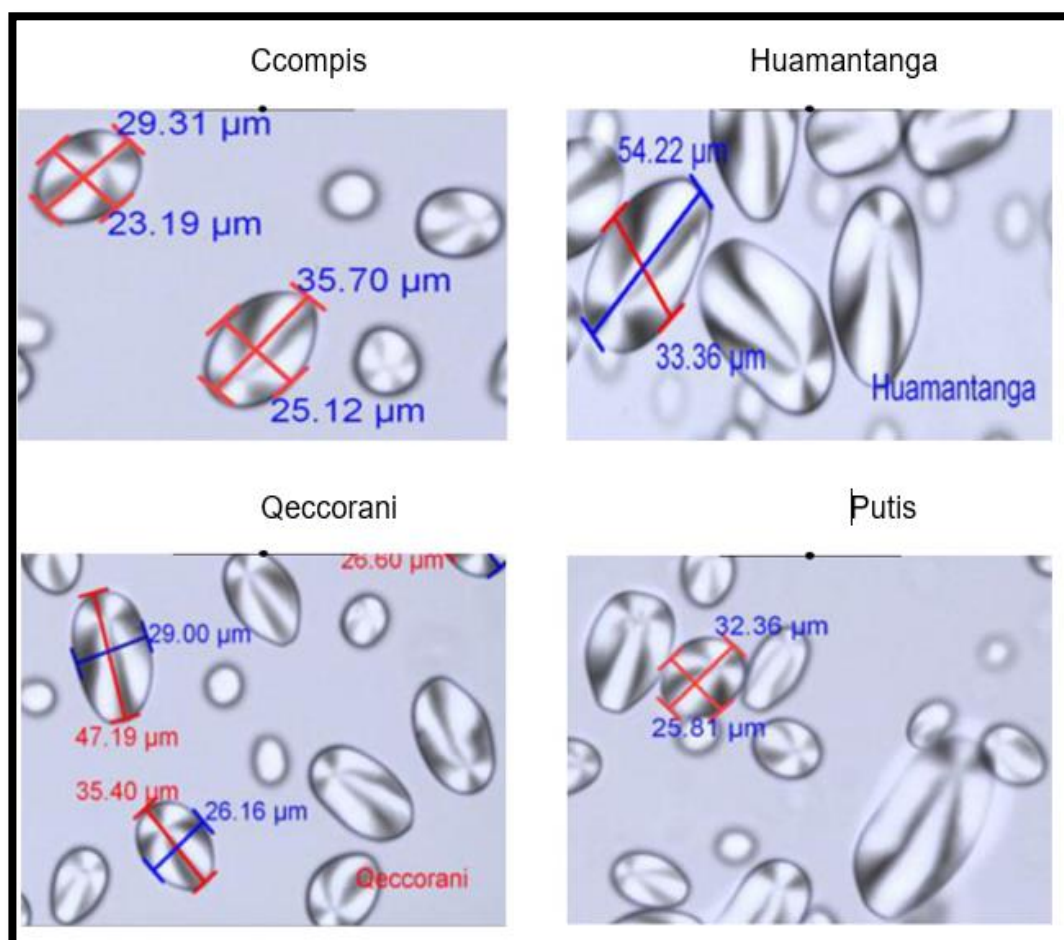
Díaz, (2015); encontró en su investigación las dimensiones del granulo de cuatro variedades de papa nativa, tal como se puede observar en la Tabla 13: de la misma manera se observ en la figura 7 la forma y el tamaño en micras de los granulos:

Tabla 13:

**Dimensiones del gránulo**

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

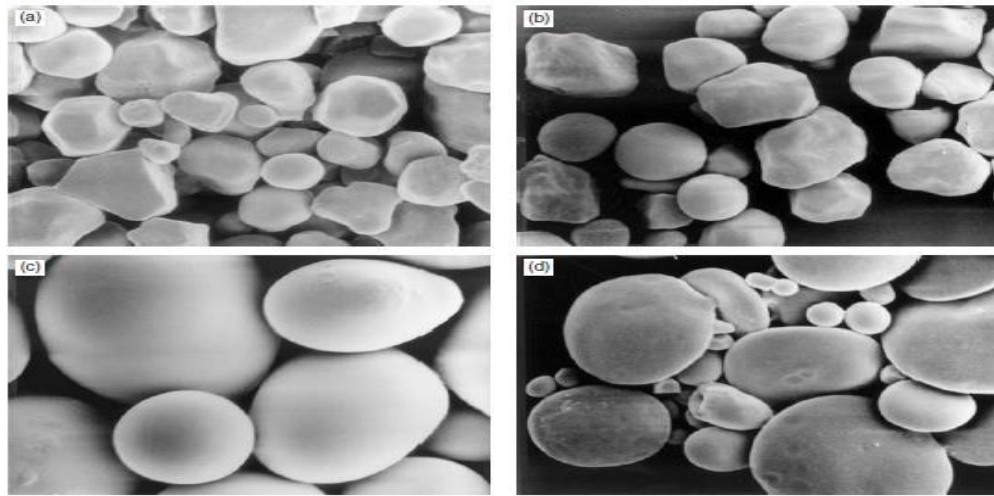
**Fuente:** Díaz (2015).



**Figura 7:** Gránulos de almidón de 4 variedades de papa nativa.

**Fuente:** Díaz (2015).

Bemiller y Whistler (2009); observo gránulos de diferentes almidones visto por microscopia de barrido electrónico: (a) maíz normal, (b) maíz ceroso, (c) papa y (d) trigo, se detallan en la siguiente Figura 8.



**Figura 8:** Gránulos de diferentes almidones visto por microscopia de barrido electrónico: maíz normal, (b) maíz ceroso, (c) papa y (d) trigo.

**Fuente:** Bemiller y Whistler (2009).

## 2.6. Propiedades tecnológicas y funcionales del almidón.

Durante mucho tiempo se ha reconocido que las propiedades funcionales dependen de una serie de factores integrados que incluyen la composición del polímero, la estructura molecular, la organización entre cadenas y constituyentes menores tales como lípidos, grupos fosfato éster (típicas de amilopectina de papa) y proteínas. Como resultado, los almidones de diferentes orígenes botánicos difieren en sus propiedades físicas y funcionales. Además, la modificación química, enzimática y física de almidón, ya sea con la preservación o destrucción del gránulo nativo, amplía las propiedades de funcionalidad (Bemiller y Wistler, 2009).

Con el fin de lograr sus atributos funcionales en productos que contienen almidón, éste tiene que pasar por un proceso térmico en casi todos los alimentos y otras aplicaciones industriales. Los geles de almidón formados tras el calentamiento en exceso de agua, refrigeración y almacenamiento implican varias transiciones de fase, tales como gelatinización, pasting, gelificación, y retrogradación (Ahmed et al., 2012).

### **2.6.1. Poder de hinchamiento**

Cuando el almidón es calentado en exceso de agua la estructura cristalina se altera debido a la ruptura de enlaces de hidrógeno, y las moléculas de agua se vinculan por enlaces de hidrógeno a los grupos hidroxilo expuestos de amilosa y amilopectina. Esto provoca un incremento en el hinchamiento del gránulo y en la solubilidad. El poder de hinchamiento y la solubilidad pueden ser utilizados para evaluar el grado de interacción entre las cadenas de almidón dentro de los dominios amorfos y cristalinos del gránulo (Ratnayake et al., 2002). El hinchamiento del almidón se produce en el mismo sentido que la pérdida de birrefringencia y precede a la solubilización (Singh et al., 2004).

El poder de hinchamiento es una medida de la capacidad del almidón para hidratarse bajo condiciones específicas tales como: temperatura y disponibilidad de agua. Estudios anteriores han indicado que un mayor poder de hinchamiento es un indicio de fuerzas de unión más débil en los gránulos de almidón (Hoover et al., 1996).

El poder de hinchamiento y la solubilidad incrementan a medida que aumenta la temperatura, cuando aumenta la temperatura, en presencia de agua, la movilidad de las moléculas de almidón se incrementa debilitando las fuerzas de unión; así, un efecto paralelo se obtiene tanto en la capacidad de hinchamiento como en la difusión del agua en los gránulos de almidón; este proceso también mejora la lixiviación de componentes solubles de los gránulos de almidón, conduciendo así a mejorar la solubilidad (Lawal et al., 2011).

El hinchamiento irreversible comienza a una temperatura correspondiente a la  $T_0$ , según las mediciones de CDB y continúa a una temperatura mucho más alta que el  $T_c$  (biblio). El poder de hinchamiento es la cantidad de agua que un almidón puede absorber por gramo de almidón a una temperatura determinada y a una cierta concentración de almidón, mientras que la solubilidad representa los porcentajes de amilosa y amilopectina lixiviados a esta temperatura; la determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón (Waterschoot et al., 2015).

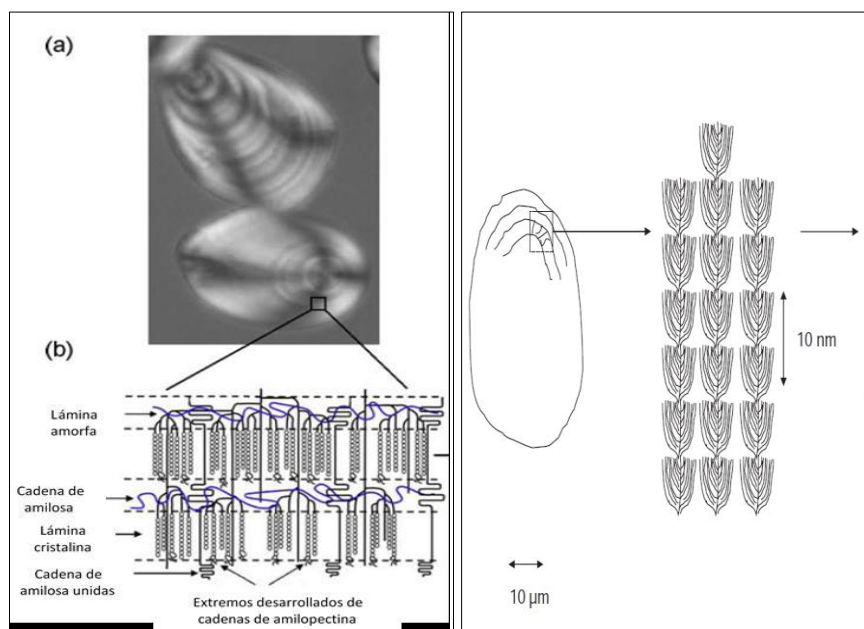
El hinchamiento del gránulo se atribuye principalmente a la amilopectina y se inhibe por la amilosa. Como resultado, almidones céreos tienen un poder de hinchamiento mayor que sus homólogos que contienen amilosa. Los gránulos

de almidón de cereales no muestran un hinchamiento completo hasta que la amilosa se ha lixiviado del gránulo (Ahmed et al., 2012).

De igual forma, esta propiedad está influenciada por las características de la amilosa y amilopectina en cuanto a la distribución del peso molecular, grado de ramificación, longitud de las cadenas y conformación de las moléculas, así como por la formación de complejos amilosa-lípidos que restringen el poder de hinchamiento y solubilidad de los almidones (Robles., 2012).

Los granulos de almidon de papa en la figura 10 se pueden visualizar de la mejor manera, esto según (a) y (b) Singh y Kaur, (2009), (c) Imeson, (2010).

El Poder de hinchamiento en almidones nativos de papas nativas se puede observar en la figura 8 en diferentes temperaturas se puede mostrar de las cinco variedades de la siguiente manera:



**Figura 9:** Gránulo de almidón de papa.

**Fuente:** (a) y (b) Singh y Kaur, (2009), (c) Imeson, (2010).

Tabla 14:

***Poder de hinchamiento en almidones nativos de papas nativas***

Varieda De Papa Nativa	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
	30 min			
Imilla blanca	9,47	14,18	20,56	22,97
Imilla negra	11,63	14,46	26,94	29,51
Loc'ka	10,40	14,64	19,24	23,14
Ocucuri blanca	11,13	13,80	19,58	23,87
Piña	11,20	15,19	21,95	25,07

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ),  $n=4$ .

**Fuente:** Peña (2017).

### 2.6.2. Solubilidad.

El almidón es insoluble en agua fría; pero es capaz de retener agua, el agua se adhiere a la superficie de los gránulos de almidón y lleva el gránulo a su hinchamiento; este comportamiento puede ser atribuido a la relación amilosa/amilopectina ya que las moléculas de agua quedan atrapadas en la estructura de la amilopectina, así como también a la diferencia en la distribución de la longitud de la cadena (Bello et al., 1998). Al separarse fragmentos de la cadena de almidón se facilita la formación de uniones puente hidrógeno con el agua y la amilosa, lo que beneficia la absorción de agua y la gelatinización (Fennema, 1980).

Cuando el almidón se calienta en exceso de agua la estructura cristalina se altera debido a la rotura de enlaces de hidrógeno, y las moléculas de agua se vinculan por enlaces de hidrógeno a los grupos hidroxilo expuestas de amilosa y amilopectina, esto provoca un aumento en el hinchamiento de los gránulos y la solubilidad (Peña, 2017), la Solubilidad en almidones nativos de las variedades de las cinco variedades de papas nativas, en la siguiente Tabla 15, el rendimiento de la solubilidad se detalla de la siguiente manera.

Tabla 15:

#### ***Solubilidad en almidones nativos de papas nativas***

Variedad de papa nativa	SOLUBILIDAD %			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
Imilla blanca	2.29	2.96	7.07	1.72
Imilla negra	2.19	2.54	4.6	5.75
Loc'ka	2.43	2.77	4.13	10.08
Ocucuri blanca	2.43	3.16	6.46	7.25
Piña	2.66	2.94	5.57	6.37

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ),  $n=4$ .

**Fuente:** Peña (2017).

### 2.6.3. Capacidad de absorción de agua.

A temperatura de ambiente, los gránulos de almidón pueden absorber hasta un 30 % de su peso en exceso de agua sin hinchazón notable. Sin embargo, durante el calentamiento, los gránulos de almidón absorben mucha más agua y se hinchan; el hinchamiento y la posterior solubilización de amilosa y amilopectina son los cambios estructurales más importantes durante y después de la gelatinización de los gránulos de almidón (Peña, 2017).

La capacidad de absorción de agua en almidones nativos de papa nativas se puede observar en la Tabla 16 se puede visualizarse.

Tabla 16:

#### ***Capacidad de absorción de agua en almidones nativos de papa nativas***

variedad de papa nativa	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
			30 min	
Imilla blanca	10,88	13,39	18,19	20,04
Imilla negra	11,35	14,00	25,20	27,37
Loc'ka	10,92	14,23	18,44	21,46
Ocucuri blanca	10,17	14,81	20,94	21,81
Piña	9,22	13,76	19,41	23,48

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ),  $n=4$ .

**Fuente:** Peña (2017).

### 2.6.4. Propiedades de empastamiento

Las características de empastado del almidón se determinan ya sea usando un Viscoamilógrafo Brabender o un Viscoanizador Rápido (RVA) u otros viscosímetros, que registran la viscosidad continuamente con respecto a los cambios de temperatura, también se utilizan para medir las propiedades de empastado (Wickramasinghe et al., 2008).

Las propiedades de empastamiento del almidón son indicadores importantes de cómo el almidón se comportará durante el procesamiento ya que el almidón es generalmente considerado como el componente más importante en términos de calidad y funcionalidad en la cocción. Las propiedades de empastamiento del almidón se utilizan para determinar la idoneidad del almidón en diferentes alimentos y otros productos afines. La característica de

empastamiento más importante en la dispersión granular del almidón es su viscosidad; esta viscosidad aumenta con el calentamiento continuo hasta que la velocidad de hinchamiento del gránulo es igual a la tasa de colapso granular, la cual se denomina como viscosidad pico (PV), la viscosidad refleja el grado de hinchamiento o la capacidad de unión de agua del almidón y, a menudo se relaciona con la calidad del producto final, ya que el hinchado y los gránulos colapsados hacen referencia a la textura del almidón cocido. Una vez que se logra la viscosidad máxima, se observa una caída en la viscosidad, o ruptura, como resultado de la desintegración de los gránulos. La ruptura (breakdown) es una medida de la facilidad de desorganizar los gránulos de almidón hinchados y sugiere el grado de estabilidad durante la cocción (Adebowale y Lawal, 2003).

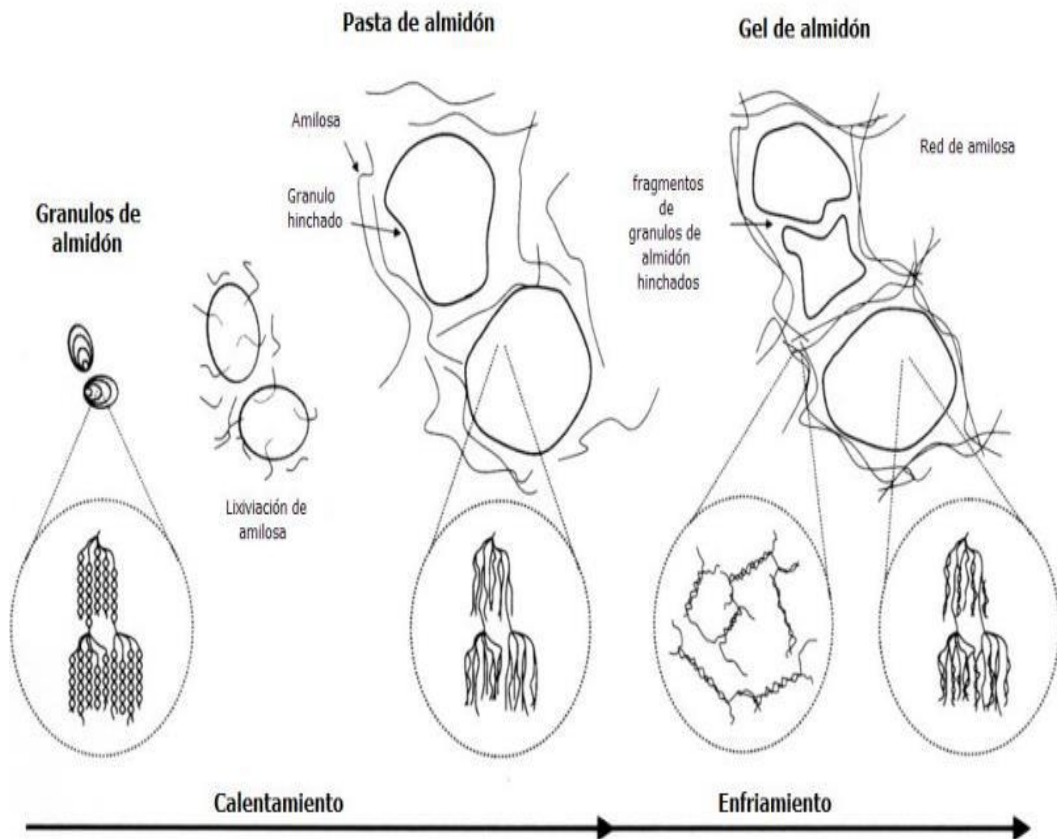
La viscosidad mínima, también llamada viscosidad de pasta caliente o fuerza de sujeción, marca el final de la etapa de mantenimiento a la temperatura máxima de la prueba RVA. La etapa de enfriamiento comienza y la viscosidad se eleva de nuevo (retroceso-setback) que es causada por la retrogradación del almidón, en particular por la amilosa. El retroceso es un indicador de la textura del producto final y se vincula a la sinéresis durante los ciclos de congelación-descongelación. La viscosidad normalmente se estabiliza en una viscosidad final o viscosidad de pasta fría, que está relacionada con la capacidad del almidón para formar una pasta viscosa o gel después de la cocción y del enfriamiento (Newport Scientific, 1998).

El viscoamilograma es un registro del comportamiento de una suspensión de almidón a una concentración determinada, durante el calentamiento y enfriamiento bajo una velocidad constante de cizallamiento. El incremento en la viscosidad es medida por un torque sobre una aguja, con un sistema de control automático y en una curva son reproducidos los perfiles de gelatinización y de empastamiento del almidón analizado (Aristizabal et al., 2007).

La amilosa es el principal componente que lixivia el gránulo y la concentración de amilopectina solubilizada se va incrementando conforme la temperatura aumenta. En general, las propiedades de formación de pasta del almidón son afectadas por la concentración de almidón, velocidad de calentamiento y esfuerzo de corte aplicado, contenido de amilosa del almidón, estructura molecular de la amilopectina, tamaño del gránulo y contenido de componentes minoritarios (Espinoza, 2008).



La representación esquemática de las propiedades de formación de pasta de almidón se muestra Figura 11 a diferentes temperaturas como fría y caliente:



**Figura 10:** Representación Esquemática de las propiedades de formación de pasta de almidón.

**Fuente:** Espinoza (2008).

### 2.6.5. Claridad de la pasta o cristalinidad.

La claridad del gel de almidón es muy importante para muchas aplicaciones alimentarias. La amilosa tiene gran efecto en la claridad y la estabilidad de los geles, por lo cual podría esperarse que los geles libres de amilosa estuvieran mejor en estos dos parámetros (Lajolo y Wenzel, 2006). Se ha reportado que la claridad de los geles de almidón de cereales céreos es mejor que la de sus homólogos que contienen amilosa; la presencia de cadenas relativamente cortas de amilosa o amilopectina aumenta la opacidad en productos alimenticios; mientras que para una gama de productos que incluyen salsas, aderezos y pudines esto no es un problema, los productos tales como rellenos de fruta y gelatinas requieren que las pastas de almidón deban ser de alta claridad (Waterschoot et al., 2015).

La claridad del gel puede ser determinada por la medición de la transmitancia de la luz (a 650 nm). La transmitancia de la luz proporciona la información sobre el comportamiento del gel de almidón cuando la luz pasa a través de ella (Sandhu y Singh, 2007). Una transmitancia de luz más alta implica un gel más transparente, que es función de la cantidad de gránulos hinchados del almidón en el gel, que refractan la luz (Singh et al., 2006).

La claridad de los geles almidón disminuye progresivamente a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento (Sodhi y Singh, 2003). La disminución de la claridad se ha atribuido a las cadenas de amilosa y amilopectina lixiviadas que conducen al desarrollo de zonas funcionales que dispersan la luz (Perera y Hoover, 1999). Las diferencias en la claridad también pueden deberse a los derivados de monoéster fosfato y el contenido de fosfolípidos (Jane et al. 1996 citado por Eliasson (2004). Se ha reportado que los derivados de monoéster fosfato aumenta la claridad del gel y que la presencia de fosfolípidos produce geles de almidón opacos y soluciones con baja transmitancia de luz (Jane et al. 1996 citado por Eliasson (2004). Peña (2017).

La claridad del gel de los almidones a 4 °C, se observa en la Tabla 17 se puede especificarse de las cinco variedades de las papas nativas.

Tabla 17:

***Claridad del gel de los almidones a 4 °C***

Variedad de papa nativa	Transmitancia a 650 nm (%)			
	0 h	24 h	48 h	72 h
Imilla blanca	50,2	21,5	15,4	9,8
Imilla negra	78,6	49,6	22,5	16,6
Loc'ka	59,3	35,3	11,8	6,0
Ocucuri blanca	61,0	44,2	26,9	11,4
Piña	74,7	45,7	25,4	15,0

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ),  $n=4$ .

**Fuente:** Peña (2017).

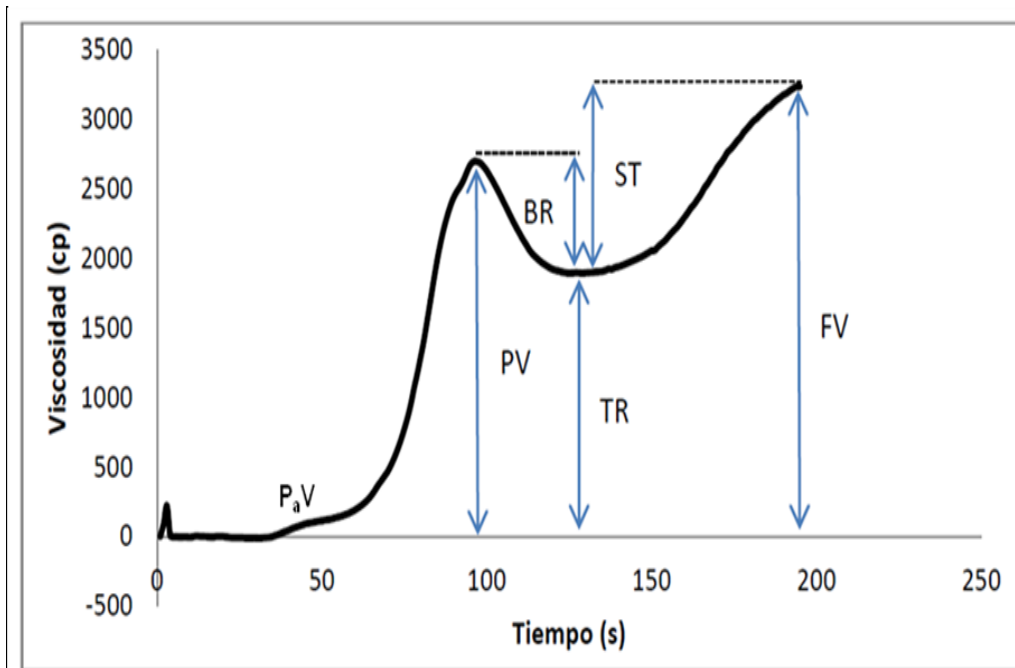
### **2.6.6. Viscosidad de almidón.**

Cuando una suspensión acuosa de almidón es calentada por encima de la temperatura de gelatinización, los gránulos individuales gelatinizan y se hinchan libremente hasta absorbe virtualmente de toda el agua disponible, incrementando su volumen. El continuo calentamiento particularmente en presencia de agitación constante produce pasta cocidas, las cuales son mezclas de gránulos hinchados y gránulos fragmentados los cuales están adheridos unos con otros formando una matriz consistente y en consecuencia la viscosidad de la pasta aumenta considerablemente Soriano (1986).

La viscosidad aumenta marcándose después de que los gránulos han hinchado lo suficiente, de manera que chocan con frecuencia, en algunos casos, la fricción llega a ser tan grande que los gránulos, ahora frágiles, se rompen en fragmentos que originan reducción de la viscosidad. Debido a que la viscosidad depende, en principio de la colisión y rotura de los gránulos hinchados, la temperatura a la que aparece notable aumento, así como los posteriores cambios, depende fundamentalmente de la concentración inicial de la suspensión del almidón (Carrera, 1996).

La viscosidad depende del tamaño y la forma del granulo, el cual incide en el aumento de la solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad, cuanto menor sea el tamaño del granulo existirá mayor capacidad de absorción de agua (Hwang y Kokini, 1992).

Los equipos comúnmente usados para registrar los cambios de viscosidad de soluciones o pastas de almidón calentadas son: Viscosímetro Scott, el Viscosímetro de Brookfield y Viscosímetro de Brabender (Carrera, 1996).



**Figura 11:** Parámetros y curvas. Viscosidad en unidades centipoise; tiempo en segundos.

**Fuente:** Graham (2007).

**Leyenda:**

- (PV, pasting viscosity): Viscosidad de empastado
- (cP): Viscosidad en el punto donde se inicia la gelatinización de la mezcla o formación de la pasta.
- Temperatura de empastado (PaT, pasting temperature) (°C): temperatura inicial del empastado. Indica la temperatura mínima necesaria para la cocción.
- Viscosidad máxima (PV, peak Viscosity) (cP): pico de viscosidad. Indica la capacidad de retención de agua en una mezcla o pasta.
- Estabilidad (BR, breakdown) (cP): Diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad de caída que se produce en el tramo de temperatura constante.
- Viscosidad de caída (TR, trough) (cP): Es el menor valor de viscosidad antes del comienzo de la retrogradación. Se produce al final del tramo de temperatura constante, antes de que comience el enfriamiento.
- Retrogradación (ST, setback) (cP): Es la diferencia entre la viscosidad de final y la de caída.
- Viscosidad final (FV, Final viscosity) (cP): viscosidad final en frío, ocurre cuando la pasta se enfría.

En su investigación (Díaz, 2015), especifica los resultados en la Tabla 19, de viscosidad de las variedades de Ccompis, Huamantanga, Putis, Qeccorani con un rango de 11613.3 - 12266.7, se detalla de la siguiente manera.

Tabla 18:

**Viscosidad**

Variedad de Almidón		Viscosidad (cP)		
		±	S	
Ccompis	11613.3	±	46.2	B
Huamantanga	10546.7	±	23.1	C
Putis	9960.0	±	0.0	D
Qeccorani	12266.7	±	23.1	A

**Fuente:** Díaz, (2015).

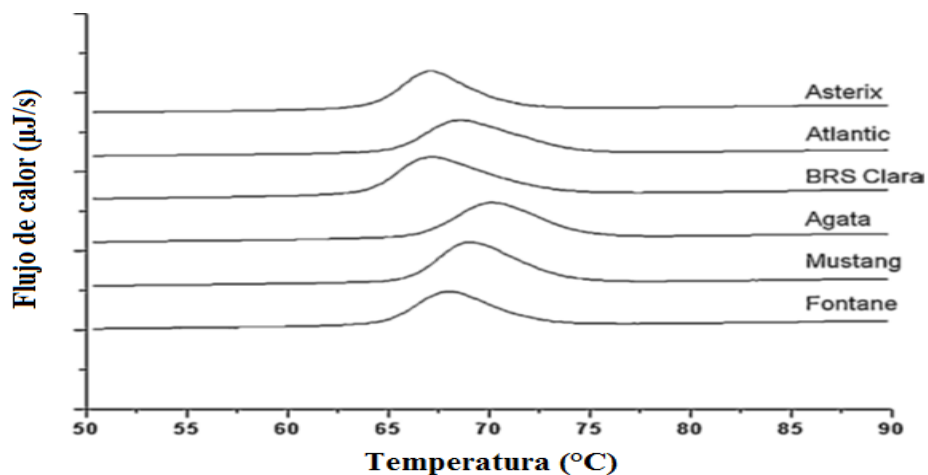
**2.6.7. La gelatinización del almidón.**

El almidón en su estado nativo es insoluble en agua. Forma una suspensión temporal de grandes partículas, que no se disuelven en el medio que las rodea y se depositarán en el fondo de un recipiente a menos que se agite. Las partículas pueden embeber una pequeña cantidad de agua, pero, generalmente, la formación de una suspensión supone un cambio mínimo del almidón. La captación de agua por el almidón es reversible si el almidón se seca mientras no se ha cocido. La molécula de almidón no cocido presenta una formación de cruz de Malta, o birrefringencia, en el gránulo cuando se ve bajo luz polarizada con un microscopio electrónico, pues es una estructura cristalina muy ordenada y la luz se refracta en dos direcciones. Cuando se calienta el almidón en presencia de agua, se produce imbibición, o incorporación de agua en el gránulo. Esto se produce primero en las áreas menos densas y, posteriormente, en las regiones más cristalinas de la molécula de almidón. Esta es una etapa reversible en el proceso de gelatinización. A medida que el calentamiento continúa, los gránulos de almidón captan más agua irreversiblemente y se hinchan; algunas cadenas cortas de amilosa salen de los gránulos. Este proceso endotérmico, llamado gelatinización, es un colapso o interrupción del orden molecular del gránulo de almidón que se manifiesta por cambios irreversibles como la hinchazón granular, la fusión de la zona cristalina nativa, la pérdida de birrefringencia y la solubilización del almidón y es responsable del espesamiento de los sistemas alimenticios. Las soluciones de almidón gelatinizado son opacas y

frágiles, y la estructura cristalina y ordenada del almidón se pierde. La gelatinización puede ser sinónimo de formación de un gel, aunque la gelatinización y formación del gel pueden ser consideradas como acontecimientos secuenciales (Vaclavick 2002).

Las propiedades térmicas típicamente reportadas usando CDB incluyen la temperatura de comienzo o inicial ( $T_0$ ), la temperatura pico ( $T_p$ ), la temperatura final o conclusión ( $T_c$ ), y la entalpía de gelatinización ( $\Delta H$ ). La entalpía, el área integrada bajo el pico de transición térmica, representa la energía de la gelatinización (Wani et al. 2012).

Un termograma del CDB típico de gelatinización de almidones de papa se muestra en la Figura 12.



**Figura 12:** Curvas del CDB (termogramas de gelatinización) de almidones de papa.

**Fuente:** Dos Santos *et al.* (2016).

González (2002); menciona que la CDB, también, se puede utilizar para estudiar el efecto de la molienda, de la adición de sal y azúcar, sobre la gelatinización de diversos almidones. Esta técnica también ha sido utilizada para investigar la retrogradación del almidón, que es una transformación exotérmica y es responsable de la firmeza, el encogimiento y la sinéresis de

los geles de almidón recocidos. Estos cambios son importantes para la estructura en general y la textura de los alimentos procesados.

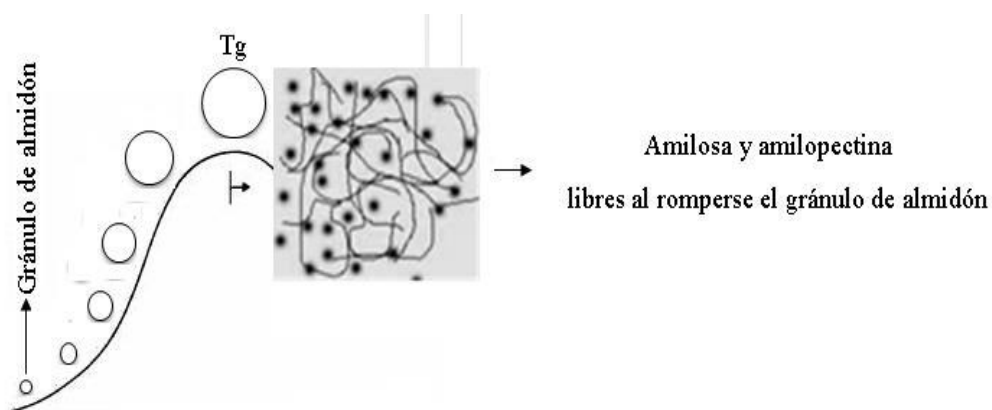
Tabla 19:

**Propiedades de gelatinización y formación de geles de almidones nativos**

Propiedad	Papa	Maíz	Trigo	Tapioca
Temperatura de gelatinización	68-63	62-72	58-64	59-69
Viscosidad Brabender (BU) <sup>b</sup>	2900	700	250	1200
Poder de Hinchamiento a 95°C <sup>d</sup>	1150	24	21	71
Viscosidad del gel	Muy alta	Intermedia	Intermedia-baja	Alta
Claridad del gel	Translúcida	Opaca	Opaca	Translúcida
Resistencia al corte	Intermedia-baja	Intermedia	Intermedia	Baja
Ratio de retrogradación	Intermedia	Alta	Alta	Baja

croscopia de fase caliente Kofler (inicio-intermedio-final), BU a 8 por ciento de almidón peso de gránulos hinchados sedimentados por gramo de almidón seco.

**Fuente:** Bemiller y Whistler (2009).



**Figura 13:** Gelatinización del almidón.

**Fuente:** Badui (2001).

Tabla 20:

***Parámetros de gelatinización de los almidones nativos***

Variedad de papa nativa	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (J/g)*
Imilla blanca	59,48	63,08	69,24	15,76
Imilla negra	58,09	62,40	69,49	15,81
Loc'ka	56,77	60,20	66,31	15,55
Ocucuri blanca	55,32	58,40	63,95	16,10
Piña	58,10	60,97	66,12	15,71

\*ΔH (J/g), entalpía de gelatinización. Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ),  $n=3$ .

**Fuente:** Peña (2017).

### **2.6.8. Gelificación.**

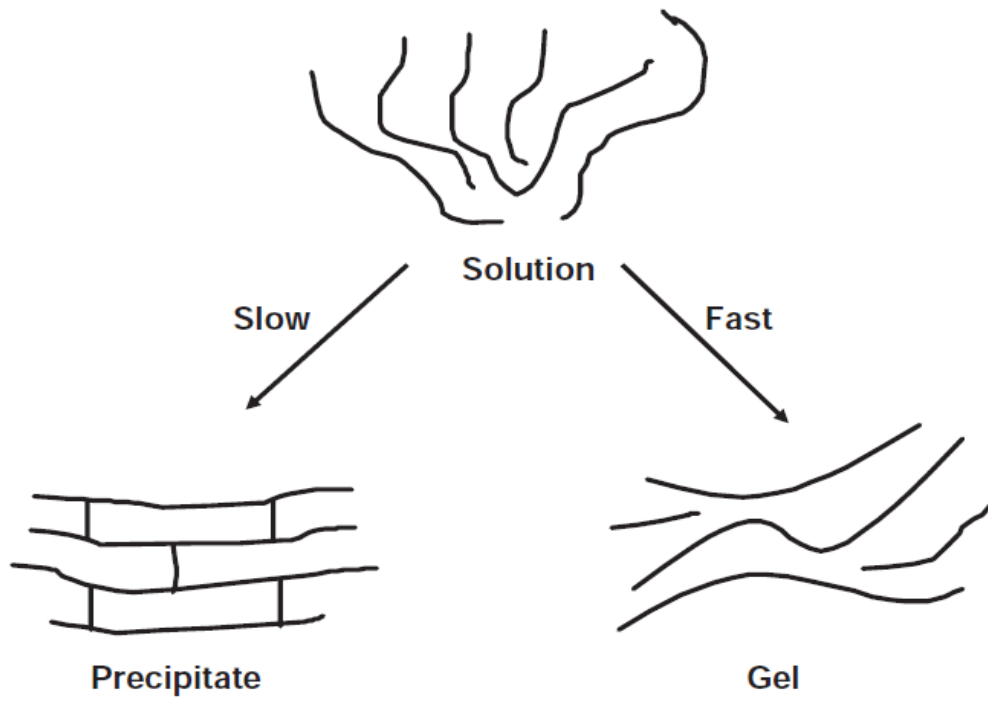
Es la disolución del almidón propiamente dicha, la cual engloba el hinchamiento del gránulo, exudación de componentes moleculares de los gránulos (principalmente amilosa), y la desintegración del gránulo (Bemiller y Whistler, 2009; Espinoza, 2008).

Durante el hinchamiento de los gránulos, los puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón se disocian y son reemplazados con puentes de hidrógeno con las moléculas de agua, lo cual incrementa la viscosidad; donde la amilosa es el principal componente que lixivia el gránulo y la concentración de amilopectina solubilizada se va incrementando conforme la temperatura aumenta. En general, las propiedades de formación de pasta del almidón son afectadas por la concentración de almidón, velocidad de calentamiento y esfuerzo de corte aplicado, contenido de amilosa del almidón, estructura molecular de la amilopectina, tamaño del gránulo y contenido de componentes minoritarios (Espinoza, 2008).

Imeson (2010) menciona que durante el enfriamiento lento de la pasta de almidón, se forman agregados insolubles no deseados que precipitan, los cuales se componen de amilosa.

En la Figura 14 se muestra el resultado de la red del gel en un enfriamiento lento y rápido.





**Figura 14:** Resultado de la red del gel en un enfriamiento lento y rápido.

**Fuente:** Imeson (2010).

## CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Lugar de ejecución.

La investigación se desarrolló en los laboratorios de Física y Química de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA), ubicada en el local de Santa Rosa del distrito Talavera, Provincia de Andahuaylas de la Región Apurímac.

### 3.2. Muestras.

Se utilizó muestras de las papas nativas procedentes de la Comunidad de Uripa, muestras proveidas para su adaptación por el Banco de Germoplasma del Centro Internacional de la Papa (CIP) a la Asociación de Papas Nativas Sumaq Papa Motoy las que se muestran en la tabla 21.

Tabla 21:

***Muestras de las papas nativas de repatriación a la Comunidad Campesina de Uripa, desde el Banco de Germoplasma del Centro Internacional de la Papa (CIP).***

Orden de repatriación	Numero de CIP	Almacén CIP 2015	Nombre del cultivar	Nro. Tubérculo semilla
1	704363	475	Cheqlla Murwa	10
2	704580	293	Durasnillo	10
3	704161	547	Luqui Morada	10
4	703976	433	Qayma Marcela	10
5	700613	169	Huachuco	10

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3. Equipos, materiales e instrumentos.

#### 3.3.1. Equipos.

Tabla 22:

#### ***Equipos e instrumentos***

<b>Cantidad</b>	<b>Equipos, materiales e instrumentos</b>	<b>Marca</b>
01	Licuada industrial	LV-15 I/C
01	Cámara fotográfica	Canon 3600
01	Viscoamilógrafo PT-100	Brabender
01	Viscosímetro HADV-II+ PRO	Brookfield
01	Software de análisis de imágenes	S/M
01	Estufa	KERLAB
01	Selladora de bolsas	S/M
06	Vaso de precipitado de 250 ml.	DURAN
04	Probeta de 100 ml.	DURAN
01	Bureta de 50 ml,	STERIPLAN
01	Piceta	S/M
01	Bidón de 3 litros de agua destilada	S/M
01	Juego de tamices y/o coladores	REY
01	Envases de polietileno	S/M
15	Envases de vidrio de cierre hermético	S/M
01	Bolsas de polietileno	S/M
01	Cuchillos	FACUSA
10	Láminas de porta objetos	S/M
01	Rotulador	FABER-CASTELL
01	Cinta masking	S/M

**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 23:

**Recursos no disponibles**

<b>Cantidad</b>	<b>Recursos no disponibles</b>	<b>Marca</b>
<b>Materia prima</b>		
05	Variedades de papa nativa (Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela Y Huachuco).	
	Equipos e instrumentos de medición	
<b>Bienes y activos</b>		
1 Unid.	Microscopia electrónica	
<b>Papelería en general, útiles y materiales de oficina</b>		
2 Millar	Papel bon de 80 g.	Atlas
2 Unid.	Lapicero Trilux 035 Fine	Faber Castell
1 Unid.	Lápiz técnico 2B	Faber Castell
1 Unid.	Rotulador MULTIMARK 421-S	Faber Castell
1 Unid.	Borrador color blanco	Faber Castell
20 Unid.	Anillados	S/M
8 Unid.	Empastados	S/M
1000 Unid.	Fotocopiado	S/M

**Fuente:** Elaboración propia.

**Materiales.****Tabla 24:****Materiales de vidrio.**

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

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 25:**

**Materiales de acero y plástico**

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

**Fuente:** Elaboración propia.

**3.4. Métodos de análisis.**

- **Unidad de análisis**

Las unidades de análisis fueron los gránulos del almidón extraídos de los cinco clones nativos producidas en la Comunidad de Motoy del distrito de Anco Huallo - Uripa.

- **Variables de Estudio**

Las variables que se consideraron para el desarrollo del proyecto de tesis fueron los clones nativos: Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela Y Huachuco

- **Análisis Estadístico**

Los datos obtenidos (indicadores) fueron sometidos a ANOVA 5% de significancia, en las que se han determinado diferencias significativas, las medias de las observaciones fueron sometidos a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, para determinar la diferencia mínima significativa entre clones nativos de papas.

- **Criterio para la prueba de hipótesis.**

Para la determinación de la diferencia de los tratamientos, se ha considerado los criterios de Gutiérrez y de la Vara (2012).

$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| > T_\alpha$ ; Hay diferencia significativa entre tratamientos (diferentes estadísticamente)

$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| < T_\alpha$  ; No hay diferencia significativa entre tratamientos (iguales estadísticamente)

Donde  $T_\alpha$ , es el estadístico Tukey:

$$T_\alpha = q_\alpha(k_1N - K) * \sqrt{\frac{CM_E}{n}} \dots \dots \dots (Ec 1)$$

Dónde:

$q_\alpha(k, N-K)$ , valor normalizado de la distribución Tukey

$CM_E$ , cuadrado medio de error, obtenido de la tabla ANOVA

$n$ , número de datos

El número de comparación entre tratamientos se realizó a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Numero de comparaciones} = \frac{T(T-1)}{2} \dots \dots \dots (Ec. 2)$$

- **Correlación de Pearson.**

La relación de las variables se determino a través del coeficiente de correlación de Pearson –  $R_s$ , (para un nivel de significación -  $\alpha$  del 95%), de las variables de estudio a través de Test de Spearman–Brown (Sierra, 2001) de dos mitades (pares e impares).

$$r = \frac{N(\sum(A*B)) - (\sum A) * (\sum B)}{\sqrt{[N(\sum A^2) - (\sum A)^2] * [N(\sum B^2) - (\sum B)^2]}} \dots \dots \dots (Ec. 3)$$

$$R_S = \frac{2r}{1+r} \dots \dots \dots (Ec.4)$$

Donde

A, valores de los datos pares

B, valores de los datos impares

### **3.5. Método**

Se determino utilizando el método descrito por Bello y Paredes (1996). Se prepararon en tubos de ensayo con rosca suspensiones de cada almidón al 1% (p/p), base seca, en agua deionizada. Los tubos se colocarán en un baño a ebullición durante 30 min, con agitación magnética cada 5 min. Transcurrido dicho tiempo, los tubos se dejarán enfriar a temperatura ambiente. Los geles formados se transferirán a las celdas del espectrofotómetro de UV-VIS marca Jenway modelo 6305 y se determinará el %T a 650 nm; se utilizará como blanco agua deionizada. Los gránulos de almidón se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. Esta característica se determinará por el método propuesto por (Anderson et al., 1969).

Se utilizó el método descrito por (Bello y Paredes, 1996). Se prepararon en tubos de ensayo con rosca suspensiones de cada almidón al 1% (p/p), base seca, en agua deionizada. Los tubos se colocarán en un baño a ebullición durante 30 min, con agitación magnética cada 5 min. Transcurrido dicho tiempo, los tubos se dejarán enfriar a temperatura ambiente. Los geles formados se transferirán a las celdas del espectrofotómetro de UV-VIS marca Jenway modelo 6305 y se determinará el %T a 650 nm; se utilizará como blanco agua deionizada.

El diámetro del gránulo está relacionado íntimamente con el área superficial expuesta para que se lleven a cabo diferentes procesos, ejemplo de ello es la transferencia de calor, a menor área mayor transferencia y menor tiempo de cocción. En cuanto a la forma, es distintiva de cada variedad, por lo que se requiere analizar por medio de microscopía. Estas características se determinarán por el método McMaster (1964). Se preparará una solución de almidón al 1% con agua destilada, con una pipeta Pasteur se tomará una gota y se depositará en un portaobjetos. Se agregará una gota de lugol y se homogenizará la muestra, por último, se colocará un cubreobjetos y se llevará a observación en un microscopio óptico MG-11PL, usando el objetivo 100x. Se reportará la imagen para determinar su forma y diámetro por análisis de imágenes.

### **3.6. Metodología experimental**

#### **Proceso de extracción del almidón de papa nativa**

Para llevar a cabo la extracción de los almidones primero se retiraron las cáscaras de los clones nativos y fueron trozadas en cubos de aproximadamente 3 cm por



lado. Se remojaron durante 30 min en una solución de bisulfito de sodio (NaHSO<sub>3</sub>) con una concentración de 1,500 ppm en una relación 1:3 (p/v). Una vez transcurrido dicho tiempo los cubos se triturarán en un procesador de alimentos Moulinex a velocidad 2 durante 2 min.

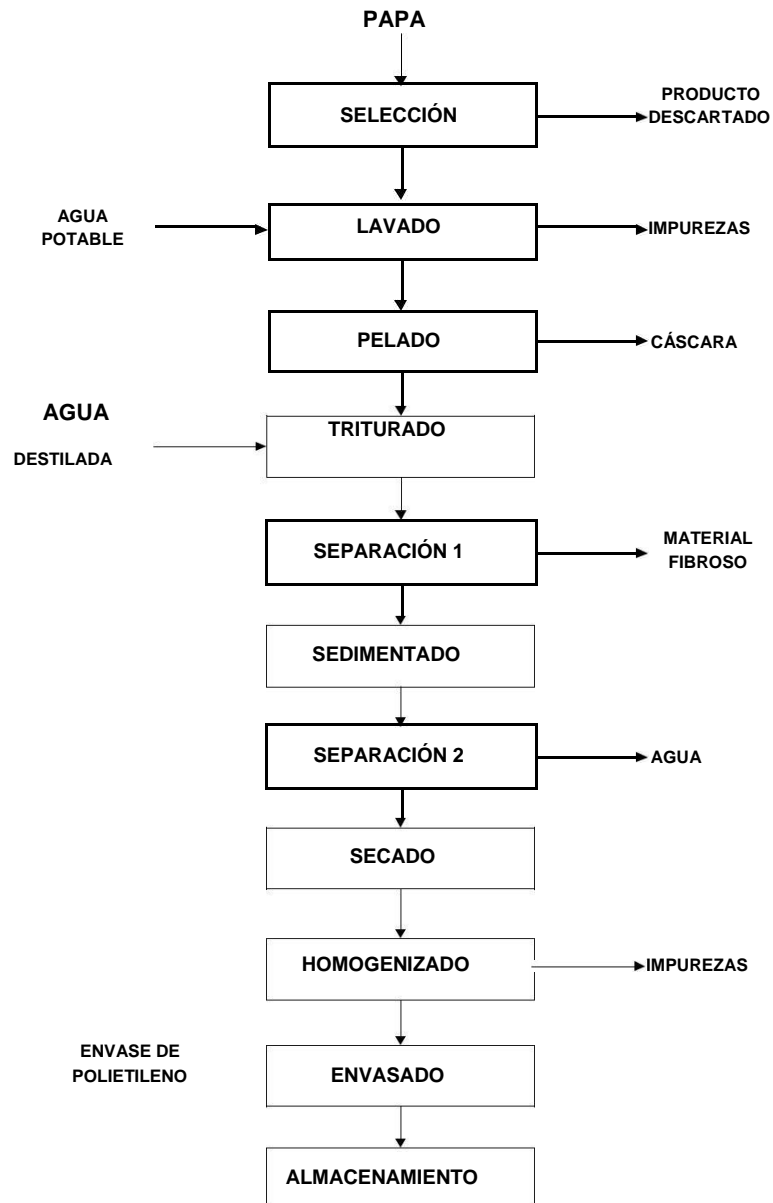
A la masa obtenida se le agregará una solución de NaHSO<sub>3</sub> con una concentración de 1,500 ppm en una relación 1:1 (v/v). Esta lechada se filtrará en tela organza y la fibra retenida se eliminará. El filtrado será sometido a centrifugación en un equipo Mistral 3000, durante 20 min a 2,500 rpm (2120 x g) y 5 °C. Cuando se observe la separación de fases, el sobrenadante se eliminará por decantación. Todos los almidones se lavarán 3 veces con agua destilada, centrifugando cada vez durante 15 min a 2,500 rpm (2120 x g). Posteriormente, el almidón recuperado se someterá a secado en estufa a 55 °C durante 24 horas. Después, se llevará la muestra a un molino ciclónico Foss Cyclotec 1093 para obtener un polvo blanquecino, el cual se tamizará en un equipo W.S. TYLER Ro-Tap RX-29-E en malla número 100. Por último, el almidón obtenido se almacenará en frascos de vidrio con cierre de tapa hermética hasta su análisis (Novelo y Betancur, 2005).

#### **Rendimiento.**

**Obtenido el almidón, la determinación de rendimiento se hará con la siguiente ecuación:**

$$R \% = \frac{\text{Peso total de almidón extraído}}{\text{peso de la papa (kg)}} \times 100 \dots\dots\dots (\text{Ec. 5}).$$

Para ello se trabajó bajo la metodología descrita por (Chavéz y Osuna, 2000), modificado para esta investigación; el cual se muestra en la figura 15.



**Figura 15:** Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón de papa nativa.

**Fuente:** Chavéz y Osuna (2000).

Las operaciones de las figuras 16, se desarrolla a continuación:

- **Selección:** Se inició con la selección manual de las papas nativas, separando las que tengan daños físicos y mecánicos; y obteniendo las papas nativas seleccionadas.
- **Lavado:** Las papas nativas fueron lavadas, en forma manual para retirar impurezas y partículas extrañas del tubérculo.

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

### 3.7. Metodología.

#### **Cristalinidad de la pasta**

La importancia de esta cualidad radica ya sea en la claridad, transparencia u opacidad de los geles y pastas formados. Se mide por la capacidad para transmitir la luz (porcentaje de transmitancia %T) cuando son sometidos al paso de un haz radiante y se relaciona con el estado de dispersión de los solutos y la tendencia a retrogradar el almidón. Para algunos productos resulta de vital importancia dicha característica, por ejemplo, la opacidad resulta deseable cuando se requiere

destacar el color brillante de algunos productos; mientras tanto la transparencia es deseable para jaleas.

Se utilizó el método descrito por Bello y Paredes (1996). Se prepararán en tubos de ensayo con rosca suspensiones de cada almidón al 1% (p/p), base seca, en agua deionizada. Los tubos se colocarán en un baño a ebullición durante 30 min, con agitación magnética cada 5 min. Transcurrido dicho tiempo, los tubos se dejarán enfriar a temperatura ambiente. Los geles formados se transferirán a las celdas del espectrofotómetro de UV-VIS marca Jenway modelo 620mm y se determinará el %T a 650 nm; se utilizará como blanco agua deionizada.

#### **Procedimiento:**

- Se pesó 0.1 g de almidón en base seca en tubos de ensayo limpio y seco.
- Luego se agregó agua destilada hasta completar un volumen de 10 mL.
- Seguidamente se colocaron los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos, luego la suspensión se agito cada cinco minutos.
- Se dejó enfriar los tubos a temperatura ambiente.
- Se ubicó la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y se procedió al leer el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

#### **Solubilidad y Poder de hinchamiento**

Debido a los puentes de hidrógeno intermoleculares, el almidón es insoluble en agua fría, tan sólo puede incrementar el volumen de sus gránulos o hincharse. Por otro lado, la abundancia de grupos hidroxilo en la molécula del almidón, lo motiva a absorber agua. Si el almidón se somete a temperaturas elevadas se romperán los puentes de hidrógeno de las zonas amorfas y los gránulos se hincharan mediante una absorción progresiva hasta llegar a la gelatinización. Si se sigue calentando se lleva a cabo la destrucción de los gránulos dando lugar a una dispersión coloidal viscosa de fragmentos de gránulos hinchados. Estas propiedades serán determinadas por la modificación del método original de (Schoch, 1964), realizada por (Sathe et al., 1981).

En tubos de centrifuga tarados previamente, se prepararán 40 mL de una suspensión de almidón al 1% (p/v), base seca. Los tubos se incubarán en baños con agitación magnética a las temperaturas de 60, 70, 80 y 90 °C, y se mantendrán a esas temperaturas durante 30 min. Una vez que dicho tiempo transcurra, se

retirarán del baño y del agitador magnético que contenían y se llevarán a centrifugar en un equipo Hermle Z300K a 2,500 rpm (2120 x g) durante 15 min.

El sobrenadante se decantará y se pesarán los gránulos hinchados. Del sobrenadante se tomará 10 mL y serán colocados en depósitos de vidrio y se secarán en una estufa de convección a 120 °C durante 4 horas. Por último, las muestras se colocarán en un desecador, se pesarán y se llevarán a cabo los cálculos correspondientes utilizando las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ de solubilidad} = \frac{\text{Peso del almidón soluble} \times 400}{\text{Peso de la muestra en base seca}} \dots\dots\dots(\text{Ec. 6})$$

$$\text{Poder de inchamiento} \left( \frac{\text{g de agua}}{\text{g almidón}} \right) = \dots$$

$$\frac{\text{Peso del sedimento} \times 100}{\text{Peso de la muestra en b.s.} - (100 - \% \text{Solubilidad})} \dots\dots\dots(\text{Ec. 7})$$

**Capacidad de absorción de agua.**

Los gránulos de almidón se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. Esta característica se determinará por el método propuesto por (Anderson et al.,1969). En tubos de centrifuga tarados previamente, se prepararán 40 mL de suspensión de cada almidón al 1% (p/v), base seca, con agua destilada a 30 °C. Los tubos se llevarán a un baño con agitación magnética hasta alcanzar 60, 70, 80 y 90 °C, y se mantendrán a cada temperatura durante 30 min.

Posteriormente, se dejará enfriar a temperatura ambiente y se utilizará una centrifuga Hermle Z300K a 2,500 rpm (2120 x g) durante 15 min. El gel resultante se pesará y la capacidad de absorción de agua (CAA) se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$CCA \left( \frac{\text{g de agua}}{\text{g de almidón}} \right) = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \dots\dots\dots(\text{Ec.8})$$

**Tamaño**

El diámetro del gránulo está relacionado íntimamente con el área superficial expuesta para que se lleven a cabo diferentes procesos, ejemplo de ello es la transferencia de calor, a menor área mayor transferencia y menor tiempo de cocción. En cuanto a la forma, es distintiva de cada variedad, por lo que se requiere analizar por medio de microscopía. Estas características se determinarán por el método (McMaster, 1964).

Se preparará una solución de almidón al 1% con agua destilada, con una pipeta Pasteur se tomará una gota y se depositará en un portaobjetos. Se agregará una gota de lugol y se homogenizará la muestra, por último, se colocará un cubreobjetos y se llevará a observación en un microscopio óptico MG-11PL, usando el objetivo 100x. Se reportará la imagen para determinar su forma y diámetro por análisis de imágenes.

**Procedimiento:**

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

**Determinación del contenido de amilosa-amilopectina.**

En esta determinación se lleva a cabo la formación del complejo amilosa-yodo que absorbe a 635 nm. Se cuantificará utilizando colorimetría de acuerdo a (Morrison y Laignelet., 1983). Mediante la cual se pesará de 77 a 80 mg de almidón en tubos de 20 mL. Se añadirán 10 mL de una solución urea-dimetilsulfóxido (DMSO). Después cada tubo se agitará magnéticamente hasta que la solución sea homogénea. Posteriormente, se transferirán los tubos a una estufa a 100 °C durante 1 hora. Transcurrido dicho tiempo, los tubos se dejarán enfriar a temperatura ambiente. Se tomarán 0.5 mL de la solución y se transferirán a matraces aforados de 50 mL y se pesarán. Se añadirán 25 mL de agua destilada a cada matraz y también 1 mL de solución yodo-yoduro de potasio (I<sub>2</sub>-IK). Los matraces se aforarán y la solución se mezclará hasta ser homogénea. Se realizará un blanco con agua destilada y con él, se ajustará el espectrofotómetro de UV-VIS marca Jenway modelo 6305 para leer la absorbancia a 635 nm. Por último, se calculará el valor azul y el porcentaje de amilosa aparente mediante las siguientes fórmulas:

$$Valor\ azul = \frac{Absorbancia * 100}{2 * g\ de\ solución + mg\ de\ almidon} \dots\dots\dots (Ec. 9)$$

$$Porcentaje\ de\ amilosa = 28,414 * Valor\ azul.$$

El contenido de amilopectina se calculará por diferencia al 100% del contenido de amilosa aparente.

**Procedimiento:**

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

**Determinación de la Viscosidad.**

Se determinó por el método de Ruales et al., (1993). Primero, se prepararon suspensiones para cada almidón al 2.5% (p/v), en base seca, las cuales fueron transferidos al recipiente del viscoamílografo Brabender PT-100. La temperatura inicial de cada muestra se controló en 30 °C y posteriormente, en el equipo se inició el aumento de temperatura a velocidad de 1.5 °C/min hasta 95 °C, manteniéndose por 15 min. Se dejó enfriar la suspensión a velocidad de 1.5 °C/min hasta 50 °C y se mantuvo por 15 min.

**Comportamiento reológico de los geles de almidón.**

Las propiedades reológicas que se evaluaron fueron las siguientes:

- **Comportamiento del flujo.**  
Se siguió la metodología con ligeras modificaciones.
- **Propiedades viscoelásticas**  
Se siguió la metodología descrita por López *et al.* (2010) con ligeras modificaciones.

**Procedimiento:**

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

- Se midió la viscosidad de los geles a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM.

### 3.8. Análisis estadístico.

#### Diseño de contrastación.

El estudio fue adecuado a un DCA, debido a que se manipula una variable cualitativa llamada clones nativos de papa; los cuales se muestran en la tabla 26.

**Tabla 26:**

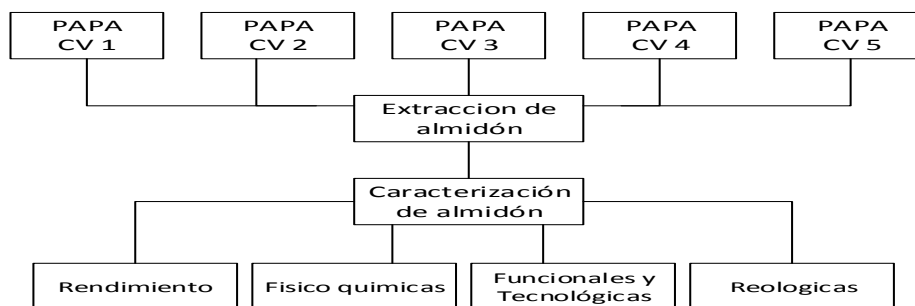
**Matriz de diseño experimental DCA para el rendimiento, propiedades físico químicas, funcionales/tecnológicas y reológicas**

Numero de repeticiones (j)	Numero de tratamientos				
	Almidón Variedad 1	Almidón Variedad 2	Almidón Variedad 3	Almidón Variedad 4	Almidón Variedad 5
1	AV <sub>11</sub>	AV <sub>21</sub>	AV <sub>31</sub>	AV <sub>41</sub>	AV <sub>51</sub>
2	AV <sub>12</sub>	AV <sub>22</sub>	AV <sub>32</sub>	AV <sub>42</sub>	AV <sub>52</sub>
3	AV <sub>13</sub>	AV <sub>23</sub>	AV <sub>33</sub>	AV <sub>43</sub>	AV <sub>53</sub>

Donde T<sub>1,2,3,4</sub> se refiere al tratamiento, j la repetición.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa en diseño experimental.



**Figura 16:** Esquema del diseño experimental.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Tabla 27:**  
**Operacionalización de variables**

Variables	Tipo de variable	Indicadores	Instrumento
<b>Independientes</b>			
Clones nativos	Cualitativa	Variedad Cheqllamurwa	Descriptor CIP
		Variedad Durasnillo	Descriptor CIP
		Variedad Luqui morada	Descriptor CIP
		Variedad Qayma marcela	Descriptor CIP
		Variedad Huachuco	Descriptor CIP
<b>Dependientes</b>			
Características funcionales y tecnológicas	Cuantitativas	Rendimiento	Balanza
	Cuantitativas	Cristalinidad	Espetrofotometro
	Cuantitativas	Solubilidad	Calculo
	Cuantitativas	Poder de hinchamiento	Calculo
	Cuantitativas	Capacidad de absorción de agua,	Calculo
	Cuantitativas	Tamaño	Microscopio electrónico
Características químicas del almidón	Cuantitativas	Amilosa	Análisis químico
	Cuantitativas	Amilopectina	Análisis químico
Propiedades de empaste	Cuantitativas	Temperatura empastado	de Viscorap RVU
	Cuantitativas	Viscosidad pico	Viscorap RVU
	Cuantitativas	Viscosidad de caída	Viscorap RVU
	Cuantitativas	Rompimiento	Viscorap RVU
	Cuantitativas	Viscosidad final	Viscorap RVU
	Cuantitativas	Retrogradación	Viscorap RVU

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Rendimiento de almidón en los clones nativos.

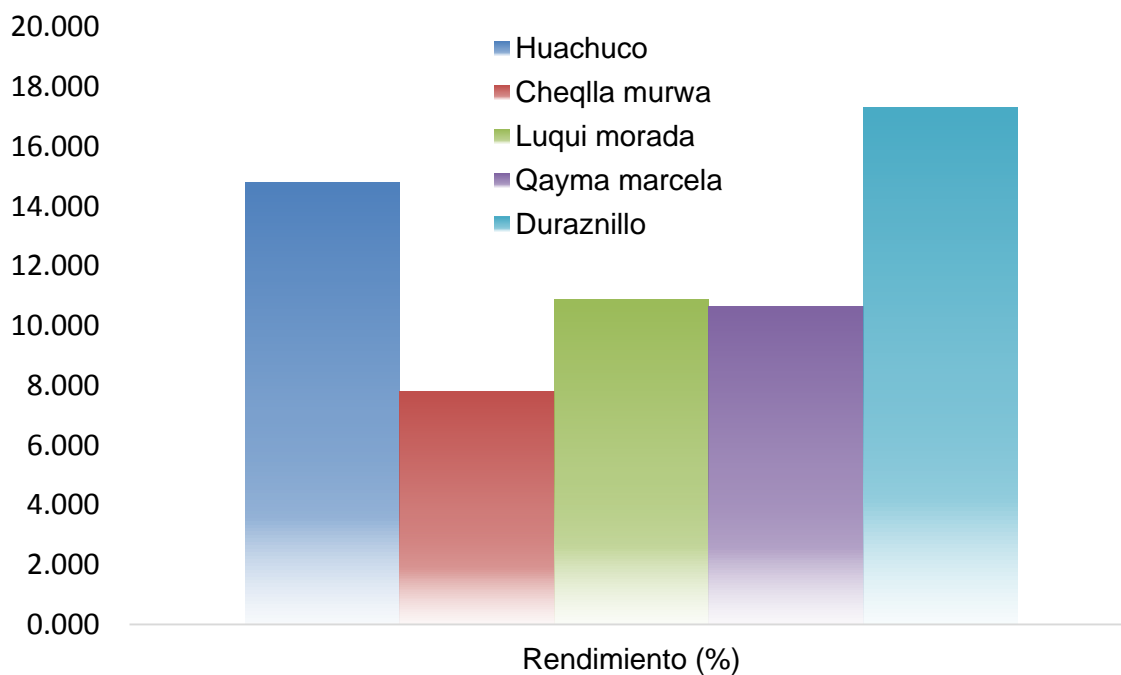
Los datos de rendimiento de almidón en las muestras de clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco se presentan en Anexo 3, y el análisis de varianza en el Anexo 4, determinándose en ella que existen diferencias estadísticas significativas a  $p < 0,05$  en el rendimiento de almidón de los clones nativos, dando a entender que el rendimiento de almidón variará según el clon nativo, es significativamente distinto de 1 para cualquier nivel de significación y, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se acepta la hipótesis alterna.

En la Tabla 28 se presenta la Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey, en ella podemos observar que existen tres grupos bien diferenciados al 95 % de nivel de confianza, determinándose mayores rendimientos en variedad durasnillo con 17.32 %, y se determinó menor rendimiento en Qechlla Murwa (7.81 %); asimismo la prueba de comparaciones múltiples hace notar que entre Huachuco, Luqui Morada y Qayma Marcela el rendimiento es diferente al 95 % de nivel de confianza, determinándose también que entre Luqui Morada y Qayma Marcela y Cheqlla Murwa no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre sí. Similar comportamiento fueron observados por (Peña, 2017); (Zárate et al., 2014) y (Melian, 2010).

**Tabla 28:**

#### **Comparaciones Múltiples de Tukey para variedad**

Clones Nativos	Medias	N	E.E.	Significancia
Durasnillo	17,32	3	1,11	a
Huachuco	14,80	3	1,11	a b
Luqui Morada	10,88	3	1,11	b C
Qayma Marcela	10,65	3	1,11	b C
Cheqlla Murwa	7,81	3	1,11	C



**Figura 17:** Rendimiento de almidón en los clones nativos.

#### **4.2. Tamaño de los gránulos de almidón de clones nativos.**

Se determinó las frecuencias del tamaño de los gránulos de los almidones para los clones Cheqlla Murwa, Duraznillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, cuyo resultado se presenta en el Anexo 5 al 9 y en el Anexo 15 se muestra la tabla de ANOVA para el tamaño para los cinco clones determinándose que entre variedades existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) y diferencias altamente significativas a ( $p < 0,01$ ) en el tamaño del almidón, es significativamente distinto de 1 para cualquier nivel de significación y, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se acepta la hipótesis alterna.

En la Tabla 29 se presenta la prueba de Multiple Tukey, en ella podemos observar que existen tres grupos diferenciados al 95% nivel de confianza, determinándose que la variedad Huachuco presenta mayor tamaño de granos de almidón con una media de  $46.5682 \mu m$ , con una desviación estándar de 20.364 %, seguido de la variedad Cheqlla Murwa con una media de  $31,5281 \mu m$  y una desviación estándar de 11.732 %, es diferente al 95 % del nivel de confianza, frente al tamaño de gránulos de almidón de las variedades Luqui Morada, Duraznillo y Qayma Marcela determinándose en ella medias de  $21.3098 \mu m$ ;  $21.0643 \mu m$  y  $17.877 \mu m$  con desviaciones estándar de Media 8.41 %; 12.44 % y 5.15 % respectivamente, donde estas variedades evidenciaron dignificativas entre si, como se puede evidenciar en la figura 18.

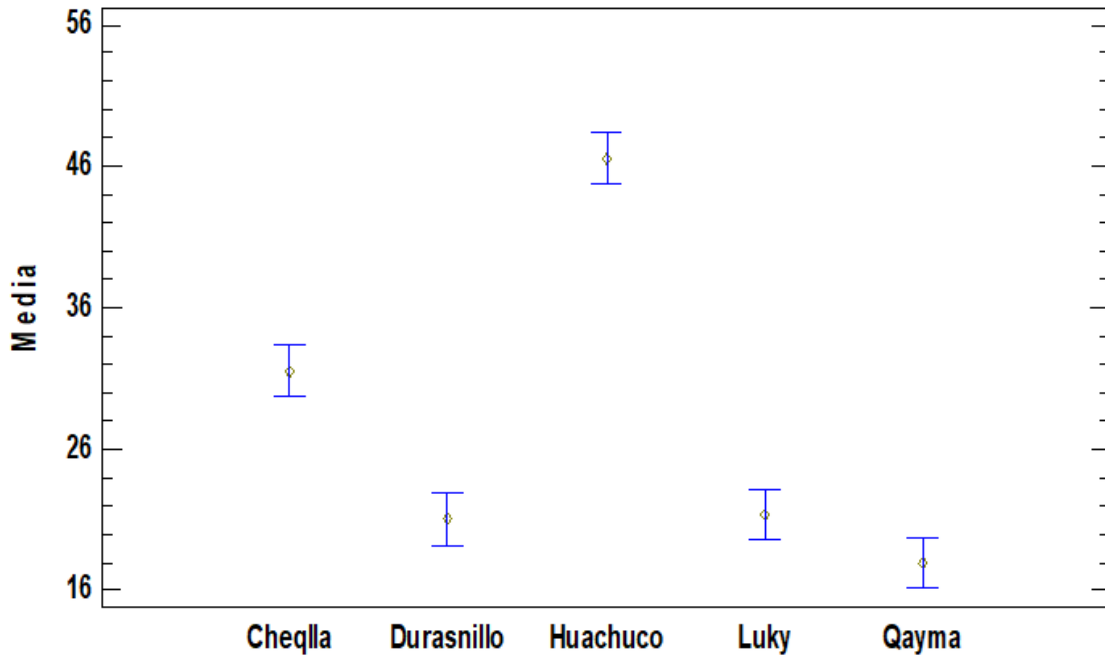
**Tabla 29:**  
**Comparaciones Múltiples de Tukey para tamaño**

Clones Nativos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Qayma Marcela	187	17,877	C
Durasnillo	171	21,0643	C
Luqui Morada	184	21,3098	C
Cheqlla Murwa	178	31,5281	b
Huachuco	176	46,5682	A

Según Bemiller y Whistler (2009); los gránulos de almidón se producen en todas las formas y tamaños (esferas, elipsoides, polígonos, plaquetas y túbulos irregulares); sus dimensiones en diámetro en forma de gránulos, van desde 0,1  $\mu\text{m}$  a por lo menos 200  $\mu\text{m}$ , va dependiendo de la fuente botánica. Estos gránulos son partículas parcialmente cristalinas las cuales están formadas de dos homopolímeros de glucopiranososa con diferentes estructuras, estas estructuras se conocen como la amilosa y amilopectina (Bemiller y Whistler, 2009); (Cui, 2015) y (Eliasson, 2004).

Para el almidón de papa, en promedio el tamaño del gránulo varía de 1 a 20  $\mu\text{m}$  para los pequeños y 20 a 110  $\mu\text{m}$  para gránulos grandes. El grado de variación en la estructura granular de almidones de cultivar a cultivar es bastante alto en las papas en comparación con otras fuentes botánicas de almidón. Curiosamente, los pequeños gránulos de almidón de papa son esféricos o de forma oval, pero los grandes son generalmente elipsoidales a cúbicas o de forma irregular. Esta variación de la forma, relacionada al tamaño de los gránulos de almidón de papa podría, está referida con lo que mencionan (Singh y Kaur, 2009); (Quilca, 2007), caracterizó física y químicamente ecotipos de papa nativa, donde encontró que los gránulos de almidón del ecotipo Puña y del testigo Super Chola son de mayor tamaño (50.42 y 50.54  $\mu\text{m}$ ) que los gránulos de otros 10 ecotipos de papas nativas. El tamaño de los gránulos de Chaucha Holandesa fue de menor tamaño (26.34  $\mu\text{m}$ ). Los gránulos de almidón de los ecotipos de papas nativas y el testigo presentaron formas ovaladas. En relación al contenido de amilosa y amilopectina, los almidones de los ecotipos de papas nativas fue de (36.81, 36.79, 35.58 %).

### Medias y 95,0% de Tukey HSD



**Figura 18: Medias de Tukey HSD de tamaño de almidón por variedad.**

En la figura 18, se muestra la grafica media del tamaño de los clones nativos Huachuco, Cheqlla Murwa observándose que no se traslapan, mientras las variedades Luqui Morada, Durasnillo, y Qayma Marcela se traslapan. Asimismo para visualizar y tener mejor apreciación de la distribución del tamaño de los almidones en los clones nativos, en las Tablas 30 al 34, se presenta la distribución de frecuencias para los clones nativos Luqui Morada, Qayma Marcela, Cheqlla Murwa, durasnillo, Huachuco y Luqui morada.

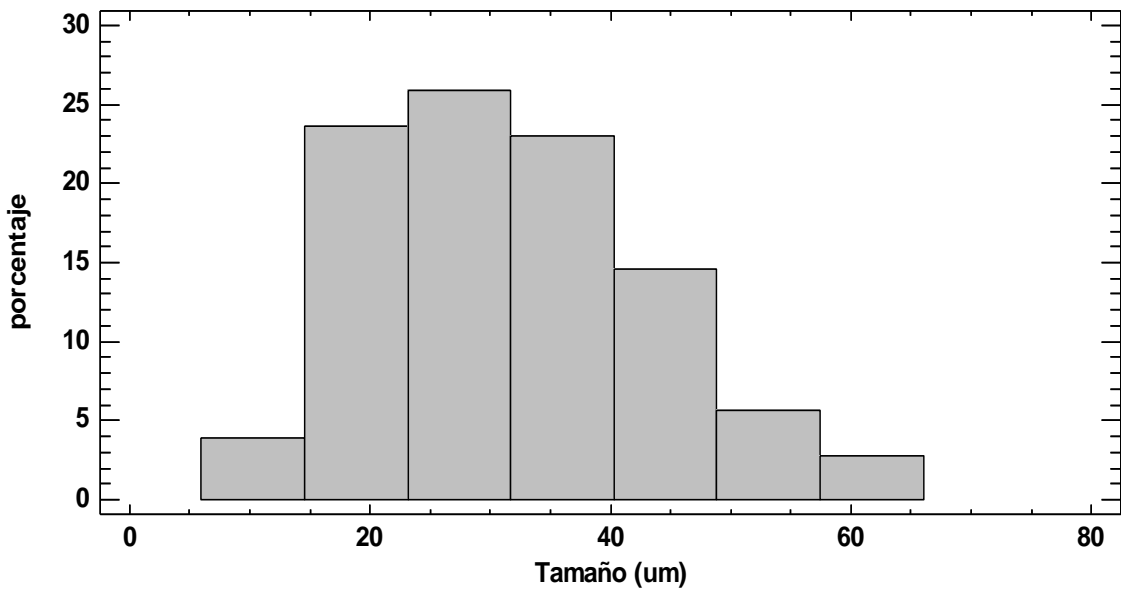
En Cheqlla Murwa se determinó un tamaño mínimo de 6  $\mu\text{m}$  y un máximo de 66  $\mu\text{m}$ , asimismo un 25% presentan un tamaño entre 23,1429 a 31,71  $\mu\text{m}$ ; lo cual se puede evidenciar con mejor precisión en la Figura 20.

**Tabla 30:**

***Distribución de frecuencias para la variedad Cheqlla Murwa***

Cla	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada.
	< ó =	6,0		1	0,0056	1	0,0056
1	6,0	14,57	10,28	7	0,0393	8	0,0449
2	14,57	23,14	18,85	42	0,2360	50	0,2809
3	23,14	31,71	27,42	46	0,2584	96	0,5393
4	31,71	40,28	36,0	41	0,2303	137	0,7697
5	40,28	48,85	44,57	26	0,1461	163	0,9157
6	48,85	57,42	53,14	10	0,0562	173	0,9719
7	57,42	66,0	61,71	5	0,0281	178	1,0000
	> de	66,0		0	0,0000	178	1,0000

Media = 31,5281 Desviación Estándar = 11,732



**Figura 19:** Distribución de tamaño de almidón en Cheqlla Murwa.

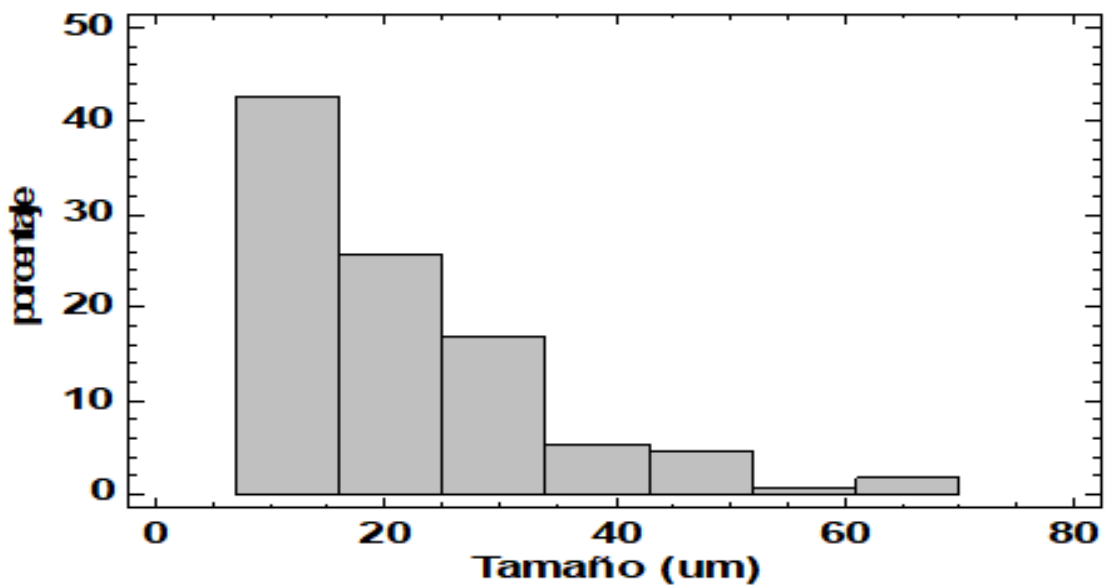
En la Tabla 31 observamos la distribución de frecuencias del tamaño de gránulos de almidón en la variedad Durasnillo, determinándose que los almidones presentan un tamaño mínimo de 7  $\mu$  m y un máximo de 70  $\mu$  m, asimismo un 42 % presentan un tamaño entre 7,0 a 16,0  $\mu$  m, lo cual se puede evidenciar con mejor precisión en la Figura 20.

**Tabla 31:**

**Distribución de frecuencias para la variedad de Durasnillo.**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada.
	< ó =	7,0		4	0,0234	4	0,0234
1	7,0	16,0	11,5	73	0,4269	77	0,4503
2	16,0	25,0	20,5	44	0,2573	121	0,7076
3	25,0	34,0	29,5	29	0,1696	150	0,8772
4	34,0	43,0	38,5	9	0,0526	159	0,9298
5	43,0	52,0	47,5	8	0,0468	167	0,9766
6	52,0	61,0	56,5	1	0,0058	168	0,9825
7	61,0	70,0	65,5	3	0,0175	171	1,0000
	> de	70,0		0	0,0000	171	1,0000

Media = 21,0643 Desviación Estándar = 12,441



**Figura 20:** Distribución de tamaño de almidón en durasnillo.

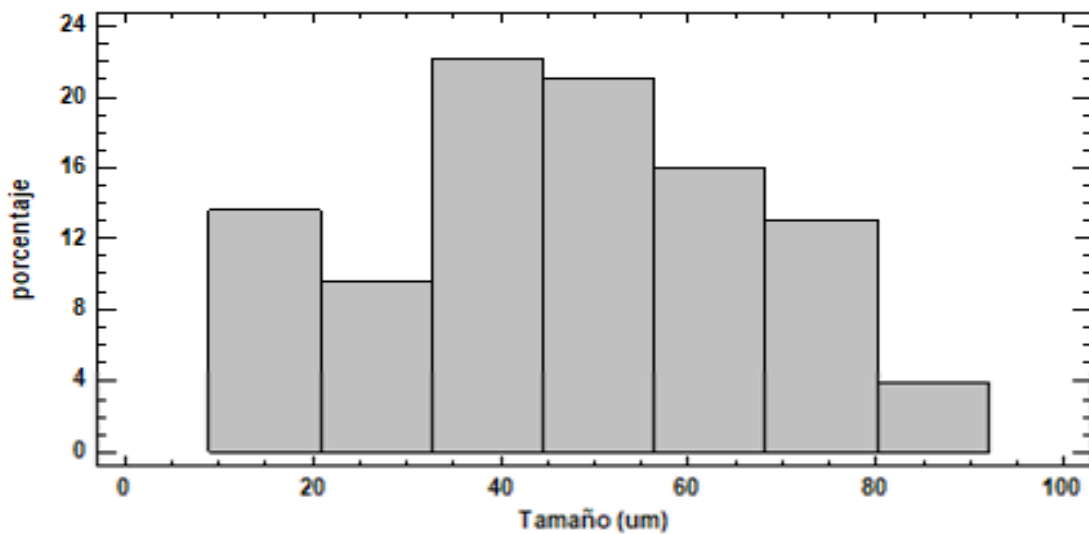
En la Tabla 32 observamos la distribución de frecuencias del tamaño de gránulos de almidón en la variedad Huachuco, determinándose que los almidones presentan un tamaño mínimo de 9  $\mu$  m y un máximo de 92  $\mu$  m, asimismo un 22 % presentan un tamaño entre 32.7143 a 44.5714  $\mu$  m, lo cual se puede evidenciar con mejor precisión en la Figura 21.

**Tabla 32:**

**Distribución de frecuencias para la variedad de Huachuco.**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada.
	< o =	9,0		1	0,0057	1	0,0057
1	9,0	20,8571	14,9286	24	0,1364	25	0,1420
2	20,8571	32,7143	26,7857	17	0,0966	42	0,2386
3	32,7143	44,5714	38,6429	39	0,2216	81	0,4602
4	44,5714	56,4286	50,5	37	0,2102	118	0,6705
5	56,4286	68,2857	62,3571	28	0,1591	146	0,8295
6	68,2857	80,1429	74,2143	23	0,1307	169	0,9602
7	80,1429	92,0	86,0714	7	0,0398	176	1,0000
	> de	92,0		0	0,0000	176	1,0000

Media = 46,5682 Desviación Estándar = 20,364



**Figura 21:** Distribución de tamaño de almidón en variedad Huachuco.

En la Tabla 33 observamos la distribución de frecuencias del tamaño de gránulos de almidón en la variedad Luqui Morada, determinándose que los almidones presentan un tamaño mínimo de 5  $\mu$  m y un máximo de 51  $\mu$  m, asimismo un 31 % presentan un tamaño entre 11.5714 a 18,1429  $\mu$ m, lo cual se puede evidenciar con mejor precisión en la Figura 22.

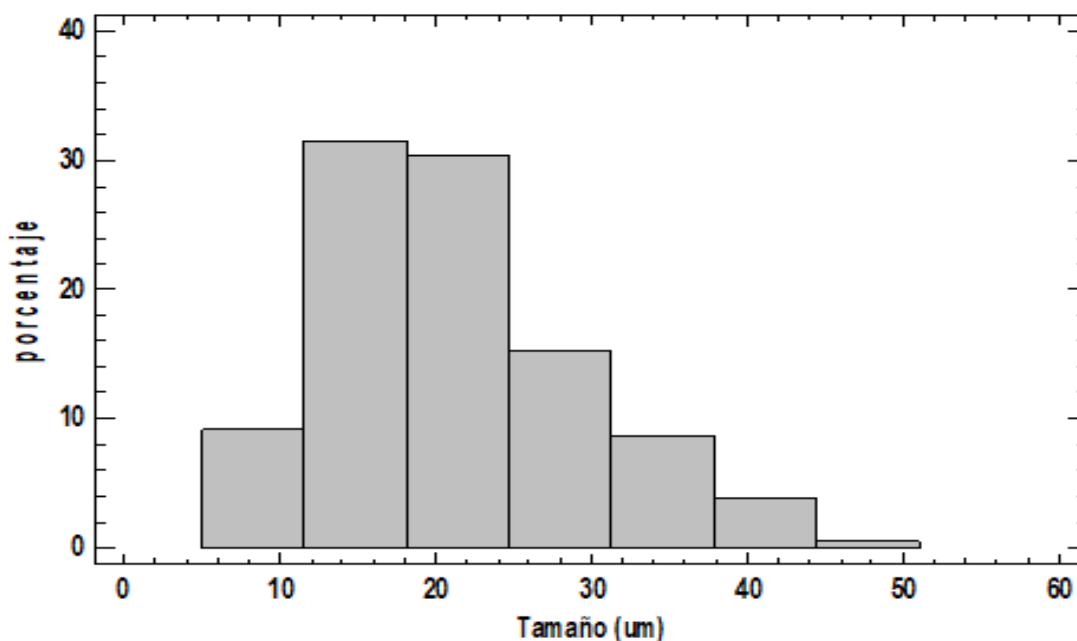


Tabla 33:

**Distribución de frecuencias para la variedad de Luqui Morada**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
	menor o igual a 5,0	5,0		1	0,0054	1	0,0054
1	5,0	11,5714	8,28571	17	0,0924	18	0,0978
2	11,5714	18,1429	14,8571	58	0,3152	76	0,4130
3	18,1429	24,7143	21,4286	56	0,3043	132	0,7174
4	24,7143	31,2857	28,0	28	0,1522	160	0,8696
5	31,2857	37,8571	34,5714	16	0,0870	176	0,9565
6	37,8571	44,4286	41,1429	7	0,0380	183	0,9946
7	44,4286	51,0	47,7143	1	0,0054	184	1,0000
	mayor de 51,0			0	0,0000	184	1,0000

Media = 21,3098 Desviación Estándar = 8,40743



**Figura 22:** Distribución de tamaño de almidón en Luqui Morada.

En la Tabla 34 observamos la distribución de frecuencias del tamaño de gránulos de almidón en la variedad Qayma Marcela, determinándose que los almidones presentan un tamaño mínimo de 7  $\mu$  m y un máximo de 31  $\mu$  m, asimismo un 30 %

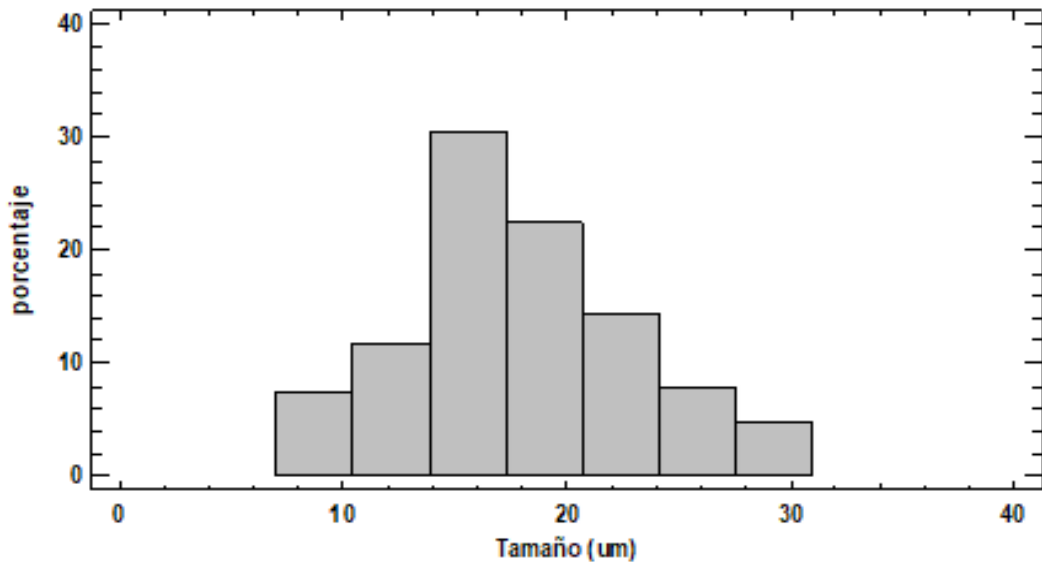
presentan un tamaño entre 13.8571 a 17.2857  $\mu$  m, lo cual se puede evidenciar con mejor precisión en la Figura 23.

Tabla 34:

**Distribución de frecuencias para la variedad de Qayma Marcela.**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
	menor o igual	7,0		1	0,0053	1	0,0053
1	7,0	10,4286	8,71429	14	0,0749	15	0,0802
2	10,4286	13,8571	12,1429	22	0,1176	37	0,1979
3	13,8571	17,2857	15,5714	57	0,3048	94	0,5027
4	17,2857	20,7143	19,0	42	0,2246	136	0,7273
5	20,7143	24,1429	22,4286	27	0,1444	163	0,8717
6	24,1429	27,5714	25,8571	15	0,0802	178	0,9519
7	27,5714	31,0	29,2857	9	0,0481	187	1,0000
	mayor de	31,0		0	0,0000	187	1,0000

Media = 17,877 Desviación Estándar = 5,15365



**Figura 23:** Distribución de tamaño de almidón en Qayma Marcela.

### 4.3. Amilosa y amilopectina de clones nativos.

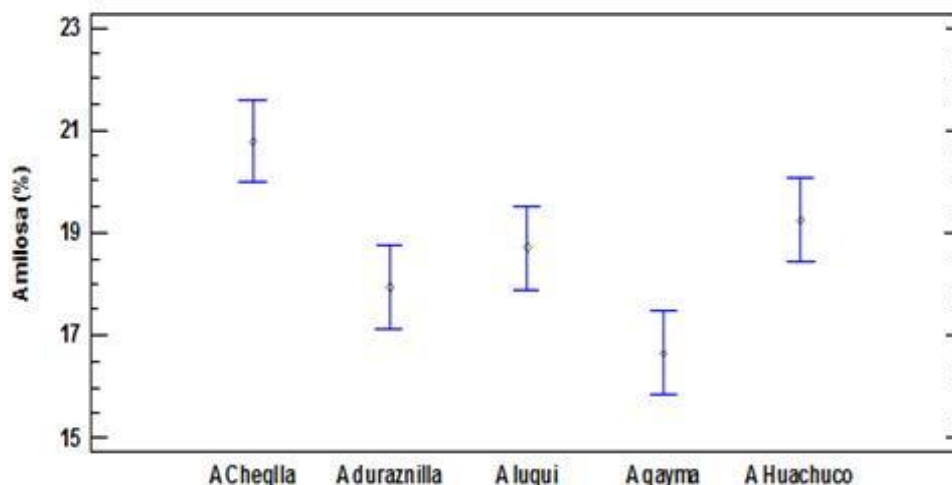
En el Anexo 18 se presentan los resultados de amilosa y amilopectina, para los clones nativos de Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela, Huachuco, en el Anexo 19 se presenta el Análisis de Varianza para Amilosa, determinándose que el contenido de amilosa entre los clones nativos mostro diferencias estadísticas significativas a  $p < 0,05$  al 95% de nivel de confianza; es significativamente distinto para cualquier nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se acepta la hipótesis alterna. En la Tabla 35, de comparación de medias de amilosa en los clones nativos se observa que evidentemente existen algunas diferencias estadísticas entre los clones nativos, observándose que entre Cheqlla Murwa, Huachuco y Luqui Morada no presentan diferencias significativas, es decir el contenido de amilosa estadísticamente es similar entre estos clones nativos. Asimismo la prueba de medias hace notar que entre Huachuco, Luqui Morada y Durasnillo, estadísticamente no se han determinado diferencias estadísticas en el contenido de amilosa, por otro lado también se observa el mismo comportamiento entre Luqui Morada, Durasnillo y Qayma Marcela, es importante hacer notar que Cheqlla Murwa se diferencia notoriamente en el contenido de amilosa de Qayma Marcela.

Tabla 35:

#### Comparaciones Múltiples de Tukey para de Amilosa

Variedades de clones nativos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Qayma Marcela	3	16,6587	C
Durasnillo	3	17,9483	Cb
Luqui Morada	3	18,702	Cba
Huachuco	3	19,258	Ba
Cheqlla Murwa	3	20,7857	A

Comportamiento del contenido de amilosa entre los clones nativos que son muy fácilmente distinguibles en la Figura 24, donde se aprecia que los clones Cheqlla Murwa, Qayma Marcela no se traslapan, mientras los clones Cheqlla Murwa Huachuco y luqui morada se traslapan; así como Huachuco Luqui Morada Durasnillo, en tanto el clon Luqui Morada se traslapan, con Durasnillo y Qayma Marcela respectivamente.



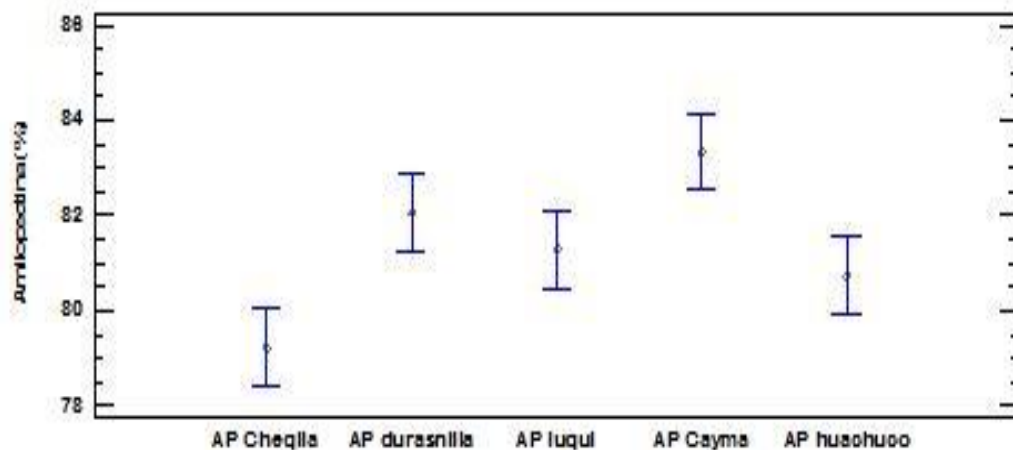
**Figura 24:** Diagrama de medias para el porcentaje de amilosa.

En el Anexo 20 se presenta el Análisis de Varianza para Amilopectina, determinándose que entre clones nativos presentó diferencias estadísticas significativas a  $p < 0,05$  al 95% por tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se acepta la hipótesis alterna. En la Tabla 36, de comparación de medias de amilosa en los clones nativos se observa que evidentemente existen algunas diferencias estadísticas entre los clones nativos, observándose que entre Qayma Marcela, Durasnillo y Luqui Morada no presentan diferencias significativas, es decir el contenido de amilopectina estadísticamente es similar entre estos tres clones nativos. La prueba de medias hace notar también que entre Durasnillo, Luqui Morada y Huachuco, estadísticamente no presentaron diferencias estadísticas en el contenido de amilopectina, por otro se observa el mismo comportamiento entre Luqui Morada, Huachuco y Cheqlla Murwa, es importante hacer notar que Qayma Marcela se diferencia notoriamente en el contenido de amilopectina de Cheqlla Murwa.

Tabla 36:

**Comparaciones Múltiples de Tukey para Amilopectina**

Variedades de clones nativos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cheqlla Murwa	3	79,2143	C
Huachuco	3	80,742	Cb
Luqui Morada	3	81,298	Cba
Durasnillo	3	82,0517	Ba
Qayma Marcela	3	83,3413	A



**Figura 25:** Diagrama de medias para el porcentaje de amilopectina.

Estas diferencias en el contenido de amilosa y en el contenido de amilopectina, muy posiblemente se deben a la fuente biológica de donde provienen los almidones (Zarate et al., 2014; Romero y Garnica, 2009). Por otro lado los valores de amilosa obtenidos son inferiores a los obtenidos por (Betancurt y Novelo, 2005); con mejor y mayor contenido de amilosa Cheqlla Murwa y mayor contenido de amilopectina Qayma Marcela, asimismo estos valores inferiores determinados pueden también deberse a las condiciones climáticas y tipo de suelo que posiblemente hayan afectado durante el crecimiento del material vegetal (Utrilla et al., 2007; Singh y Singh, 2003; Graziano, Machado, y Figueiredo, 1992.) por tanto los tamaños de granulo de almidon tambien influenciarian en el contenido de amilosa amilopectina como lo menciona (Lindeboom et al., 2004).

#### **4.4. Claridad de la pasta o cristalinidad del almidón de clones nativos.**

En el Anexo 21 se presenta el Análisis de Varianza para Claridad, determinándose que la claridad entre los clones nativos mostro diferencias estadísticas significativas a  $p < 0,05$  al 95% de confianza, por tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se acepta la hipótesis alterna. En la Tabla 37, de Análisis de varianza para Claridad en los clones nativos se observa que evidentemente existen algunas diferencias estadísticas entre los clones nativos, observándose que entre Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, presentan diferencias significativas, estadísticamente no se han determinado diferencias estadísticas en el contenido de claridad, por otro lado también se observa de los valores de transmitancia menores 40 % se consideran como opacas o turbias, esto es por la variedad de los clones nativos, por otro lado las diferencias entre los valores de transmitancia encontrados, de los almidones de las cinco variedades de

papas nativas, podrían deberse a diversos factores como el contenido de amilosa, lípidos y proteínas, el tamaños de partículas de los gránulos, la concentración total de sólidos, el grado de dispersión de los gránulos (Aprianita, 2009).

Tabla 37:

**Análisis de varianza para Claridad de Pasta o Cristalinidad**

Clones Nativos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Qayma Marcela	3	13,4333	e
Luqui Morada	3	15,4	d
Durasnillo	3	18,6333	c
Huachuco	3	22,6667	b
Cheqlla Murwa	3	28,0667	a

La capacidad de estas pastas para transmitir la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante mide su claridad Técnica usada, pastas de almidones que tengan valores de transmitancia menores 40 % se consideran como opacas o turbias, pastas de almidones que tengan valores de transmitancia mayores de 40 % se consideran como claras o transparentes, el valor de la claridad en pastas de almidón varía entre 12.5-95 %. (Craig *et al.*, 1989).

Donde la claridad de la pasta de almidón en las muestras de clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, fueron obtenidos de los valores de transmitancia de la claridad en pastas de almidón están en el rango según 12,5-95 por ciento. (Craig *et al.*, 1989).

Peña (2017) Los valores de transmitancia (%) de los geles de almidón de las cinco variedades de papa nativa, disminuyeron progresivamente a medida que el tiempo de almacenamiento refrigerado se incrementó; estos valores mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (Anexo 17).

La transmitancia del gel de almidón Imilla negra IN disminuyó desde 78,6 (0 h) hasta 16,6 por ciento (72 h), presentando la más alta variación entre los almidones evaluados; mientras que los geles de almidón imilla blanca IB y Loc'ka LK presentaron valores iniciales de transmitancia de 50,2 y 59,3 por ciento y que disminuyeron hasta 9,8 y 6 por ciento, respectivamente, a las 72 h de almacenamiento. Espinoza (2008), Singh (2009), Bemiller y Whistler (2009) mencionan que el almacenamiento en frío induce a la retrogradación de la amilosa y las ramificaciones de la amilopectina presentes en un gel de almidón, logrando que se formen compuestos insolubles (cristales de amilosa y amilopectina) los

cuales hacen que se disminuya la claridad de la gel. Esto podría explicar la caída de los valores de transmitancia a lo largo del tiempo en la prueba de claridad de geles de los almidones. Los resultados obtenidos en esta investigación son comparables con los reportados por (Singh et al.,2004) cuyos valores de claridad disminuyen de 70.2 a ,9 %, para almidones de diferentes variedades de papas de India; pero son menores a los reportados por (Kaur et al.,2002) para almidones de papa de otras variedades de India (65.9 a 19.6 %).Valores aún más bajos fueron reportados por (Vargas,2015), para el gel del almidón de papa variedad Única, que disminuyó su transmitancia de 57.4 a 1.7 %. Las diferencias entre los valores de transmitancia encontrados, de los almidones de las cinco variedades de papas nativas, podrían deberse a diversos factores como el contenido de amilosa, lípidos y proteínas, el tamaños de partículas de los gránulos, la concentración total de sólidos, el grado de dispersión de los gránulos; las longitudes de las cadenas de la amilosa y amilopectina; y el contenido de monoéster de fosfato (Aprianita, 2009), En este estudio se encontró que los almdiones imilla negra IN y piña PÑ presentaron los más altos contenidos de fósforo (827.07 y 779.65 ppm) y también presentaron los valores de claridad más altos (78.6 y 74.7 %) a las cero horas; lo que podría deberse a que la repulsión entre las moléculas de almidón adyacentes causadas por los grupos fosfato cargados negativamente aumenta los niveles de moléculas hidratadas que promueven la alta transparencia, mencionan que el almidón de papa produce geles que se caracterizan por una alta claridad, a diferencia de los geles obtenidos de almidones de otras fuentes botánicas; y que esto se atribuye al alto contenido de monoésteres de fosfato presentes en el almidón de papa.

#### **4.5. Poder de hinchamiento.**

En el Anexo 23 se presenta el resumen del Poder de Hinchamiento de almidón en las muestras de clones nativos de Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, en el Anexo 24 podemos evidenciar la ANOVA, determinándose en ella que existen diferencias estadísticas significativas al  $p < 0,05$  en el poder de hinchamiento de almidón de los clones nativos, debido a que  $F_c = 8.99$  es significativamente distinto para cualquier nivel de significación y, por tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se acepta la hipótesis alterna dando a entender que el contenido del poder de hinchamiento variará según el clon nativo. En la Tabla 38, se presenta la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, en ella podemos corroborar lo indicado por estudios similares, determinándose Pruebas de Múltiple Rangos para Poder de Hinchamiento, de cada una de las variedades el promedio se determinó de la siguiente manera, Luqui

Morada y Durasnillo con 27.4733 y 26.9875 seguido de las variedades Cheqlla Murwa, Huachuco y Qayma Marcela con 25.6367, 25.0828 y 21.6917 respectivamente. Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño, podemos demostrar en el Tabla 38 Pruebas de Múltiple Rangos para Poder de Hinchamiento por variedad de clones nativos.

Tabla 38:

**Pruebas de Múltiple Rangos para Poder de Hinchamiento por variedad de clones nativos**

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
Cheqlla Murwa	4	25,6367	1,68889	6,58776%	23,53
Durasnillo	4	26,9875	1,15106	4,26515%	25,775
Huachuco	4	25,0828	1,36206	5,43028%	23,72
Luqui Morada	4	27,4733	0,678534	2,4698%	26,837
Qayma Marcela	4	21,6917	0,684585	3,15597%	20,839
Total	20	25,3744	2,33708	9,21039%	20,839

Se determinó en la Tabla 39, por el Metodo Tukey HSD, ella podemos evidenciar grupos bien diferenciados al 95% del nivel de confianza, donde la variedad Qayma Marcela 21.6917 % es diferente al 95 % de nivel de confianza y las variedades Luqui Morada, Durasnillo, Cheqlla Murwa, Huachuco, evidenciaron diferencias significativas entre sí.

Tabla 39:

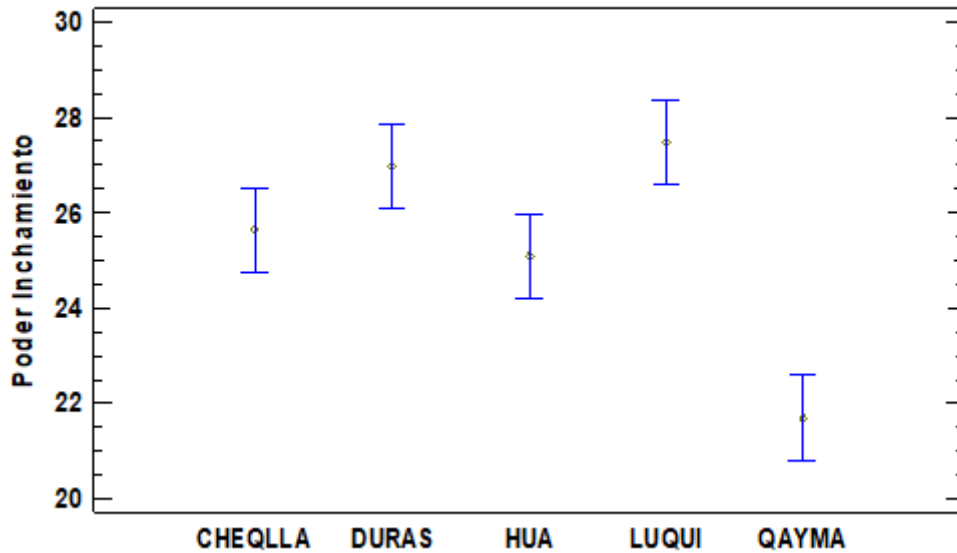
**Comparaciones Múltiples de Tukey para Poder Hinchamiento**

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Qayma Marcela	4	21,6917	b
Huachuco	4	25,0828	a
Cheqlla Murwa	4	25,6367	a
Durasnillo	4	26,9875	a
Luqui Morada	4	27,4733	a

Se determinó mediante la figura 26 de medias con el Metodo de Tukey para Poder de Hinchamiento, de las variedades de Luqui Morada, Huachuco, Durasnillo, Cheqlla



Murwa, Qayma Marcela 21.6917 %, donde se puede evidenciar que la variedad Qayma Marcela no traslapa con ninguna variedad, mientras las variedades Luqui Morada 27,4733, Durasnillo 26.9875 %, cheqma murwa 25.082 %8, están variedades traslapan entre sí.



**Figura 26:** Diagrama de medias de Método Tukey, para Poder de Hinchamiento.

Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón (Anderson *et al.*, 1969).

Así mismo la variación muy posiblemente sea debido al estado de madurez o precocidad de la especie genética en estudio (Thomas y Atwell, 1999).

El almidón tiene la capacidad de incrementar su volumen y peso, cuando se brindan los medios necesarios para hincharse libremente en agua. El hinchamiento depende de las fuerzas asociadas dentro de la red del gránulo del almidón (composición química de amilosa y amilopectina, grado de disociación, tamaño del gránulo, etc.) (Bemiller y Whistler, 2009). Tabla 41 del Método 95,0 porcentajes Tukey HSD, se puede el análisis de varianza en los clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco donde se ha determinado que entre variedades existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), según el Tukey HSD los grupos son homogéneos, también indican que el contenido de amilosa no se correlaciona con el poder de hinchamiento. Posiblemente debido a la complejidad de almidón, el poder de hinchamiento no puede ser expresado como

una función simple del contenido de amilosa. La diversidad del poder de hinchamiento entre los almidones también podría atribuirse a la variación de los componentes de menor importancia, que en este caso, es el contenido de fósforo de los almidones (Srichuwong *et al.* 2005).

#### 4.6. Solubilidad de clones nativos.

En Anexo 28 se presenta se presenta el analisis de varianza para la solubilidad del almidon de clones nativos, determinándose que el contenido de la solubilidad entre clones nativos no mostro diferencias estadísticas significativas a  $p < 0,05$  al 95% de nivel de confianza; determinándose que  $F_c = 1$  no se evidencia significación y por tanto se acepta la hipótesis nula de igualdad de medias y se rechaza la hipótesis alterna.

En la Tabla 40 se evidencia las medias de los clones nativos determinándose 5% de solubilidad en Cheqlla Murwa, Durasnillo, Huachuco, Luqui Morada y 4,5% en Qayma Marcela.

Tabla 40:

#### Medias para Índice Solubilidad de Almidón por clones nativos con intervalos de confianza del 95,0%

Variedad	Casos	Media	<i>Error Est.</i>		
			(s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
Cheqlla Murwa	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Durasnillo	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Huachuco	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Luqui Morada	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Qayma Marcela	4	4,5	0,223607	4,16299	4,83701
Total	20	4,9			

Los valores de solubilidad determinados se encuentran dentro de los valores determinados y reportados en variedades de papa imilla negra y blanca por; estos valores determinados muy posiblemente tambien puedan incrementar si la temperatura sube variaciones hasta los 90°C como lo menciona (Martínez *et al.*, 2015). Asimismo es necesario resaltar que los valores determindos al ser bajos en solubilidad, es un indicador de la calidad de los almidon, por tanto los almidones de

los clones nativos presentarán alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento y viscosidad en las pastas (Anderson *et al.*, 1969).

#### 4.7. Capacidad de absorción de agua de clones nativos.

En el Anexo 32 se presenta el análisis de varianza para la capacidad de absorción de agua en los clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, determinándose diferencias estadísticas significativas a  $p < 0,05$  al 95% de nivel de confianza. Por tanto aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula debido a que en alguna medida las medias entre clones son completamente diferentes. En la tabla 41 se presentan las comparaciones de medias, observándose en ella que no existe diferencias significativas entre Durasnillo (25,75), Huachuco(26,30), Luqui Morada(27,74) y Qayma Marcela(28,26); por tanto el índice de absorción de agua entre estos clones es similar a diferencia con el clon Cheqlla Murwa que presento 22,135% de índice de absorción de agua. Resaltando que Qayma marcela presenta mejor y mayor capacidad de absorción de agua a diferencia de Cheqlla Murwa.

Tabla 41:

#### Comparaciones Múltiples de Tukey Para Absorción de agua

Variedad	Casos	Absorción de agua %	Grupos Homogéneos
Cheqlla Murwa	4	22,1350	b
Durasnillo	4	25,7500	A
Huachuco	4	26,3025	A
Luqui Morada	4	27,7425	A
Qayma Marcela	4	28,265	A

Los valores de capacidad de absorción de agua son relativamente altos frente a los valores reportados por Martínez *et al.* (2015), lo cual es muy importante en la industria de alimentos donde se requiere almidones que procedan de variedades con alta capacidad de absorción de agua (Aristizábal *et al.* 2007). Las cuales también tendrán buena cantidad de amilosa presente en el almidón muy importantes en la formación de pastas.

#### 4.8. Viscosidad de clones nativos.

Los valores de viscosidad Anexo 35 al ser sometidos a analisis de varianza cuyos resultados se observan en el Anexo 36; se determinó que la viscosidad de las muestras de almidón de clones Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, presentó diferencias estadísticas significativas a  $p < 0,05$  al 95% de nivel de confianza; por tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se acepta la hipótesis alterna. En la Tabla 42. De comparación de medias de viscosidad entre clones se evidencia que efectivamente hay siderencias significativas de la viscosidad del clon Huachuco con Qayma Marcela, Luquimorada, durasnillo y Cheqlla Murwa (valores que no se traslapan); más no asi entre clones Qayma Marcela y Luqui Morada (valores que se traslapan), asi como en Durasnillo y Cheqlla Murwa (valores que se traslapan) al 95% de nivel de confianza como tambien se pueden observar lo descrito en la Figura 27.

Tabla 42:

#### Comparaciones Multiples de Tukey para Viscosidad

Variedades	Casos	Media de viscosidad (cp)	Grupos Homogéneos
Cheqlla Murwa(M4)	3	2766,73	ed
Durasnillo(M2)	3	2926,75	d
Luqui Morada(M5)	3	3287,0	cb
Qayma Marcela(M3)	3	3597,08	b
Huachuco(M1)	3	5938,17	a

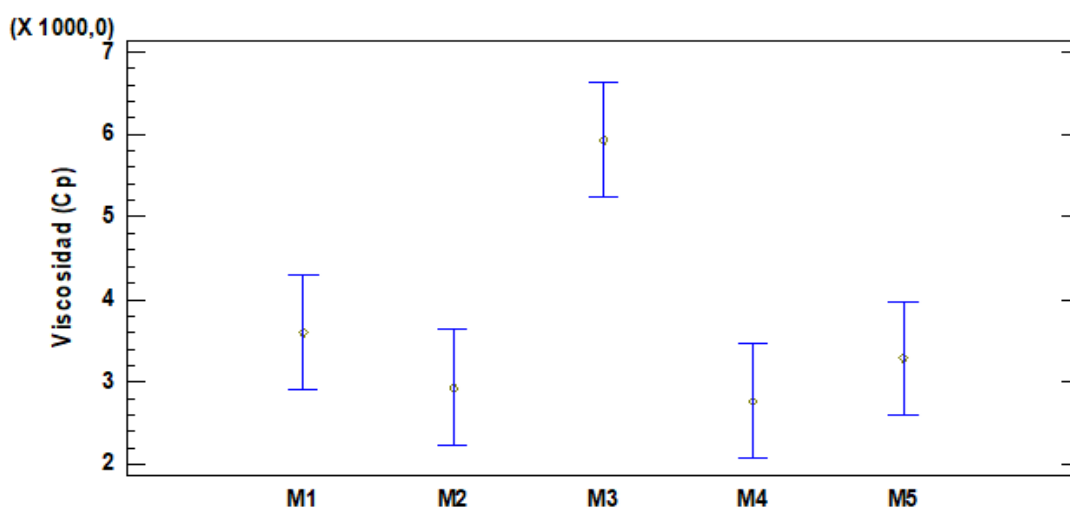
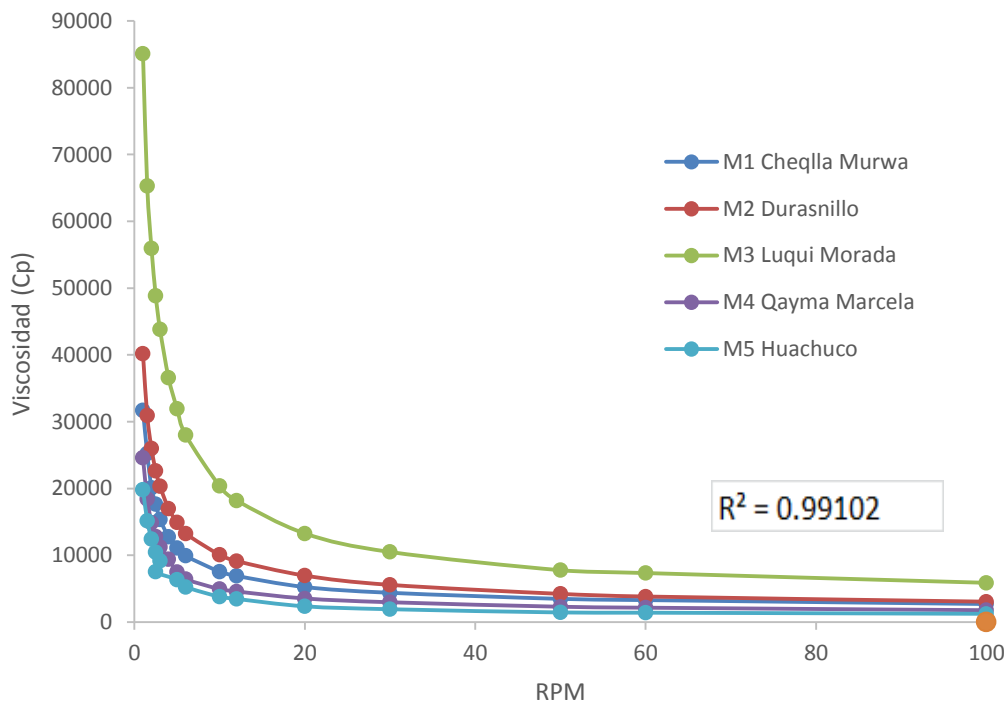


Figura 27: Diagrama de medias para la viscosidad.

#### 4.9. Velocidad de cizalla sobre el comportamiento visco elástico del almidón de clones nativos.

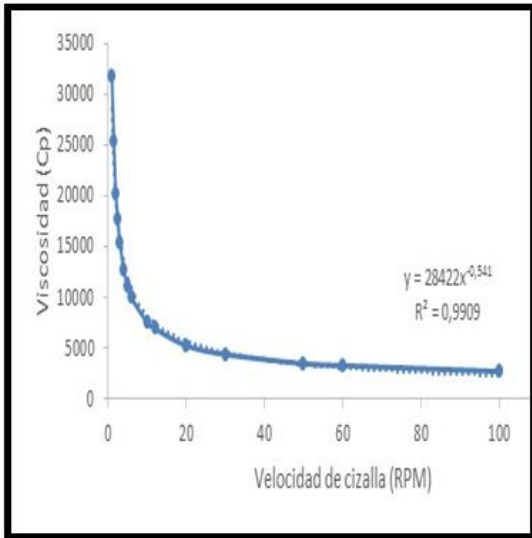
Los cambios en la velocidad de cizalla sobre el comportamiento de la viscosidad de clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, se pueden evidenciar en la Figura 8 observándose en ella que la viscosidad disminuye a medida que las rpm se incrementan, con mayor velocidad de deformación el clon nativo Luqui Morada, seguido de durasnillo, Cheqlla Murwa Qayma marcela y finalmente Huachuco; el comportamiento observado hace notar que para trabajar soluciones de agua con almidón y someterlos a proceso de gelatinización o calentamiento, una alta velocidad de cizalla puede modificar la estructura es decir valores bajos de velocidad de cizalla, permitirán obtener valores altos de viscosidad.



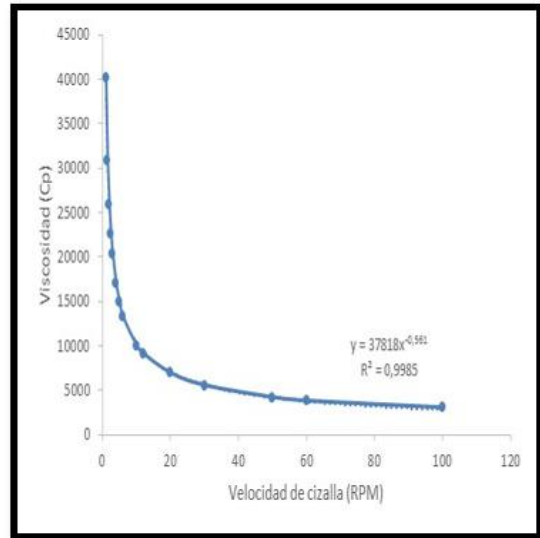
**Figura 28:** Las curvas de flujo de consolidación de los clones nativos

En las figura 29 (a, b, c, d y e), se presentan las curvas de viscosidad versus velocidad de cizalla, en ella podemos observar los valores de velocidad de deformación determinándose altos coeficientes  $R^2$ , en la velocidad de cizalla sobre el comportamiento visco elástico del almidón de Luqui Morada con ( $R^2 = 0,9981$ ), seguido Durasnillo, Qayma Marcela, Cheqlla Murwa, Huachuco de ( $R^2 = 0,9855$ ;  $0,9855$ ;  $0,9821$ ;  $0,9909$ ), obteniéndose los altos coeficientes de determinación ( $R^2 =$

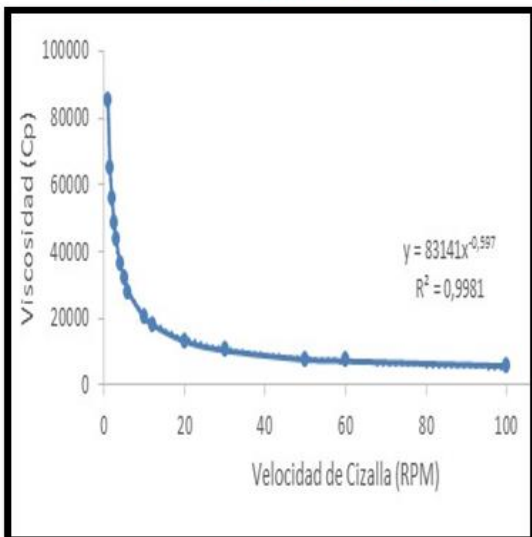
0,9909–0,9981), asemejándose estos valores a los valores determinados por (Peña 2017).



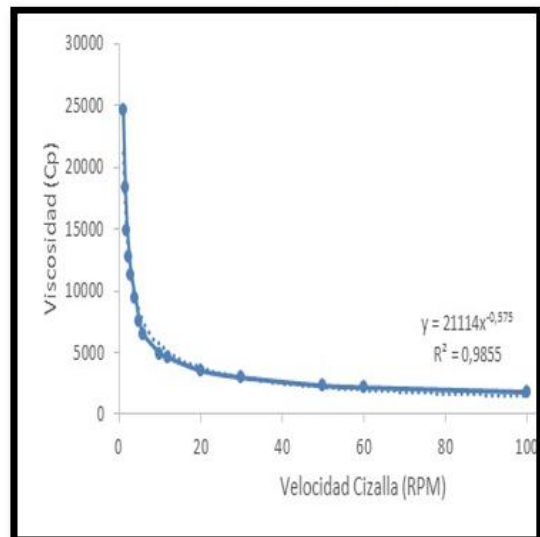
**Figura 29 “a” (Cheqlla murwa)**



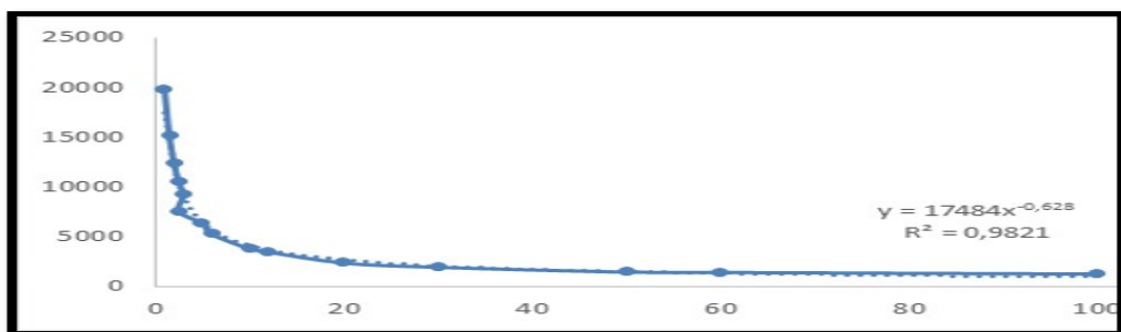
**Figura 29 “b” (Durasnillo)**



**Figura 29 “c” (Luqui Morada)**



**Figura 29 “d” (Qayma Marcela)**



**Figura 29 “e” (Huachuco)**

**Figura 29:** Viscosidad de almidón frente velocidad de cizalla: a) Cheqlla murwa; b) Durasnillo; c) Luqui Morada; d) Qayma Marcela; e) Huachuco.

## CONCLUSIONES

1. Se determino mayores rendimientos de los clones nativos Durasnillo y Huachuco con 17.32% y 14.80%, seguido de las variedades Luqui Morada, Qayma Marcela y Cheqlla Murwa con 10.88%; 10.65% y 7.81%, según el clon nativo.
2. En el tamaño de almidón, donde Huachuco presenta mayor tamaño de granulos de almidón determinándose en ella una media de 46.5682 um, con una desviación estándar de 20.364%, seguido de la variedad Cheqlla Murwa con una media de 31,5281 y una desviación estándar de 11.732%, clon nativo Luqui Morada, Durasnillo y Qayma Marcela determinándose en ella medias de 21.3098; 21.0643 y 17.877 con desviaciones estándar de media 8.41%; 12.44% y 5.15%, tambien se determinó como mayor porcentaje en el contenido de amilosa fue la variedad Cheqlla Murwa con 20.7857% y el mayor porcentaje de amilopectina es de la variedad Qayma marcela con 83.3413%.
3. Se determino la claridad o cristalinidad de la pasta de almidón en las muestras de clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, determinados como mayor porcentaje de transmitancia en variedades Cheqlla Murwa, Huachuco con 28.0667 %, 22.6667%, seguido de las variedades Durasnillo, Qayma Marcela, Luqui Morada, con 18.6333%, 15.4%, 13.4333% respectivamente en un tiempo de (0 h), se determinó el poder del hinchamiento de almidón de los clones nativos en variedad Luqui Morada y Durasnillo con 27.4733% y 269875%, seguido de los clones Cheqlla murwa,Huachuco y Qayma Marcela con 25.6367%; 25.0828% y 21.6917%, se determino la solubilidad de los clones nativos de Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Huachuco, con 5%, no mostro diferencias estadísticas significativas a  $p < 0.05$  al 95% de nivel de confianza; determinándose la capacidad de absorción de agua en el almidón de las clones nativas de Luqui Morada y Durasnillo con 28.265% y 27.7425%, seguido de, las variedades Cheqlla Murwa, Huachuco y Qayma Marcela con 26.3025%; 25.75% y 22.135% respectivamente, al 95% de nivel de confianza; se determino la viscosidad de almidón en las muestras de clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco, determinándose la Viscosidad máxima en variedad Huachuco 5938.17 cP seguido de las

variedades Qayma Marcela, Luqui Morada, Durasnillo, Cheqlla Murwa con 3597.08 cP; 3287.0 cP; 2926.75 cP; 2766.73 cP.

4. Se determino la velocidad de cizalla sobre el comportamiento visco elástico del almidón de cinco clones nativos, donde se obtiene los coeficientes más altos en la siguiente orden Luqui Morada con ( $R^2 = 0.9981$ ), seguido Durasnillo, Qayma Marcela, Cheqlla Murwa, Huachuco de ( $R^2 = 0.9855$ ;  $0.9855$ ;  $0.9821$ ;  $0.9909$ ), obteniéndose los altos coeficientes de determinación ( $R^2 = 0.9909$ – $0.9981$ ), obtenidas del esfuerzo cortante frente a la velocidad de cizalla, a 25 °C.



## RECOMENDACIONES

1. Para mejorar el rendimiento de extracción de almidón de los nativos de las papas nativas y tener valores más competitivos se puede reemplazar las operaciones manuales realizadas en la extracción por un proceso semi-industrial, que puede incluir los equipos especializados que se utilizan en procesos automatizados a gran escala, como el uso de hidrociclones y secadores tipo flash.
2. Determinar las propiedades de amilosa y amilopectina, en el equipo de Espectrofotómetro de Infrarrojo Cercano, Composición Proximal, este equipo se encuentra en la institución del CIP.
3. Complementar la determinación de la viscosidad de estos almidones con un estudio más detallado de la viscosidad en función a la temperatura por medio del viscoamilógrafo de Brabender.
4. Testar el comportamiento de los almidones obtenidos de los clones nativos de la variedad de las papas nativas en un sistema alimentario para conocer las alteraciones de sus propiedades, al interactuar con otros componentes y en condiciones específicas de procesamiento.
5. Diagnosticar las propiedades morfológicas de los almidones, utilizando el microscopio electrónico de barrido (SEM), debido a que se puede obtener una correlación positiva de estas propiedades con las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de los clones nativos.
6. Evaluar la factibilidad económica del almidón nativo proveniente de papas nativas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebowale, K., y Lawal, O. (2003). Microstructure, physicochemical properties and retrogradation behavior of Mucuna bean (*Mucuna pruriens*) starch on heat moisture treatments. *Food Hydrocolloids*, 17; 265-272.
- Ahmed, J; Tiwari, B; Imam, S; Rao, M. (2012). Starch-based polymeric materials and nanocomposites: chemistry, processing and applications. Florida, US, Editorial CRC Press. 396p.
- Alvani, K; Qi, X; Tester, R; Snape, C. (2011). Physicochemical properties of potato starches. *Food Chemistry* 125(3):958-965.
- Álvarez, M. (2001). Oportunidad para el desarrollo de productos de papas nativas en el Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa Vol. especial*:58-79.
- Anderson, R., Conway, H.F., Pheiser, V.F. y Griffin, E.L. (1969). Gelatinisation of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, 14: 4-12.
- Aprianita, A; Purwandari, U; Watson, B; Vasiljevic, T. (2009). Physicochemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. *International Food Research Journal* 16(4):507-520.
- Aristizabal, J., Sánchez, T., y Mejía, D. (2007). Guía técnica para producción y análisis del almidón de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*.
- Badui Dergal, S. (1995). *Química de los alimentos*. México.: Pearson.
- Badui Dergal, S. (2001). *Química de los alimentos*. México.: Pearson.
- Belitz, H. 2009. *Química de los alimentos*. 2 ed. Zaragoza, ES, Editorial Acribia. 910p.
- Bello Perez, L., Roger, P., Baud, B., y Colonna, P. (1998). Macromolecular features of starches determined by aqueous high performance size exclusion chromatography. *Journal of Cereal Science*, 267-278.
- Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos*. Pamplona, ES, Ediciones Díaz de Santos. 596p.
- Bello-Pérez, L. y Paredes-López, O. (1996). Starch and amilopectin-effects of solutes on clarity of pastes. *Starch*. 48(6): 205-207.

- Bemiller, J. y Whistler, R. (2009). Starch: Chemistry and technology. Third Edition. Editorial Academic Press, Burlington, MA. USA. 879 p.
- Betancurt, A., & Novelo, C. (2005). Propiedades químicas y funcionales de mezclas de almidones de (*Phaseolus lunatus* y *Manihot esculenta*). Almidones, 431-441.
- Biliaderis, C.G. (1998). Structures and phase transitions of starch polymers. In: Walter RH editor. Polysaccharide Association Structures in Foods. New York: Marcel Dekker.57-168.
- Carrera Carazas, L. E. (1996). Obtención y caracterización del almidón de Pijuayo (*Guilielma garipaes* H. B. K bailej) (tesis de grado.). Universidad Agraria La Molina, Lima.
- Chavéz, L., & Osuna, L. (2000). Evaluación y propuesta de optimización de la línea de almidón para la empresa productos alimenticios margarita S.A. (tesis de grado). Universidad de la Salle, Bogotá.
- Craig, S.A.S., Maningat, C.C., Seib, P.A. y Hosene, R.C. (1989). Starch Paste Clarity.
- Cui, S. (2005). Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications. Florida, US, Editorial CRC Press. 410p.
- Díaz Barrera, Y. (2015), determinación de las propiedades físicas, químicas, tecnológicas y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de *solanum tuberosum* ssp. *andigenum* (Papa Nativa) (Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial). Universidad Nacional José María Arguedas.
- Eliasson, A. (2004). Starch in food: Structure, function and applications. First Edition. Editorial Cambridge: Woodhead Published. England. 597p.
- Espinoza, V. (2008). Estudios Estructurales de almidón de fuentes no convencionales: Mango (*Mangifera indica* L.) y plátano (*Musa paradisiaca* L.). Tesis para optar el grado de maestría en Ciencia en Desarrollo de Productos Bióticos. Centro de Desarrollo de Productos bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, México.
- Fennema, O. (1980). Química de los alimentos. Zaragoza. España: Acribia, S.A
- Foraquita, V. (2003): "Obtención y caracterización del almidón de papa amarga (*Solanum juzepczukii*) fresca y procesada como chuño blanco". Tesis. para

- optar el título de ingeniero Químico. Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú.
- Fries, A; Tapia, M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. Lima, PE, FAO. 209p.
- Gómez, R; Roca, W; Ordinola, M; Manrique, K. (2008). Papas nativas del Perú: catálogo de variedades y usos gastronómicos. Lima, PE, MINAGRI. 117p.
- Gonzales, G. (2002). Extracción y caracterización del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) y su resistencia a tratamientos tecnológicos. Mg. Sc. Lima, PE, UNALM. 85p.
- Graziano, T., Machado de Campos, D., & Figueiredo Ribeiro, R. (1992.). Caracterización de almidones de (*Xanthosoma sagittifolium* L. y *Schott Araceae*) de sistemas subterráneos durante el desarrollo de la planta. . Asociación de fisiología y bioquímica de plantas, instituto de botánica.
- Guan, J., y Hanna, A. (2004). Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. *Biomacromolecules*, 5, 2329-2339.
- Hoover, R., Sailaja, Y., y Sosulki, F. (1996). Characterization of starches from wild and long grain brown rice. *Food Research International*, 99-107.
- Hwang, J., y Kokini, I. (1992). Contribución de las ramas laterales para las propiedades reológicas de las pectinas. *Carbohidratos y Polimeros.*, 41-50.
- Imeson, A. (2010). *Food Stabilizers, Thickeners and Gelling Agents*. First Edition. Editorial Blackwell publishing Ltd. USA. 352p.
- Jeanette, R; Croguennec, T; Schuck, P; Brulé, G. (2010). *Ciencia de los alimentos: bioquímica y microbiología*. Zaragoza, ES, Editorial Acribia, vol. 1, 691p.
- Knutzon, C. A.; Grove, M. J. Rapid method for estimation of amylose in maize starches. *Cereal Chemistry*, v. 71, n. 5, p. 469, (1994).
- Lajolo, F; Wenzel, E. (2006). *Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos*. Sao Paulo, BR, Editorial de la Universidad de Sao Paulo. 651p.
- Lawal, S., Lapasin, R., Bellich, B., Olayiwola, T., Cesaro, A., Yoshimura, M., et al. (2011). Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. *Food Hydrocolloids*, 1785-1792.

- Lindeboom, N., Chang, P., & Tyler, R. (2004). Aspectos analíticos, bioquímicos y fisicoquímicos de tamaño de los granulos de almidon, con énfasis en los pequeños almidones granulares. *Almidon*, 89-99.
- López, O; Zaritzky, N; y García, M. (2010). Physicochemical characterization of chemically modified corn starches related to rheological behavior, retrogradation and film forming capacity. *Journal of Food Engineering* 100(1):160-168.
- Mac Masters, M. M., (1964). Microscopic techniques for determining starch granule properties. Whistler, L. R.; Smith, J. R.; BeMiller, N. J. (Ed.). In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. London: Academic Press. p. 233-240.
- Madrid, A; Esteire, E; Cenzano, I.( 2013). *Ciencia y tecnología de los alimentos*. Madrid, ES, Ediciones AMV. 870p.
- Madruga, M; De Albuquerque, M; Silva, I; Do Amaral, D; Magnani, M; Neto, V. (2014). Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. *Food Chemistry* 143:440-445.
- Martínez, P; Málaga, A; Betalleluz, I; Ibarz, A; Velezmoro, C. (2015). Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria* 6(4):291-301.
- Melian, D. (2010). Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chile y dos variedades comerciales. Tesis Lic. Valdivia, CL, Universidad Austral de Chile. 72p.
- MINAGRI. (2015). Industrialización de la papa (en línea). Lima, PE. Consultado 5 may. 2005. Disponible en <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/25-sector-agrario/papa/214-industrializacion>.
- Montalvo. A.(1984). *Cultivo y Mejoramiento de la papa*.
- Montañez. (2014). Caracterización biológica tubérculos de papas nativas (*Solanum spp*) almacenados en luz difusa y oscuridad. Tesis Ing. Lima, PE, UNALM. 86p.
- Morrison, W. R.; Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other Starches. *Journal of Cereal Science*. 1:19-35.

- Newport Scientific. (1998). Applications manual for the Rapid Visco TM Analyzer. Warriewood NSW, Australia: Newport Scientific Pty. Ltd.
- Novelo, C., y Betancur, A. (2005). Chemical and functional properties of Phaseolus lunatus and Manihot esculenta starch blends. *Starch/Stärke*, 57(9):431-441.
- Pacheco, E. y Techeira, N. (2009). Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*Dioscorea alata*). *Interciencia* 34(4):280-285.
- Peña Carrasco, E. (2017), Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de llave (Puno) (Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Perera, C; Hoover, R. (1999). Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chemistry* 64(3):361-375. *Polym.* 43: 223–239.
- Quilca Burga, N. E. (2007). Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar su usos futuros. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Ratnayake, W., Hoover, R., y Warkentin, T. (2002). Pea starch: composition, structure and properties – a review. *Starch/Stärk*, 54: 217-234.
- Reyes, P. (2007). Aislado y caracterización físico química del almidón de kiwicha.
- Robles Oñate, M. D., (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de galatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. Universidad Austral de Chile, Chile.
- Romero Bernal, Á. R., & Garnica Holguin, A. M. (2009). Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Universidad de la Salle, Bogotá.
- Ruales, J., Valencias, S., y Nair, B. (1993). Effect of processing on the physico-chemical characteristics of quinoa flour (*Chenopodium quinoa*, Willd.). *Starch/Stärke*, 45:13-19.

- Sandhu, K., y Singh, N. (2007). Some properties of corn starches II: physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. . Food Chemistry, 101, 1499-1507.
- Sathe, S. K.; Salunkhe, D. K., (1981). Isolation, partial characterization and modification of the Great North bean (*Phaseolus vulgaris*) starch. Journal of Food Science, v. 46, n. 4, p. 617-621..
- Schirmer, M; Jekle, M; Becker, T. (2015). Starch gelatinization and its complexity for analysis. Starch-Stärke 67(1-2):30-41.
- Schoch, J. T., (1964). Swelling power and solubility of granular starches. In: Whistler, L. R.; Smith, J. R.; BeMiller, N. J. (Eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. London: Academic Press, p. 106-113.
- Singh, J; Kaur, L. (2009). Advances in potato chemistry and technology. Burlington, US, Editorial Academic Press. 508 p.
- Singh, N., Kaur, L., Sandhu, K., Kaur, J., y Nishinari, K. (2006). Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. Food Hydrocolloids, 20, 532-542.
- Singh, N., Sandhu, K., y Kaur, M. (2004). Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. J Food Eng, 63(4): 441-449.
- Sodhi, N; Singh, N. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. Food Chemistry 80(1):99-108.
- Soriano Colchado, J. L. (1986). Obtención y caracterización de almidón pre gelatinizado a partir de almidón de yuca (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Spooner DM, Mclean K, Ramsay G, Waugh R, Bryan GJ. (2005). A single domestication for potato based on multilocus AFLP genotyping. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 120:14 694–14 699.
- Srichuwong, S; Sunarti, T; Mishima, T; Isono, N; Hisamatsu, M. (2005). Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. Carbohydrate Polymers 62(1):25-34.


- Tester, R; Karkalas, J; y Qi, X. (2004). Starch composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2):151-165.
- Thomas, H. D.; Atwell, W. A. Starches. Practical guides for the food industry. American Association of Cereal Chemist. St. Paul Minnesota, USA: Egan Press, (1999). p. 1-87.
- Thompson, D.B. (2000). On the non-random nature of amylopectin branching. *Carbohydr*
- Torruco, J; y Betancur, D. (2007). Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. *Food Chemistry* 101(4):1319-1326.
- Utrilla Coello, R. G. (2007). Caracterización fisicoquímica, morfológica y bioquímica de los gránulos de almidón de maíz azul. Intituto Politécnico Nacional, Yautepec.
- Vaclavick, V. (2002). Fundamentos de ciencia de los alimentos. Zaragoza, ES, Editorial Acribia. 485p.
- Vandeputte, G.E. y J.A., (2004). Delcour; From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch, *Carboh. Polym.*: 58(3), 245–266..
- Vargas Nina, G. (2015), Síntesis y caracterización de un almidón modificado de papa (*Solanum tuberosum*), (Var. Única) Para su aplicación en un helado *soft* (Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias), Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Villacrés, E. y Espin, S., (1999). Evaluación del rendimiento, características y propiedades del almidón de algunas raíces y tubérculos andinos. Quito – Ecuador. 29.
- Wang, L., Xie, B., Shi, J., Xue, S., Deng, Q., Wei, Y., et al. (2010). Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 24, 215.
- Waterschoot, J; Gomand, S; Fierens, E; Delcour, J. (2015). Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch-Stärke* 67(1-2):14-29.
- Wickramasinghe, H., y Noda, T. (2008). Physicochemical properties of starches from Sri Lankan rice varieties. *Food Sci Technol Res*, 14: 49-54.



- Yu, Long. Dean, Katherine y Li, Lin. (2006). Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in polymer science*, 31, 576-602.
- Zarate-Polanco, L; Ramírez-Suárez, L; Otárola, N; Prieto, L; Garnica, A; Cerón, M. (2014). Extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.
- Zhang, B; Zhao, Y; Li, X; Zhang, P; Li, L; Xie, F; Chen, L. (2014). Effects of amylose and phosphate monoester on aggregation structures of heat-moisture treated potato starches. *Carbohydrate Polymers* 103:228-233.
- Zobel, H. (1988). Molecules to granules: A comprehensive starch review. *Starch/Staerke*, 40, 44-50.
- Spooner, D., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R., y Bryan, G. (2005). Una única domesticación para la papa basada en el genotipado de polimorfismo de longitud de fragmento multilocus amplificado. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, 102 (41), 14694-14699.

# **ANEXOS**


**NEXO 1. DOCUMENTO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE URIPA, SOLICITANDO LA REPATRIACION DE PAPAS NATIVAS DEL CIP.**



*Comunidad Campesina de Uripa*

CREADA POR R. S. N° 104 EL 25/08/1943

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"



**SOLICITO: REPATRIACIÓN DE PAPAS NATIVAS A LA COMUNIDAD CAMPESINA DE URIPA.**

**SEÑOR (a):**  
**Dr. DAVID ELLIS**  
**Líder de Conservación de la Biodiversidad para el Futuro-CIP**

Yo, **JUAN ALCARRAZ CÁCERES, Presidente de la Comunidad Campesina de URIPA**, Identificado con DNI N° **31474806**, Teléfono/Celular: **983 736360 - 987 786640**, domiciliado en la Comunidad Campesina de **URIPA**, Distrito de **ANCO HUALLO**, Provincia de **CHINCHEROS**, Departamento de **APURÍMAC**, me presento y expongo lo siguiente:

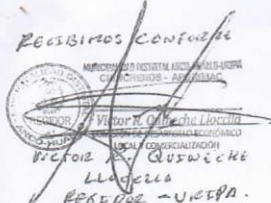
Que, por motivos de conservar nuestra biodiversidad nativa de Papas Nativas In Situ y teniendo de conocimiento que el Centro Internacional de Papa realiza la repatriación de cultivares de Papas Nativas, solicitamos la Repatriación de Papas Nativas a nuestra Comunidad Campesina de Uripa, porque a la actualidad muchos de los cultivares de Papas Nativas en nuestra comunidad se están desapareando por enfermedades, plagas y cambios climáticos que se vienen suscitando en nuestra localidad, asimismo hacemos el compromiso de cultivar y distribuir las semillas a los productores de nuestra comunidad.

Por lo expuesto, ruego a usted se sirva atender mi solicitud al considerarla procedente para la Conservación de nuestra biodiversidad nativa.


Uripa, 18 de Noviembre del 2015

Atentamente;


*Recibidos Confirme*








**Victor R. Quispeche**  
 LIDER  
 RES 5002 - URIPA.



**Nombres y Apellidos: JUAN ALCARRAZ CÁCERES**  
**DNI: 31474806**  
**Teléfono/Celular: 983 736360 - 987 786640**  
**Presidente de la Comunidad Campesina Uripa**



**Hermes Cabrera Laura**  
 DNI N° 31483192  
 SECRETARIO

*Recibi confirmadas 50 cultivares de papas nativas c/u con N° folio - los 10.*

*18/11/15*

**ANEXO 2. DOCUMENTO DEL CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA DE  
REPATRIACION DE 50 CULTIVARES DE LAS PAPAS NATIVAS EN LA  
COMUNIDAD CAMPESINA DE URIPA.**

Repatriación de 50 Cultivares de Papas Nativas de la Región Apurímac a la  
Comunidad Campesina de Uripa -Anco Huallo-Chincheros - Apurímac,  
desde el Banco de Germoplasma del Centro Internacional de la Papa (CIP),  
La Molina 19 de Noviembre de 2015



Orden Repatriación 2015	Numero CIP	Almacén CIP 2015	Nombre del Cultivar	Nro. Tubérculo-Semilla
1	705543	2	Yana Warmi	10
2	705536	5	Duraznillo	10
3	702407	7	Yana Lenle	10
4	703978	32	Q'ello Choqllu	10
5	704015	49	Wamanpa Uman	10
6	705548	91	Yuraq Q'ompis	10
7	704624	106	Puka Newi	10
8	704627	126	Yana Chijpao Warmi	10
9	703953	137	Yana Maway	10
10	700613	189	Huachuco	10
11	707135	182	Duraznillo	10
12	705545	201	Wayru	10
13	705552	205	Yura Qompas	10
14	703446	207	Yuraq Choqlo	10
15	705574	208	Gasper	10
16	702754	271	Alicca Malico	10
17	704580	283	Duraznillo	10
18	703968	326	O'le Charka	10
19	704589	338	Imilla	10
20	700178	370	Salamanka o Yana Imilla	10
21	704016	382	Blanca	10
22	703731	386	Hueca Acsho	10
23	702903	390	Puka Mama	10
24	707303	391	Puka Papa	10
25	703988	407	K'anchillo	10
26	700863	425	Q'ello Waqoto o Llangapoga Obrera	10
27	704503	431	Q'ala P'utis	10
28	703976	433	Q'ayma Marcela	10
29	701627	458	Cheke Puro	10
30	703687	463	Mano Pacca	10
31	704363	473	Cheqlla Murwa	10
32	704570	487	Amahaya	10
33	703974	489	Q'ayma Marcela	10
34	706724	499	Puka Aliqu	10
35	703971	501	Muru Niño	10
36	703977	503	Yana Risco	10
37	703980	516	Wallapi Toro	10
38	705540	521	Wichi Papa	10
39	704508	522	Wakapa Q'allum	10
40	704628	533	Mano Pakaq	10
41	703775	538	Huaicu	10
42	704161	547	Luqui Morada	10
43	704717	548	Merideña Pintada	10
44	705377	549	Mexicana	10
45	707344	556	Puka Colla	10
46	704685	566	Puka Wankucho	10
47	702013	578	Chasca Suito	10
48	703989	595	Yuraq Ch'eqchi	10
49	703289	596	Puka Piña	10

**RESULTADO DEL RENDIMIENTO DE ALMIDON DE LOS CINCO CLONES NATIVOS.**

ANEXO 3.

***Rendimiento de almidón en clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela y Huachuco***

CODIGO CIP	CLONES NATIVOS	Rendimiento (%)
700613	Huachuco	15,83
	Huachuco	13,52
	Huachuco	15,06
705536	Durasnillo	19,84
	Durasnillo	15,58
	Durasnillo	16,54
704363	Cheqlla Murwa	6,98
	Cheqlla Murwa	9,20
	Cheqlla Murwa	7,24
704161	Luqui Morada	12,26
	Luqui Morada	12,15
	Luqui Morada	8,22
703976	Qayma Marcela	11,73
	Qayma Marcela	8,03
	Qayma Marcela	12,20

ANEXO 4.

Análisis de Varianza para rendimiento de almidón en clones nativos Cheqlla Murwa, Durasnillo, Luqui Morada, Qayma Marcela Y Huachuco..

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	169,14	4	42,29	11,50	0,0009
Variedad	169,14	4	42,29	11,50	0,0009
Error	36,77	10	3,68		
Total	205,91	14			

**RESULTADO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN DE LAS CINCO  
VARIETADES DE LAS PAPA NATIVA.**

ANEXO 5.

**TAMAÑO DE ALMIDON DE LOS CINCO CLONES NATIVOS.**

**Tablas de frecuencias de variedad de Cheqlla Murwa.**

Variable Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Cheqlla Murwa	1	[6,00	14,57]	10,29	8 0,04
Cheqlla Murwa	2	( 14,57	23,14]	18,86	42 0,24
Cheqlla Murwa	3	( 23,14	31,71]	27,43	46 0,26
Cheqlla Murwa	4	( 31,71	40,29]	36,00	41 0,23
Cheqlla Murwa	5	( 40,29	48,86]	44,57	26 0,15
Cheqlla Murwa	6	( 48,86	57,43]	53,14	10 0,06
Cheqlla Murwa	7	( 57,43	66,00]	61,71	5 0,03

ANEXO 6.

**Tablas de frecuencias de variedad de Durasnillo**

Variable Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Durasnillo	1	[7,00	16,00]	11,50	77 0,45
Durasnillo	2	( 16,00	25,00]	20,50	44 0,26
Durasnillo	3	( 25,00	34,00]	29,50	29 0,17
Durasnillo	4	( 34,00	43,00]	38,50	9 0,05
Durasnillo	5	( 43,00	52,00]	47,50	8 0,05
Durasnillo	6	( 52,00	61,00]	56,50	1 0,01
Durasnillo	7	( 61,00	70,00]	65,50	3 0,02

ANEXO 7.

**Tablas de frecuencias de variedad de Huachuco**

Variable Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Huachuco	1	[9,00	20,86]	14,93	25 0,14
Huachuco	2	( 20,86	32,71]	26,79	17 0,10
Huachuco	3	( 32,71	44,57]	38,64	39 0,22
Huachuco	4	( 44,57	56,43]	50,50	37 0,21
Huachuco	5	( 56,43	68,29]	62,36	28 0,16
Huachuco	6	( 68,29	80,14]	74,21	23 0,13
Huachuco	7	( 80,14	92,00]	86,07	7 0,04

ANEXO 8.

**Tablas de frecuencias de variedad de Luqui Morada.**

Variable Clase	LI LS MC	FA	FR
Luqui Morada	1 [5,00 11,57]	8,29	18 0,10
Luqui Morada	2 ( 11,57 18,14]	14,86	58 0,32
Luqui Morada	3 ( 18,14 24,71]	21,43	56 0,30
Luqui Morada	4 ( 24,71 31,29]	28,00	28 0,15
Luqui Morada	5 ( 31,29 37,86]	34,57	16 0,09
Luqui Morada	6 ( 37,86 44,43]	41,14	70,04
Luqui Morada	7 ( 44,43 51,00]	47,71	10,01

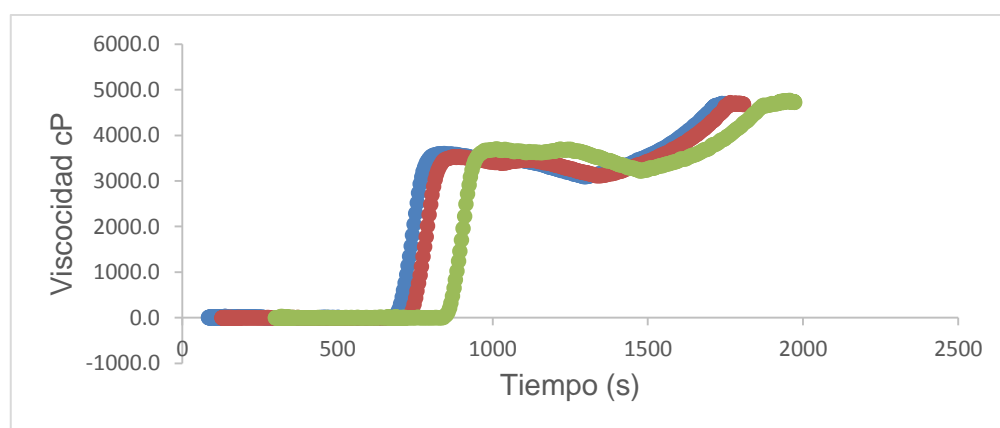
ANEXO 9.

**Tablas de frecuencias de variedad de Qayma Marcela.**

Variable Clase	LI LS MC	FA	FR
Qayma Marcela	1 [7,00 10,43]	8,71	15 0,08
Qayma Marcela	2 ( 10,43 13,86]	12,14	22 0,12
Qayma Marcela	3 ( 13,86 17,29]	15,57	57 0,30
Qayma Marcela	4 ( 17,29 20,71]	19,00	42 0,22
Qayma Marcela	5 ( 20,71 24,14]	22,43	27 0,14
Qayma Marcela	6 ( 24,14 27,57]	25,86	15 0,08
Qayma Marcela	7 ( 27,57 31,00]	29,29	9 0,05

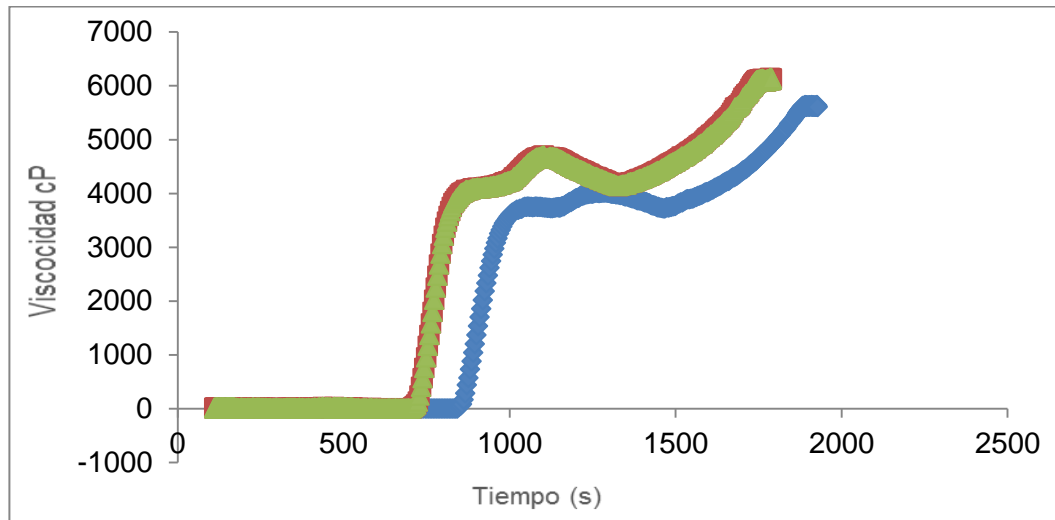
ANEXO 10.

**Variación de viscosidad del almidón de la variedad Qayma Marcela**



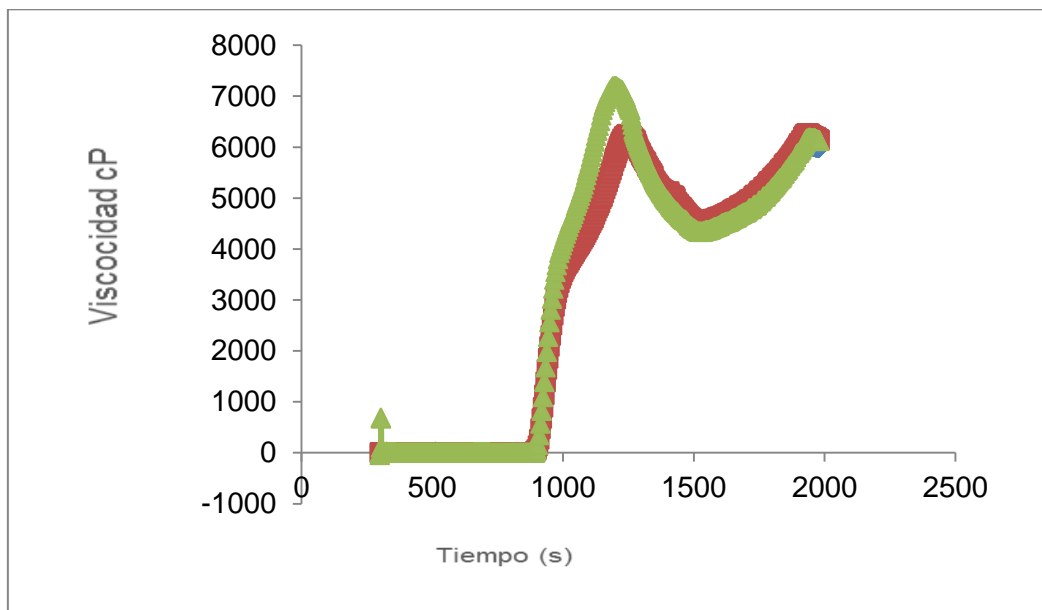
ANEXO 11.

**Variación de viscosidad del almidón de la variedad Durasnillo**



ANEXO 12.

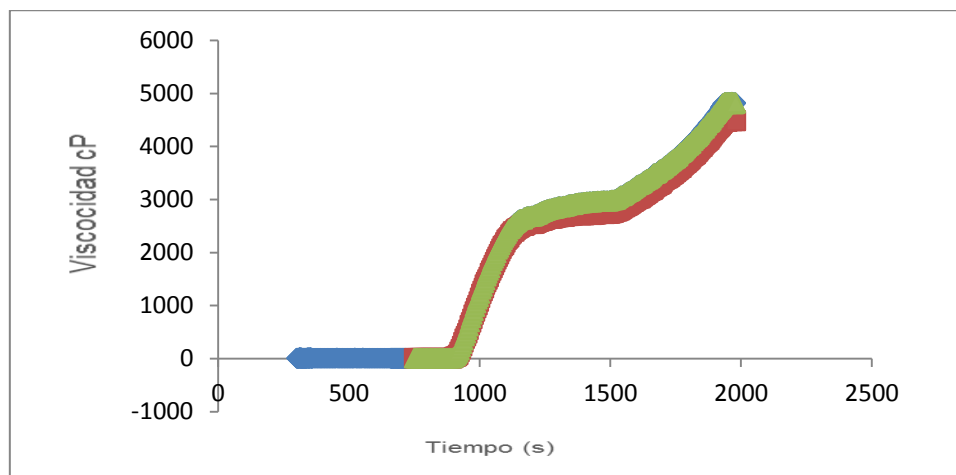
**Variación de viscosidad del almidón de la variedad Huachuco**





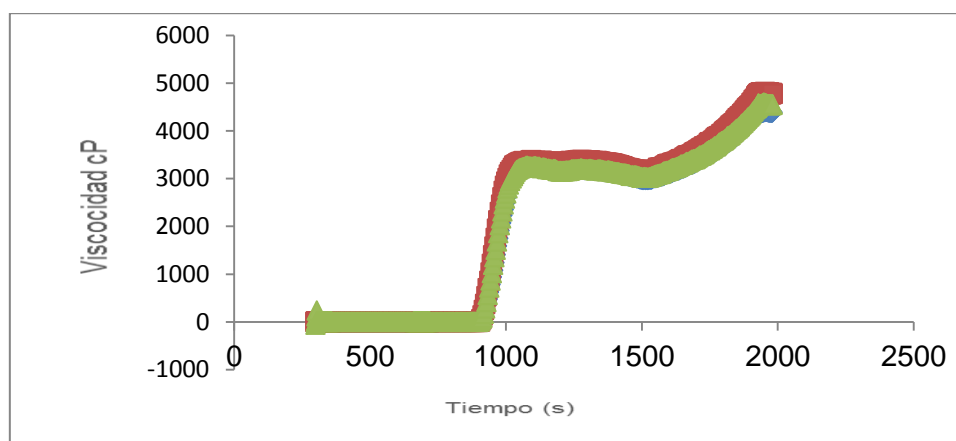
ANEXO 13.

**Variación de viscosidad del almidón de la variedad Cheqla Murwa**



ANEXO 14.

**Variación de viscosidad del almidón de la variedad Luqui Morada**



ANEXO 15.

**TABLA ANOVA TAMAÑO DE ALMIDON DE LOS CINCO CLONES NATIVOS**

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	98329,4	4	24582,3	155,21	0,0000
Intra grupos	141121,	891	158,385		
Total (Corrida)	239451,	895			

## ANEXO 16.

**Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95,0%**

	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
Cheqlla Murwa	178	31,5281	0,943295	30,2208	32,8354
Durasnillo	171	21,0643	0,962408	19,7305	22,3981
Huachuco	176	46,5682	0,948639	45,2535	47,8829
Luqui Morada	184	21,3098	0,927788	20,024	22,5956
Qayma Marcela	187	17,877	0,920315	16,6015	19,1525
Total	896	27,5379			

## ANEXO 17.

**Tabla de contraste, significancia, diferencia y límites**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cheqlla Murwa- Durasnillo	*	10,4638	3,68315
Cheqlla Murwa - Huachuco	*	-15,0401	3,65637
Cheqlla Murwa – Luqui Morada	*	10,2183	3,61618
Cheqlla – Qayma marcela	*	13,6511	3,60189
Durasnillo – Huachuco	*	-25,5039	3,69339
Durasnillo – Luqui Morada		-0,245455	3,6536
Durasnillo – Qayma Marcela		3,18732	3,63946
Huachuco – Luqui Morada	*	25,2584	3,62661
Huachuco – Qayma Marcela	*	28,6912	3,61236
Luqui Morada – Qayma Marcela		3,43278	3,57167

\* indica una diferencia significativa.

**RESULTADO DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE LAS CINCO  
VARIETADES DE PAPA NATIVA.**

ANEXO 18.

***Porcentaje de amilosa y amilopectina***

Papa nativa	AMILOSA (%)			AMILOPECTINA (%)		
Cheqlla Murwa	20,01	21,44	20,90	79,99	78,56	79,10
Durasnillo	18,23	17,21	18,40	81,77	82,79	81,60
Luqui Morada	18,82	20,19	17,10	81,18	79,81	82,90
Qayma Marcela	17,10	15,96	16,92	82,90	84,04	83,08
Huachuco	19,65	18,76	19,36	80,35	81,24	80,64

ANEXO 19.

***Análisis de varianza para amilosa***

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	28,1672	4	7,04181	8,99	0,0024
Intra grupos	7,82971	10	0,782971		
Total (Corridas)	35,9969	14			

ANEXO 20.

***Análisis de varianza para amilopectina***

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	28,1672	4	7,04181	8,99	0,0024
Intra grupos	7,82971	10	0,782971		
Total (Corridas.)	35,9969	14			

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

ANEXO 21.

***Análisis de varianza para claridad por variedad***

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	413,049	4	103,262	122,25	0,0000
Intra grupos	8,44667	10	0,844667		
Total (Corridas)	421,496	14			

ANEXO 22.

***Diferencia significativa para claridad por variedad de almidón por variedad de clon nativo***

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Qayma Marcela - Cheqlla Murwa	*	-14,6333
Qayma Marcela – Durasnillo	*	-5,2
Qayma Marcela – Huachuco	*	-9,23333
Qayma Marcela - Luqui Morada	*	-1,96667
Cheqlla Murwa – Durasnillo	*	9,43333
Cheqlla Murwa – Huachuco	*	5,4
Cheqlla Murwa - Luqui Morada	*	12,6667
Durasnillo – Huachuco	*	-4,03333
Durasnillo - Luqui Morada	*	3,23333
Huachuco - Luqui Morada	*	7,26667

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 23.

**Resumen estadístico para poder de hinchamiento de clones nativos**

<i>Variedad</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente Variación</i>	<i>de Mínimo</i>
Cheqlla Murwa	4	25,6367	1,68889	6,58776%	23,53
Durasnillo	4	26,9875	1,15106	4,26515%	25,775
Huachuco	4	25,0828	1,36206	5,43028%	23,72
Luqui Morada	4	27,4733	0,678534	2,4698%	26,837
Qayma	4	21,6917	0,684585	3,15597%	20,839
Marcela					
Total	20	25,3744	2,33708	9,21039%	20,839

## ANEXO 24.

**ANOVA para poder de hinchamiento de clones nativos**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	82,8922		4	20,7231	14,88	0,0000
Intra grupos	20,8847		15	1,39231		
Total	103,777		19			

(Corridas)

## ANEXO 25.

**Medias para poder de hinchamiento por variedad con intervalos de confianza del 95,0%**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>		
			<i>(agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
Cheqlla Murwa	4	25,6367	0,589981	24,7476	26,5259
Durasnillo	4	26,9875	0,589981	26,0983	27,8767
Huachuco	4	25,0828	0,589981	24,1936	25,9719
Luqui Morada	4	27,4733	0,589981	26,5841	28,3624
Qayma Marcela	4	21,6917	0,589981	20,8026	22,5809
Total	20	25,3744			

## ANEXO 26.

**Diferencia significativa para poder de hinchamiento por variedad de almidón por variedad de clon nativo**

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
Cheqlla Murwa / Durasnillo	1,68889	1,15106	2,15282	0,5450
Cheqlla Murwa / Huachuco	1,68889	1,36206	1,53747	0,7323
Cheqlla Murwa / Luqui Morada	1,68889	0,678534	6,19525	0,1684
Cheqlla Murwa / Qayma Marcela	1,68889	0,684585	6,08621	0,1722
Durasnillo / Huachuco	1,15106	1,36206	0,714167	0,7887
Durasnillo / Luqui Morada	1,15106	0,678534	2,87774	0,4085
Durasnillo / Qayma Marcela	1,15106	0,684585	2,82709	0,4161
Huachuco / Luqui Morada	1,36206	0,678534	4,0295	0,2824
Huachuco / Qayma Marcela	1,36206	0,684585	3,95858	0,2882
Luqui Morada / Qayma Marcela	0,678534	0,684585	0,982399	0,9887

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 27.

**Diferencia significativa para poder de hinchamiento**

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia +/-</i>	<i>Límites</i>
Cheqlla Murwa - Durasnillo		-1,35075	2,58559
Cheqlla Murwa - Huachuco		0,554	2,58559
Cheqlla Murwa - Luqui Morada		-1,8365	2,58559
Cheqlla Murwa - Qayma Marcela	*	3,945	2,58559
Durasnillo - Huachuco		1,90475	2,58559
Durasnillo - Luqui Morada		-0,48575	2,58559
Durasnillo - Qayma Marcela	*	5,29575	2,58559
Huachuco - Luqui Morada		-2,3905	2,58559
Huachuco - Qayma Marcela	*	3,391	2,58559
Luqui Morada - Qayma Marcela	*	5,7815	2,58559

\* indica una diferencia significativa.

ANEXO 28.

**ANOVA para índice solubilidad de almidón por clones nativos**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,8	4	0,2	1,00	0,4380
Intra grupos	3,0	15	0,2		
Total (Corr.)	3,8	19			

ANEXO 29.

**Medias para índice solubilidad de almidón por clones nativos con intervalos de confianza del 95,0%.**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
Cheqlla Murwa	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Durasnillo	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Huachucho	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Luqui Morada	4	5,0	0,223607	4,66299	5,33701
Qayma Marcela	4	4,5	0,223607	4,16299	4,83701
Total	20	4,9			

ANEXO 30.

**Pruebas de múltiple rangos para índice solubilidad de almidón por clones nativos de 95,0 porcentaje TUKEY HSD**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Qayma Marcela	4	4,5	a
Huachucho	4	5,0	a
Luqui Morada	4	5,0	a
Durasnillo	4	5,0	a
Cheqlla Murwa	4	5,0	a

## ANEXO 31.

**Diferencia significativa para índice solubilidad por variedad de almidón por de clon nativo**

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia +/- Límites</i>
Cheqlla Murwa - Durasnillo	0	0,979956
Cheqlla Murwa - Huachuco	0	0,979956
Cheqlla Murwa – Luqui Morada	0	0,979956
Cheqlla Murwa – Qayma Marcela	0,5	0,979956
Durasnillo - Huachuco	0	0,979956
Durasnillo - Luqui Morada	0	0,979956
Durasnillo - Qayma Marcela	0,5	0,979956
Huachuco - Luqui Morada	0	0,979956
Huachuco - Qayma Marcela	0,5	0,979956
Luqui Morada - Qayma Marcela	0,5	0,979956

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 32.

**ANOVA para capacidad de absorción de agua por variedad**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	93,0046	4	23,2512	15,25	0,0000
Intra grupos	22,8626	15	1,52417		
Total (Corridas.)	115,867	19			

## ANEXO 33.

**Medias para capacidad de absorción de agua por variedad con intervalos de confianza del 95,0%**

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	<i>Límite</i>	
				<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
Cheqlla Murwa	4	26,3025	0,617286	25,3721	27,2329
Durasnillo	4	27,7425	0,617286	26,8121	28,6729
Huachuco	4	25,75	0,617286	24,8196	26,6804
Luqui Morada	4	28,265	0,617286	27,3346	29,1954
Qayma Marcela	4	22,135	0,617286	21,2046	23,0654
Total	20	26,039			



ANEXO 34.

**Diferencia significativa para capacidad de absorción de agua por variedad de almidón por clon nativo**

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cheqlla Murwa – Durasnillo		-1,44	2,70526
Cheqlla Murwa – Huachuco		0,5525	2,70526
Cheqlla Murwa - Luqui Morada		-1,9625	2,70526
Cheqlla Murwa - Qayma Marcela	*	4,1675	2,70526
Durasnillo – Huachuco		1,9925	2,70526
Durasnillo - Luqui Morada		-0,5225	2,70526
Durasnillo - Qayma Marcela	*	5,6075	2,70526
Huachuco - Luqui Morada		-2,515	2,70526
Huachuco - Qayma Marcela	*	3,615	2,70526
Luqui Morada - Qayma Marcela	*	6,13	2,70526

\* indica una diferencia significativa.

ANEXO 35.

**Viscosidad del almidón de cinco clones nativos de papa**

	Qayma			Cheqlla	Luqui
Repeticiones	Marcela	Durasnillo	Huachuco	Murwa	Morada
1	3589,84277	3667,69263	5397,80664	2747,61206	3254,39233
2	3525,93091	4052,81104	6170,07178	2591,39136	3355,72876
3	3675,45825	1059,75696	6246,62744	2961,17603	3250,86963

ANEXO 36.

**ANOVA de viscosidad del almidon de cinco clones nativos de papa**

Fuente	Suma	de Gl	Cuadrado	Razón-F	Valor-P
	Cuadrados		Medio		
<i>Entre grupos</i>	1,99783E7	4	4,99457E6	8,57	0,0029
<i>Intra grupos</i>	5,83086E6	10	583086,		
<i>Total (Corrida)</i>	2,58091E7	14			

ANEXO 37.

**Diferencia significativa para de viscosidad por variedad de almidón por clon nativo**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M1 - M2		670,324	2052,09
M1 - M3	*	-2341,09	2052,09
M1 - M4		830,351	2052,09
M1 - M5		310,08	2052,09
M2 - M3	*	-3011,42	2052,09
M2 - M4		160,027	2052,09
M2 - M5		-360,243	2052,09
M3 - M4	*	3171,44	2052,09
M3 - M5	*	2651,17	2052,09
M4 - M5		-520,27	2052,09

\* indica una diferencia significativa.

- M1 Qayma Marcela.

t en s	T en C	Eta en Cp
824.942993	75.009117	3589.84277
887.799011	76.858452	3525.93091
1050.34802	75.945518	3675.45825

- M2 Durasnillo

t en s	T en C	Eta en cP
1017.18402	77.705742	3667.69263
874.619995	77.260399	4052.81104
1059.75696	77.705742	1059.75696

- M3 Huachuco

t en s	T en C	Eta en cP
1171.48303	87.105461	5397.80664
1270.37903	89.827934	6170.07178
1276.42297	89.850121	6246.62744

- M4 Cheqlla Murwa

t en s	T en C	Eta en cP
1231.13794	89.903465	2747.61206
1233.97302	89.960381	2591.39136
1446.28699	89.721367	2961.17603

- M5 Luqui Morada

t en s	T en C	Eta en cP
1093.75098	79.859062	3254.39233
1079.35303	78.49102	3355.72876
1084.18701	78.931053	3250.86963

ANEXO 38.

***Efecto de la velocidad de cizalla en la viscosidad del almidón de los clones nativos***

RPM	Cheqlla Murwa	Durasnillo	Luqui Morada	Qayma Marcela	Huachuco
100	2699.4	3051	5877	1771	1771
60	3285.7	3823	7335	2149	2149
50	3468.9	4218	7765	2291	2291
30	4381.5	5566	10493	2965	2965
20	5246.1	6958	13265	3532	3532
12	6905.3	9133	18199	4579	4579
10	7545.2	10067	20369	4933	4933
6	9917.3	13256	28022	6423	6423
5	11102	14909	31937	7479	7479
4	12753	16999	36601	9410	9410
3	15373	20324	43828	11222	11222
2.5	17634	22627	48874	12811	12811
2	20112	25973	55967	14894	14894
1.5	25236	30934	65301	18413	18413
1	31713	40172	85100	24621	24621

## ANEXO 39.

**Efecto de la velocidad de cizalla en la viscosidad del almidón de la variedad  
Cheqlla Murwa**

M1 Cheqlla Murwa			
RPM	Viscosidad (Cp)	% Torque	temp (°C)
100	2699	6.7	25
60	3286	4	25
50	3469	4.3	25
30	4382	3.3	25
20	5246	2.6	25
12	6905	2.1	25
10	7545	1.9	25
6	9917	1.5	25
5	11102	1.4	25
4	12753	1.3	25
3	15373	1.2	25
2.5	17634	1.1	25
2	20112	1	25
1.5	25236	0.9	25
1	31713	0.8	25

## ANEXO 40.

**Efecto de la velocidad de cizalla en la viscosidad del almidón de la variedad  
Durasnillo**

M2 Durasnillo			
RPM	Viscosidad (Cp)	% Torque	T°C
100	<b>3051</b>	7.6	25
60	<b>3823</b>	5.7	25
50	<b>4218</b>	5.3	25
30	<b>5566</b>	4.2	25
20	<b>6958</b>	3.5	25
12	<b>9133</b>	2.7	25
10	<b>10067</b>	2.5	25
6	<b>13256</b>	2	25
5	<b>14909</b>	1.9	25
4	<b>16999</b>	1.7	25
3	<b>20324</b>	1.5	25
2.5	<b>22627</b>	1.4	25
2	<b>25973</b>	1.3	25
1.5	<b>30934</b>	1.2	25
1	<b>40172</b>	1	25

## ANEXO 41.

**Efecto de la velocidad de cizalla en la viscosidad del almidón de la variedad Luqui Morada**

M3 Luqui Morada			
RPM	Viscosidad (Cp)	% Torque	T°C
100	<b>5877</b>	14.7	25
60	<b>7335</b>	11	25
50	<b>7765</b>	9.7	25
30	<b>10493</b>	7.9	25
20	<b>13265</b>	6.6	25
12	<b>18199</b>	5.5	25
10	<b>20369</b>	5.1	25
6	<b>28022</b>	4.2	25
5	<b>31937</b>	4	25
4	<b>36601</b>	3.7	25
3	<b>43828</b>	3.3	25
2.5	<b>48874</b>	3.1	25
2	<b>55967</b>	2.8	25
1.5	<b>65301</b>	2.4	25
1	<b>85100</b>	2.1	25

## ANEXO 42.

**Efecto de la velocidad de cizalla en la viscosidad del almidón de la variedad Qayma Marcela**

M4 Qayma Marcela			
RPM	Viscosidad (Cp)	% Torque	T°C
100	<b>1771</b>	4.4	25
60	<b>2149</b>	3.2	25
50	<b>2291</b>	2.9	25
30	<b>2965</b>	2.2	25
20	<b>3532</b>	1.8	25
12	<b>4579</b>	1.4	25
10	<b>4933</b>	1.2	25
6	<b>6423</b>	1	25
5	<b>7479</b>	0.9	25
4	<b>9410</b>	0.9	25
3	<b>11222</b>	0.8	25
2.5	<b>12811</b>	0.8	25
2	<b>14894</b>	0.7	25
1.5	<b>18413</b>	0.7	25
1	<b>24621</b>	0.6	25

ANEXO 43.

***Efecto de la velocidad de cizalla en la viscosidad del almidón de la variedad  
Huachuco***

5 Huachuco			
RPM	Viscosidad (Cp)	% Torque	T°C
100	<b>1235</b>	3.1	25
60	<b>1401</b>	2.1	25
50	<b>1436</b>	1.8	25
30	<b>1922</b>	1.4	25
20	<b>2355</b>	1.2	25
12	<b>3463</b>	1	25
10	<b>3788</b>	0.9	25
6	<b>5263</b>	0.8	25
5	<b>6349</b>	0.8	25
2.5	<b>7545</b>	0.8	25
3	<b>9194</b>	0.7	25
2.5	<b>10488</b>	0.7	25
2	<b>12406</b>	0.6	25
1.5	<b>15181</b>	0.6	25
1	<b>19823</b>	0.5	25