

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



Presentado por:  
**Br. SOLINA CABRERA BARRIENTOS**

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL COLOR DE TRES  
VARIETADES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum tuberosum*),  
SOMETIDAS AL PROCESO DE CONGELACIÓN.**

**ASESOR:**  
**Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra**  
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**ANDAHUAYLAS - APURIMAC – PERÚ**

**2019**



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo



## FACULTAD DE INGENIERIA

### APROBACION DEL ASESOR DE TESIS

#### QUIÉN SUSCRIBE:

Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra Docente Nombrado ASESOR de tesis.

#### CERTIFICA:

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **SOLINA CABRERA BARRIENTOS** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL COLOR DE TRES VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum tuberosum*), SOMETIDAS AL PROCESO DE CONGELACIÓN". Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad José María Arguedas.

Andahuaylas, 10 de junio del 2019.

MCS. Ing. THOMAS ANCCO VIZCARRA

Asesor de Tesis

Br. SOLINA CABRERA BARRIENTOS

Tesista

Sede Administrativa Central: Jr. Constitución Nº 409 - Andahuaylas, Telefax: 083-421394  
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial: Av. 28 de Julio Nº 1103 - Talavera.  
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas: Av. Sol Naciente s/n - San Jerónimo.



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo



## FACULTAD DE INGENIERIA

### APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL COLOR DE TRES VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum tuberosum*), SOMETIDAS AL PROCESO DE CONGELACIÓN. Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

**PRESIDENTE:** MSc. Ing. DAVID CHOQUE QUISPE

**PRIMER MIEMBRO:** MSc. Ing. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ

**SEGUNDO MIEMBRO:** MSc. Ing. ROSA HUARACA APARCO

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD en la ciudad de Andahuaylas el día 24 del mes de mayo del 2019.

  
MSc. Ing. DAVID CHOQUE QUISPE  
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR

  
MSc. Ing. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ  
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR

  
MSc. Ing. ROSA HUARACA APARCO  
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR

Sede Administrativa Central: Jr. Constitución Nº 409 - Andahuaylas, Telefax: 083-421394  
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial: Av. 28 de Julio Nº 1103 - Talavera.  
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas: Av. Sol Naciente s/n - San Jerónimo.



FACULTAD DE INGENIERIA

**ACTA DE SUSTENTACION  
DE TESIS**

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 11:00 horas del día 24 de mayo del año 2019, se reunieron los docentes: MSc. David Choque Quispe, MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, Mg. Rosa Huaraca Aparco, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL COLOR DE TRES VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS (SOLANUM TUBEROSUM) SOMETIDAS AL PROCESO DE CONGELACIÓN", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **SOLINA CABRERA BARRIENTOS**, el asesor MSc. Thomas Ancco Vizcarra con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ: Aprobar** por **unanimidad** al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **SOLINA CABRERA BARRIENTOS**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
16	Dieciseis	Muy Bueno

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

.....  
MSc. David Choque Quispe  
Presidente del Jurado Evaluador

.....  
MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez  
Primer Miembro del Jurado Evaluador

.....  
Mg. Rosa Huaraca Aparco  
Segundo Miembro del Jurado Evaluador

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y tener la mejor familia del mundo.

Papá éste es el logro que quiero compartir contigo, gracias por ser mi papá y por creer en mí, quiero que sepas que ocupas un lugar muy especial.

A mi madre, del trono del señor fuiste llamado, mi corazón está contigo nunca te olvidaré, duermes tranquila, en sueños me hablas y sé que siempre estarás a mi lado, me dabas los mejores consejos.

A mis herman@s Marleny, Denys Olinda y Coper Antauro, de forma única y especial me enseñaron a batallar entre las adversidades y obstáculos de este mundo, para que más adelante tenga esa suficiente capacidad de superación.

*SOLINA CABRERA BARRIENTOS*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi eterno agradecimiento a mi asesor de tesis, Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra, por la orientación y la supervisión continúa en esta investigación, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo del proceso, de mi formación como profesional.

A la Universidad Nacional “José María Arguedas” y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber contribuido en mi formación profesional y por haberme brindado sus instalaciones para la presente tesis.

A los miembros del jurado evaluador: MSc. David Choque Quispe, MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, MSc. Rosa Huaraca Aparco, por su valiosos aportes y orientaciones en el presente trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, mi eterna gratitud quienes contribuyeron con sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación profesional.

A mi familia, compañeros de la universidad, amigos, por la comprensión, paciencia y el ánimo recibido, que de una u otra manera me motivaron a seguir adelante.

A la asociación Sumaq papa de Motoy, distrito de (Ancco-huallo) – Uripa, provincia de Chincheros, región Apurímac. Quienes con su esmero y amabilidad brindaron su valioso apoyo con la materia prima. Mil gracias por su apoyo.

A todos ellos, muchas gracias.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE ANEXOS	XI
ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y UNIDADES	XII
RESUMEN	XIV
ABSTRAC	XV
CHUMASQA	XVI
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	2
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	2
2.2. PAPA NATIVA	4
2.2.1. Principales características de las papas nativas	5
2.2.2. Descripción botánica de la papa	6
2.2.3. Variedades de papas nativas	7
2.2.3.1. Variedad de Duraznillo.	8
2.2.3.2. Variedad Qayma Marcela	8
2.2.3.3. Variedad de Luqui Morada	8
2.3. Congelación	9
2.3.1. Descripción cualitativa de la congelación de alimentos	9
2.3.2. Aspecto de interés en la congelación	11
2.3.2.1. Temperatura inicial de congelación	11
2.3.2.2. Cristalización de agua	11
2.3.2.3. Nucleación o formación de cristales de hielo.	11
2.3.2.4. Aumento del tamaño de los cristales (crecimiento)	12
2.3.3. Alteraciones en la congelación por presencia de solutos.	13
2.3.3.1. Descripción del punto inicial de congelación	14
2.3.3.2. Inhibición de cristalización y recristalización	14
2.3.3.3. Velocidades de enfriamiento y congelación	14
2.3.3.4. Cambio de la temperatura por la unidad de tiempo.	14
2.3.3.5. Tiempo necesario para atravesar cierto rango de temperatura	14
2.4. El color	14

2.4.1. Modelo color L* a* b*	15
2.4.2. Elementos de la percepción de color	17
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	19
3.2. MATERIA PRIMA	19
3.2.1. Universo y/o población	19
3.2.2. Muestra	19
3.3. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	19
3.3.1. Materiales.	19
3.3.2. Instrumentos y equipos	20
3.4. METODOLOGIA	21
3.4.1. Congelado de papa.	21
3.4.2. Determinación del color de la papa congelada seca.	22
3.5. Diseño experimental	23
3.5.1. Matriz para el diseño factorial 4x3	23
3.5.2. Modelo estadístico	24
3.5.2.1. Hipótesis	24
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
4.1. Promedio de Luminosidad (L*) según las temperaturas de congelación en papas nativas.	26
4.2. Promedio de la coordenada cromática (C* <sub>ab</sub> ) y el tono angular (H <sub>ab</sub> ) según las temperaturas de congelación en papas nativas.	29
4.3. PORCENTAJE DE AGUA CONGELADA SEGÚN LA VARIEDAD DE PAPAS NATIVAS (SOLANUM TUBEROSUM)	34
4.4. PORCENTAJE DE AGUA SIN CONGELAR SEGÚN LA VARIEDAD DE PAPAS NATIVAS (SOLANUM TUBEROSUM).	39
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS Y APÉNDICES	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resultados de los parámetros de color en papas congeladas (g componente /100 g papa.....	5
<b>Tabla 2.</b> Variedades de papas nativas, más conocidas del Perú. ....	7
<b>Tabla 3.</b> Lista de materiales a emplear en la investigación. ....	19
<b>Tabla 4.</b> Lista de Instrumentos y equipos empleados en la investigación.....	20
<b>Tabla 5.</b> Arreglo experimental para la recolección de datos experimentales. ....	23
<b>Tabla 6.</b> ANOVA para el diseño factorial $4 \times 3$ .....	25
<b>Tabla 7.</b> Promedio de Luminosidad ( $L^*$ ) según las temperaturas de congelación en papas nativas.....	26
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza para luminosidad ( $L^*$ ). ....	27
<b>Tabla 9.</b> Luminosidad ( $L^*$ ) según las temperaturas de congelación en papas nativas.....	28
<b>Tabla 10.</b> Luminosidad ( $L^*$ ) por variedad de papas nativas en congelación. ....	29
<b>Tabla 11.</b> Promedio de la coordenada cromática ( $C^*ab$ ) según las temperaturas de congelación en papas nativas .....	30
<b>Tabla 12.</b> Análisis de Varianza para Croma .....	30
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Fisher para tonalidad ( $H_{ab}$ )según variedad.....	31
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Fisher para croma ( $C^*$ ) por variedad. ....	32
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de agua congelada según las temperaturas de congelación en papas nativas.....	35
<b>Tabla 16.</b> Análisis de Varianza para el porcentaje de agua congelada. ....	35
<b>Tabla 17.</b> Porcentaje de agua congelada por variedad de papas nativas.....	36
<b>Tabla 18.</b> Porcentaje de agua congelada para la temperatura de congelación. .	37
<b>Tabla 19.</b> Promedio de agua sin congelar según las temperaturas de congelación en papas nativas.....	40
<b>Tabla 20.</b> Análisis de Varianza para el porcentaje de agua sin congelar. ....	40
<b>Tabla 21.</b> Promedio de variedad de papa nativa para el porcentaje de agua no congelada.....	41
<b>Tabla 22.</b> Promedio de temperatura para el porcentaje de gua no congelada....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Visión esquemática de los procesos de congelación de una sustancia pura (agua) y de un alimento (a dos velocidades de congelación). .....	10
<b>Figura 2.</b> Evolución de la temperatura durante la congelación (Fellow, 1993). ..	13
<b>Figura 3</b> Círculo cromático (kassaggi, 2012). .....	16
<b>Figura 4.</b> Diagrama de bloques para la evaluación del efecto de la temperatura en el color de tres variedades de papas nativas sometidas al proceso de congelación. ....	21
<b>Figura 5.</b> Efecto de la temperatura por variedad.....	28
<b>Figura 6.</b> Diagrama de medias de la Luminosidad por temperatura .....	28
<b>Figura 7.</b> Efecto del Croma de las interacciones variedades por temperaturas. ....	32
<b>Figura 8.</b> Diagrama de medias del Croma por variedad. ....	32
<b>Figura 9.</b> diagrama de media para variedad por temperatura. ....	33
<b>Figura 10.</b> Efecto de la Temperatura por variedad. ....	33
<b>Figura 11.</b> gráfica de medias de agua congelada.....	37
<b>Figura 12.</b> Variación del porcentaje de agua congelada en la variedad de Duraznillo. ....	38
<b>Figura 13.</b> Variación del porcentaje de agua congelada en la variedad de Qayma Marcela. ....	38
<b>Figura 14.</b> Variación del porcentaje de agua congelada en la variedad de Luqui Morada.....	39
<b>Figura 15.</b> Gráfica de medias de agua sin congelar. ....	42
<b>Figura 16.</b> Curva de congelación de Luqui Morada. ....	43
<b>Figura 17.</b> Curva de congelación de Duraznillo. ....	43
<b>Figura 18.</b> Curva de congelación de Qayma Marcela.....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	55
Anexo 2. Resultados para los valores CIE L*a*b*, y con ellas se calculó el croma "C*". .....	56
Anexo 3. Varianza para Croma.....	57
Anexo 4. Media por mínimos cuadrados para croma .....	58
Anexo 5. Resultados del promedio de coordenada cromática (a*) .....	59
Anexo 6. Resultados del promedio de coordenada cromática (b*) .....	59
Anexo 7. Análisis de varianza para tonalidad.....	59
Anexo 8. Tabla de medias por mínimos cuadrados para la tonalidad. ....	60
Anexo 9. Porcentaje de agua congelada y sin congelar.....	61
Anexo 10. Porcentaje de agua congelada y sin congelar .....	61
Anexo 11. Porcentaje de agua congelada y sin congelar .....	62
Anexo 12. Análisis de varianza para porcentaje de agua congelada. ....	62
Anexo 13. Medias para el porcentaje de agua congelada .....	63
Anexo 14. Análisis de varianza para agua sin congelar .....	64
Anexo 15. Medias para el porcentaje de agua sin congelar .....	65
Anexo 16. Variedades de papas nativas .....	66
Anexo 17. Muestras de papas congeladas y secas. ....	67

## ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y UNIDADES

<b>ANOVA</b>	: Análisis de varianza
<b>a*, b*</b>	: condenadas cromáticas
<b>B</b>	: Azula
<b><math>\beta_j</math></b>	: efecto del j-ésimo nivel del facto B
<b>CIELAB</b>	: Modelo cromático usado para describir todo los colores
<b>Cm</b>	: Centímetros
<b>CIP</b>	: Centro Internacional de la Papa
<b>CM</b>	: Cuadrado medio
<b>C*</b>	: Croma
<b>Chroma</b>	: Croma
<b>°C</b>	: Grados Celsius
<b>D</b>	: Duraznillo
<b><math>\varepsilon_{ij}</math></b>	: Error aleatorio
<b>FV</b>	:Facto variedad
<b>F<sub>0</sub></b>	: Prueba con distribución
<b>G</b>	: verde
<b>GL</b>	: Grado de libertad
<b>g</b>	: Gramos
<b>H<sub>A</sub></b>	: Hipótesis alterna
<b>H<sub>0</sub></b>	: Hipótesis nula
<b>H*</b>	: Tonalidad
<b>INCAP</b>	: Instituto Nacional de Centro América
<b>INIA</b>	: Instituto de Investigaciones Agropecuarias
<b>kg</b>	: Kilogramo
<b>LM</b>	Luqui Morada
<b>L</b>	: Litros
<b>MINAGRI</b>	: Ministerio de Agricultura y Riego
<b>M</b>	: metros
<b>ml</b>	: Milímetro
<b>mg</b>	:Miligramo
<b>nm</b>	: Nanómetro
<b>QM</b>	: Qayma Marcela

<b>R</b>	: Repeticiones
<b>S/M</b>	: Sin Marca
<b>SC</b>	: Suma de cuadrado
<b>SC<sub>E</sub></b>	: Suma de cuadrados de error
<b>SI</b>	: Sin identificar
<b>TM</b>	: Toneladas métricas
<b>Sig*</b>	: valor de significancia
<b>Has</b>	: Hectáreas
<b>Hue</b>	: Tono
<b>UV</b>	: Ultra violeta
<b><math>\mu</math></b>	: Media general
<b>V</b>	: Variedad
<b>VTV</b>	: Variación total de color
<b>Vulue</b>	: Claridad
<b><math>\alpha_i</math></b>	: Efecto del j-ésimo del nivel del factor A
<b><math>(\alpha B)_{ij}</math></b>	: Efecto de interacción en la combinación <i>ij</i>
<b><math>\varepsilon_{ijk}</math></b>	: Error aleatorio
<b><math>\bar{X} C^*</math></b>	: Media de croma
<b><math>\bar{X} H_{ab}^*</math></b>	: Media del tono angular
<b>%</b>	: Porcentaje

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el color y porcentaje de agua congelada y sin congelar en papas nativas (*Solanum tuberosum*) Luqui Morada, Duraznillo y Qayma Marcela en estado de madurez fisiológica, provenientes de la Asociación Sumaq Papa de Motoy, del distrito de Ancco Huallo, provincia de Chincheros, región Apurímac. Las que fueron congeladas a -18, -20, -22 y -24°C. Para los valores Cielab, se empleó Corel Photo Paint y la determinación de agua congelada y agua sin congelar por cálculo en Hoja Excel. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza al 95% del nivel de confianza bajo un arreglo factorial 4x3. Determinándose valores de luminosidad ( $L^*$ ) de 78.67 en variedad Duraznillo; 75.65 en Luqui Morada y 71.44 Qayma Marcela. Reportándose 1.39 en variedad Duraznillo; 2.63 en Luqui Morada y 4,46 Qayma Marcela en croma ( $C^*_{ab}$ ). En tanto la tonalidad ( $H^*_{ab}$ ) presentó valores de 243.78° de la variedad de Duraznillo; 158.47° en Luqui Morada y Qayma Marcela 118.44°. Resaltando que la variedad de Duraznillo tiende a ser un color blanco intensamente claro a diferencia de Luqui Morada y Qayma Marcela que es luminoso oscuro. El agua congelada promedio, fue de 96,69% en Duraznillo y Qayma Marcela, 95,53% en Luqui Morada, mientras que el agua sin congelar promedio, fue 3.31% en variedad de Duraznillo y Qayma Marcela, 4.49% en Luqui Morada. Concluyéndose que las temperaturas de congelación influyen en el color de las papas nativas y el porcentaje de agua congelada y sin congelar. Cuyo comportamiento es independiente a la variedad.

**Palabras clave:** Color, variedad, Agua congelada, Agua sin congelar, Congelación.

## ABSTRAC

The objective of the study was to evaluate the color and percentage of frozen and unfrozen water in native potatoes (*Solanum tuberosum*) Luqui Morada, Duraznillo and Qayma Marcela at physiological maturity, from the Sumaq Papa de Motoy Association, Ancco Huallo district, province of Chincheros, Apurimac region. Those that were frozen at -18, -20, -22 and -24 ° C. For the Cielab values, Corel Photo Paint was used and the determination of frozen water and water without freezing by calculation in Excel Sheet. The data obtained were subjected to the analysis of variance at 95% confidence level under a 4x3 factorial arrangement. Determining brightness values ( $L^*$ ) of 78.67 in the Duraznillo variety; 75.65 in Luqui Morada and 71.44 Qayma Marcela. Reporting 1.39 in Duraznillo variety; 2.63 in Luqui Morada and 4.46 Qayma Marcela in chroma ( $C^*ab$ ). In as much the tonality ( $H^*ab$ ) presented values of 243.78 ° of the variety of Duraznillo; 158.47 ° in Luqui Morada and Qayma Marcela 118.44 °. Highlighting that the Duraznillo variety tends to be an intensely clear white color unlike Luqui Morada and Qayma Marcela which is luminously dark. The average frozen water was 96.69% in Duraznillo and Qayma Marcela, 95.53% in Luqui Morada, while the average unfrozen water was 3.31% in the variety of Duraznillo and Qayma Marcela, 4.49% in Luqui Morada. Concluding that the freezing temperatures influence the color of the native potatoes and the percentage of frozen and unfrozen water. Whose behavior is independent of the variety.

**Key words:** Colour, variety, Frozen water, Water without freezing, Freezing.

## CHUMASQA

Kay yachay rurasqa karqa ñawpamantapacha kaq papakunapa (solanum tuberosum- nisqapa) llimpin hinallataq haykach kan ritisqa, mana ritisqa yakun tupunapaq, chaykunam karqa Luqui morada, Duraznillu hinaspa Qayma Marcela nisqakunapi, allasqamanta puqupasqakamapi, Kay papakunaqa Asociación Sumaq Papa Motoy llaqtamanta, Anccohuayllu uchuy suyu, Chincheros hatun llaqtaman qatipakuq, Apurímac suyumanta apamusqam karqa. Kaykunam karqa ritichisqa -18, -20, -22 hinaspa -24°C nisqa yumpay chiripi. Cielab nisqa chanin tupunapaqmi Corel Photo Paint nisqaman hapipakurqa, ritisqa, mana ritisqa yakuntañataqmi yupayllirqa Hoja Excel nisqawan. Kay yachasqakuna huqarisqañataqmi kuskisqa karqa kay 95% allin ñiy yachasqaman, 4x3 arreglo factorial nisqaman. Chaypin yachasqa karqa ( $L^*$ ) 78.67 nisqa Duraznillu papapa achkiriynin; 75.65 nisqa Luqui moradapi, 71.44 Qayma marcelapi. Duraznillupim 1.39; Luqui Moradapi 2.63; Qayma Marcelapiñataq 4.46 croma ( $C^*ab$ ) nisqa chanin tarisqata willaspa. Chaynallataq llimpinkuna ( $H^*ab$ ) nisqapa chaninkuna 243.78° Duraznillupi; 158.47° Luqi moradapi; Qayma Marcelapiñataq 118.44° nisqakunam ayparqa. Chaypim qawarisqa karqa kay Duraznillu papapa ancha kanchiriq yuraqman tikrakusqan, wakin Luqi morada, Qayma marcelañataqmi tutayaq kanchiriqman rikurirqa. Ritisqa yakuñataqmi 96,69% nisqaman aypan Duraznillupi Qayma marcelapipas chaynallataq; 95,53% nisqaman Luqi moradapi; mana ritisqa yakunñataq 3.31% Duraznillupi, Qayma marcelapipas; Luqi moradapiñataq 4, 49% nisqaman aypan. Tukunapaq nisun, ritinankama chirisanqa tikranmi kay ñawpa papakunapa llimpinta hinallataq ritisqa, mana ritisqa yakuntapas. Kaykunaqa manan tupanakunchu ima papa kasqanwanpas.

**Ñawpaq simikuna:** Llimpi, achka kaqkuna, ritisqa yaku, mana ritisqa yaku, ritichiy

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Las papas nativas constituyen una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante siglos las seleccionaron y cultivaron por su agradable sabor, caracterizado por desarrollarse en ambientes con frecuentes heladas y sequías. En el Perú, anualmente 600.000 familias dependen del cultivo de la papa. En la zona andina, es el principal cultivo de los pequeños agricultores, y el 87% de los productores se encuentran entre 3.000 a 4.200 m.s.n.m, donde la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan a la papa una naturalidad especial (Gómez *et al.*, 2008).

En Apurímac - Andahuaylas la conservación de papa ha evolucionado, se está promoviendo y revalorizando la papa nativa por el boom gastronómico y la preferencia del consumidor, pero no son suficientes las técnicas existentes debido a que no es posible garantizar los tubérculos de papas en su integridad, por lo que existe la necesidad de buscar alternativas con tecnología intermedia para facilitar la transformación y conservación de las papas nativas. En la provincia de Chincheros, distrito de Ancco Huallo de la Asociación Sumaq papa de Motoy a la fecha casi 250 variedades de papas nativas existen, los agricultores cuentan con amplios conocimientos de conservación y manejo en el cultivo de la papa nativa, sin embargo, la realidad nos muestra que este enorme bagaje de variedades y conocimientos se va perdiendo por falta de la generación de valor agregado. En el procesado de la papa deshidratada, el color es una característica que debe predominar en un producto de calidad, la cual se logra cuando los tubérculos logran congelarse adecuadamente a bajas temperaturas, pero no todas las variedades se comportan adecuadamente al congelado, debido a que existe la necesidad del estudio del efecto de la temperatura en el color de tres variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) sometidas al proceso de congelación tradicional. Por lo que se planteó como objetivos:

- Evaluar el color a diferentes temperaturas en papas nativas (*Solanum tuberosum*).
- Determinar el porcentaje de agua congelada a diferentes temperaturas de congelación según la variedad de papas nativas (*Solanum tuberosum*).
- Determinar el porcentaje de agua no congelada a diferentes temperaturas de congelación según la variedad de papas nativas (*Solanum tuberosum*).

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación.

Fellows, (1994) en su investigación “Tecnología de Procesado de los Alimentos” menciona, la congelación es una operación unitaria, donde una proporción del agua del alimento se somete a un cambio de estado para formar cristales de hielo mediante la reducción de la temperatura. El proceso de congelación de agua incluye dos procesos continuos: reducción de la temperatura por debajo del punto de equilibrio de congelación y cambio de fase de líquido a sólido (formación de hielo). Ambos procesos están fuertemente influenciados por las propiedades de transferencia de calor (termodinámica), propiedades de transferencia de masa (cinética) y las variables del producto (composición y tamaño).

Bellocq, (2012) “tecnología de los alimentos” menciona, la congelación por sí misma es un método de conservación que asegura el mantenimiento de vida útil de los alimentos por períodos prolongados de meses o años dependiendo del tipo de alimento. Aunque dicha conservación depende del proceso de congelación realizado como de las condiciones de almacenamiento del producto congelado, sin embargo, tiene inconvenientes conocidos relacionados con la pérdida parcial de calidad organoléptica, fundamentalmente como consecuencia del proceso de formación y posterior fusión de los cristales de hielo. Por lo tanto, conlleva a un menor daño de la estructura y a la obtención de una mejor calidad final.

Patricia *et al.*, (2013) en su investigación “Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum*) sometida a diferentes pretratamientos” analizó que el tiempo de congelación es muy importante para el diseño del proceso de congelación ya que puede convertirse en el tiempo de residencia del producto en el equipo y además se relaciona con la velocidad de refrigeración como son: La temperatura del medio refrigerante, forma y tamaño del producto, temperatura inicial, temperatura final.

Singh *et al.*, (2000). “Introduction to Food Engineering, Third” determinó, que al congelar un producto lo que se va congelando paulatinamente es el agua que éste contiene. Al momento de iniciarse la congelación del agua, se transforma en hielo puro, mientras la fase líquida restante que está sin congelar

lo que sucede es que aumenta la concentración de sustancias disueltas, disminuyendo así el punto de congelación. El que un producto congelado se encuentre completamente duro, no significa que se encuentra completamente congelado al cien por ciento, entonces se puede decir el agua está presente en los alimentos como agua ligada formado por proteínas y otras moléculas, así como también en forma libre.

Desrosier, (1983) "Elementos de tecnología de alimentos" Menciona, la calidad de diferentes alimentos congelados se puede mejorar por un cambio rápido de temperatura y por formación de cristales de hielo pequeños en la estructura del producto todo ello involucra la exposición del producto a bajas temperaturas por un periodo de tiempo corto. En muchos casos, la velocidad de congelación se incrementa por medio de un contacto directo entre el producto y el refrigerante. El tiempo depende del tipo de producto y se mantienen a temperaturas de - 18 °C o inferiores con las mínimas fluctuaciones. Es recomendable almacenar estos productos a temperaturas de -18 °C o inferiores, y no superiores nunca los -12 °C.

Heldman *et al.*, (1997) "principles of food processing" menciona, existen cambios en la calidad de los productos cuando son sometidos a procesos de congelación. Por ejemplo, un producto sin congelar tendrá 70% de agua y 30% de sólidos totales a cualquier temperatura por encima de la temperatura inicial para la cristalización de hielo. Sin embargo, con un cambio de temperatura de 5 °C por debajo de la temperatura inicial de congelación, un producto podría tener 30% de agua sin congelar, 40% de agua congelada o hielo y el mismo 30% de sólidos totales. Este cambio se presenta de manera gradual y por cada grado de cambio de temperatura, habrá cambios en la composición del producto. Al disminuir la temperatura, el porcentaje de hielo incrementará en oposición al agua sin congelar. A una temperatura mucho menor que la inicial a la de congelación, una pequeña fracción de agua permanecerá en el estado líquido y será agua no congelable.

Contreras, (2007) "Una introducción a la química del color" menciona, los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos como en el caso de los tubérculos, los cuales son los pigmentos naturales responsables de la coloración tales como: carotenoides, cuyo color varía de amarillo a naranja y rojo; clorofilas, es el pigmento vegetal que más abunda en la naturaleza, antocianinas, responsable de los colores rojo, naranja,

azul y púrpura, flavonoides, pigmentos generalmente amarillos; betalainas de color rojo, amarillo y taninos cuya coloración varía de amarillo-café a incoloro. Entonces podemos decir para el correcto entendimiento de la percepción de color son fundamentales tres elementos: fuente de luz, el objeto y el observador, la interacción de estos elementos da como resultado la visualización del objeto por parte del observador, que puede ser el ojo humano o el equipo de medición de color.

(Ortiz, 2002) "Procesamiento morfológico de imágenes en color" menciona, en 1976 fue aprobado el modelo CIE-  $L^*a^*b^*$  por parte de la CIE, se utiliza para lograr una percepción uniforme del color. Este modelo de coordenadas permite que los colores se representen en el espacio a unas distancias proporcionales a las diferencias visuales entre ellos y es el más recomendado para las mediciones industriales del color de los objetos. Los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en una muestra de alimento, designan:  $L^*$  la luminosidad (0 = negro y 100 = blanco), siendo  $a^*$  y  $b^*$  las coordenadas cromáticas rectangulares (+ $a$  = rojo y - $a$  = verde / + $b$  = amarillo y - $b$  = azul) (Padrón, 2010). Por otra parte, el croma o cromaticidad ( $C^*$ ) indica cuán puro, intenso o vivo es un color en una escala del 1 al 100, donde este último valor expresa la mayor pureza.

## **2.2. Papa Nativa**

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

La mayoría de las papas nativas son cultivadas sobre los 3000 m.s.n.m., a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos andinos brindan a estas papas una naturalidad especial las cuales además son cultivadas generalmente sin uso de fertilizantes químicos y casi sin aplicación de pesticidas (Reinoso *et al.*, 2005). Poseen excelentes sabores, formas variadas, atractivos colores y diferentes tamaños y texturas. Hoy en día, la papa representa una de las contribuciones más importantes de la región andina al mundo entero, por ser uno de los cultivos alimenticios más consumidos y

apreciados (Gijarro, 2008). En la Tabla 1 se muestra los principales componentes de la papa común y criolla.

**Tabla 1.** Resultados de los parámetros de color en papas congeladas (g componente /100 g papa).

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

**Fuente:** Angulo *et al.*, (2006).

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)

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (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.

### **2.2.1. Principales características de las papas nativas**

Según Quispe (2003), las principales características que presentan las papas nativas son:

- Tolerancia a plagas y enfermedades.
- Periodo vegetativo desde cortos a largos (4 a 7 meses).
- Alto contenido de materia seca (28 a 35%).
- Buen contenido de proteínas (2 a 5%).
- Diversos colores y pigmentaciones en la pulpa del tubérculo.
- Buena capacidad de almacenamiento.
- Textura harinosa a muy harinosa.
- La forma de tubérculos es muy diversa.
- Color de la piel de tubérculos muy diversos.
- Adaptadas a las condiciones alto andinas
- Tienen un alto contenido de vitaminas y minerales.

### **2.2.2. Descripción botánica de la papa**

La papa pertenece a la familia de las solanáceas. pertenecen a las especies *Solanum tuberosum* y *Solanum andigenum*. La especie *Solanum tuberosum* es la papa que fue llevada a Europa por los españoles y domesticada en esos países, generalmente es de ciclo cortos (90 a 100 días) de forma alargada, piel lisa, ojos superficiales, el color de la pulpa es crema a amarilla y la piel rosada, roja o beige y tiene estolones cortos. La especie *Solanum andigenum* es de ciclo largo (de forma redonda, y ojos profundos, color de piel variable (morada, roja, blanca, negra y combinada); la pulpa es blanca o amarilla, y es cultivada por los países de Sur América (Román ,2002). La papa pertenece a las siguientes características taxonómicas (Quilca, 2007).

Familia: Solanaceae.

Género: *Solanum*.

Sub género: Potatoe.

Sección: Petota.

Serie: Tuberosa.

Especies: *phureja*, *andigenum*.

Nombre común: papa, patata.

### 2.2.3. Variedades de papas nativas

En el Perú, la papa es uno de los cultivos más importantes del sector agrario. Se producen un promedio de 3 millones TM (toneladas métricas) al año, se siembra 270,000 has. Anualmente 600,000 familias dependen de su cultivo. De manera particular, en el caso de la zona andina, es el principal cultivo de los pequeños agricultores, el 87% de los productores se encuentran en esta región (situada entre 3.000 a 4.200 m.s.n.m), para quienes es una fuente de ingresos, de alimentación, de biodiversidad e implica una preservación de costumbres ancestrales (Gómez *et al.*, 2008). Esta variedad de papas nativas se observa en la Tabla 2 de la siguiente manera: color de la piel, color de la carne y forma.

**Tabla 2.** Variedades de papas nativas, más conocidas del Perú.

VARIEDAD	COLOR DE PIEL	COLOR DE CARNE	FORMA
Ccompis	Rosada y blanca	Blanca	Redonda tuberosas
Amarilla tumbay	Amarilla	Amarilla	Redonda
Huayro	Purpura	Amarilla	Gruesa cilíndrica
Amarilla	Amarilla	Amarilla	Redondas
Uccu Huayro	Purpura	Amarilla	Gruesa cilíndrica alargada
Yuracc Huayro	Purpura	Amarilla	Gruesa cilíndrica
Runtu huayro	Purpura	Amarilla	Gruesa cilíndrica alargada
Peruanita	Purpura	Amarilla	Redonda
Duraznillo	Amarilla	Amarilla	Redonda
Yanaimilla	Morado oscuro	Blanca	Redonda tuberosada
Zanaimilla	Sin identificar	Blanca	Redonda
Cerreñita	Sin identificar	Blanca	Larga cilíndrica
Camotito	Púrpura	Amarilla	Larga cilíndrica
Papa pina	Púrpura	Crema	Tuberosada
Huancaina blanca	Sin identificar	Sin identificar	Sin identificar
Huamantanga	Azulado	Blanca	Larga cilíndrica
Huagalina	Rosada halos amarillos	Amarilla	Cilíndrica

**Fuente:** Bryan (1992).

### **2.2.3.1. Variedad de Duraznillo.**

Con código CIP: 707135, presenta tubérculos medianos a grandes, de forma redonda, es de importante uso por su alto contenido de materia seca (29.40 a 31.9 %), excelente calidad culinaria siendo su consumo en varias formas: sancochado, asado, actualmente se incorporó para procesamiento agroindustrial para fritura en hojuelas (Chips), puré, papa seca, hojuelas precocidas. El nombre común o vernacular “Duraznillo” viene del aspecto importante observable que es la forma y color de pulpa del tubérculo, el color predominante es rojo morado, siendo un sabor muy agradable.

La papa nativa cultivar duraznillo es de importancia económica para la Región Apurímac, por su difusión, adaptación, volumen de producción y calidad culinaria, la producción de este cultivar es ancestral y sigue conservando sus características fenotípicas (INIA, 2009).

### **2.2.3.2. Variedad Qayma Marcela**

Con código CIP: 703976, presenta tubérculos grandes, forma aplanada y ojos superficiales, es de fácil uso para su consumo, siendo importante por su alto contenido de materia seca, excelente calidad culinaria, usándose principalmente en purés y sancochado; con buena capacidad de conservación en almacén. Su nombre proviene según los antepasados, por la forma de tubérculo que presenta (alargada) de color amarillo con puntuaciones en los ojos de color rojo. (INIA, 2009).

### **2.2.3.3. Variedad de Luqui Morada**

Con código CIP: 704161, presenta tubérculos medianos a grandes, forma redonda, es de importante por su contenido de materia seca (27.5 – 28.6 %), excelente calidad culinaria siendo su consumo en varias formas: sancochado, asado, actualmente se incorporó para procesamiento agroindustrial para fritura en tiras, papa seca, hojuelas precocidas.

El nombre común de “Luqui Morada” no se cuenta con ninguna evidencia acerca de esta denominación sin embargo el aspecto importante observable es la forma y color de pulpa del tubérculo morado intenso calidad culinaria muy agradable. Esta papa nativa es de importancia económica para la Región Apurímac por su difusión, adaptación, volumen de producción y calidad culinaria, la producción de este cultivar es ancestral y sigue conservando sus características fenotípicas (INIA, 2009).

### **2.3. Congelación**

La congelación es el proceso de preservación originado por la reducción de la temperatura por debajo de aquella en la que se comienzan a formar cristales en un material alimenticio. Se debe a su poder conservador a la casi total eliminación del agua líquida por transformación en hielo (reducción de la actividad de agua), obstaculizando la actividad microbológica y enzimática, y a la reducción de la actividad biológica por el descenso de la temperatura que generalmente se lleva hasta un valor entre -20 a -30 °C, lo cual permite que las reacciones bioquímicas sean más lentas y además inhibe la actividad microbiana, generando el estado de latencia de ésta, lo que no significa que los microorganismos estén muertos. Durante el proceso se produce la solidificación del agua libre presente en el alimento, es decir, el agua contenida es transformada en hielo a una temperatura habitual de -18°C, disminuyendo así la actividad de agua. (Rojas, 1999).

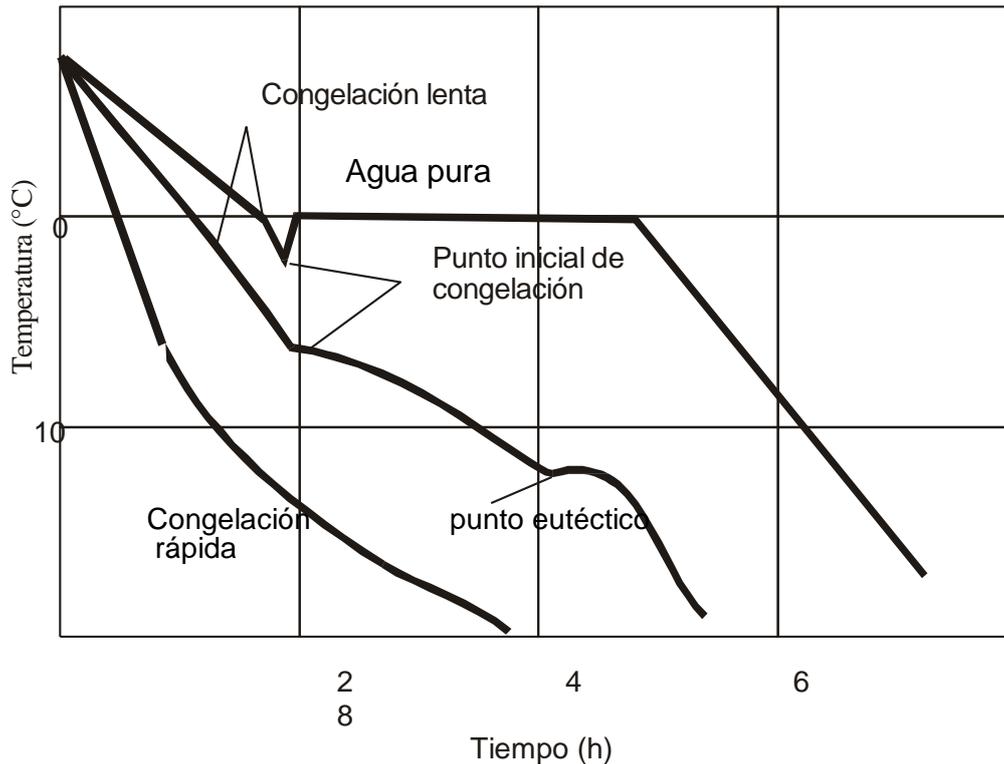
La congelación es uno de los procesos más comunes de conservación de alimentos, resulta efectiva en la retención de aroma color y valor nutritivo de alimentos y es moderadamente en la conservación de la textura. (Schwartzberg, 1999).

#### **2.3.1. Descripción cualitativa de la congelación de alimentos**

Como en el caso de sustancias puras, en este proceso primero se verifica la eliminación del calor sensible por enfriamiento y luego se retira el calor latente durante la congelación, que es la porción energética más considerable; pueden presentarse otros efectos como calor de disolución de sales, aunque casi siempre son muy pequeños. En los alimentos frescos debe eliminarse también el calor generado por la respiración metabólica. Seguidamente se elimina el calor latente de congelación, lo que provoca la formación de cristales de hielo; también se retira el calor latente de otros componentes de los alimentos.

Las curvas entalpía-temperatura-composición para la congelación de alimentos demuestran que el proceso no se verifica a temperatura precisa. Es decir, no hay un punto de congelación definido con un solo calor latente de congelación.

Si durante el proceso de congelación se registra la temperatura del alimento en su centro térmico (punto que se congela más tarde), se obtiene una gráfica como la que muestra la Figura 1.



**Figura 1.** Visión esquemática de los procesos de congelación de una sustancia pura (agua) y de un alimento (a dos velocidades de congelación).

Se discrimina el proceso en tres etapas:

- Pre congelación, que es el período desde el comienzo del enfriamiento hasta que comienza a cristalizarse el agua.
- Congelación, que es el período durante el cual la temperatura del material es más o menos constante (cambio de fase) si la sustancia es pura. Antes de iniciar la congelación puede existir un ligero sub enfriamiento seguido de un incremento de temperatura hasta el punto de fusión o congelación del material. En la figura 1 se aprecia en la línea superior el caso del agua. Para el caso de un alimento, que como una aproximación puede considerarse como una solución acuosa, la temperatura en la que comienzan a aparecer los primeros cristales de hielo está siempre por debajo del punto de fusión del agua. Se puede presentar un sub enfriamiento como en el primer caso pero el cambio de fase se hace con temperatura variable, cristalizando inicialmente solo agua pura hasta un punto en el que se comienzan a formar los cristales del "soluto" (o del alimento o solución concentrada), lo que nuevamente causa un pequeño salto en la temperatura conocido como punto eutéctico, seguido por una "meseta" de congelación (se

ha dibujado horizontal pero generalmente es curva) que finaliza en un punto generalmente difícil de determinar, en donde se considera que el producto está completamente congelado.

- Luego que los materiales se congelan por completo sigue un descenso de temperatura aproximadamente lineal, causado por el retiro de calor sensible del producto sólido, fase que concluye cuando el material alcanza la temperatura del medio refrigerante o congelador utilizado para el proceso.

### **2.3.2. Aspecto de interés en la congelación**

#### **2.3.2.1. Temperatura inicial de congelación**

Durante la congelación del agua en un alimento, inicialmente sólo aparecen cristales de hielo puro; esto ocurre a temperatura de inicio de la congelación. A medida que prosigue la congelación llega un momento en la que ya comienzan a formarse cristales de soluto más agua en cierta concentración llamada eutéctica, que es característica del alimento. Pueden existir varios puntos o temperaturas eutécticas, según la complejidad de la composición del alimento (Orrego, 2008).

#### **2.3.2.2. Cristalización de agua**

Un cristal puede definirse como un sólido formado por átomos, iones o moléculas, que guarda una distribución ordenada y repetitiva. La cristalización es un proceso donde se forman partículas sólidas a partir de una fase homogénea.

El agua puede existir en varias formas cristalinas que dependen de la temperatura y la presión a la que esté sometida. El tamaño y la estructura de los cristales de hielo dependen de la velocidad del enfriamiento utilizada y del grado del sub enfriamiento del sistema (Orrego, 2008).

#### **2.3.2.3. Nucleación o formación de cristales de hielo.**

Nucleación, se refiere al inicio del proceso de separación de fases; Antes de que se produzca el proceso de cristalización en el punto de congelación, se debe superar una significativa barrera de energía mediante la generación de una gran fuerza impulsora. La existencia de una barrera de energía es demostrada por la extracción continua de calor sensible por debajo de 0 °C sin la presencia de cambio de fase, (AS figura 2 curva de enfriamiento). Este fenómeno es

conocido como sub enfriamiento y puede ser 10 °C por debajo del punto de congelación (Fellows, 1993).

El grado de sub enfriamiento es dictaminado por la aparición de la nucleación del hielo. Sin un núcleo, el cambio de fase estable que no es posible; las moléculas del líquido no lograrían alinearse fácilmente en la configuración de un cristal (Petzold *et al.*, 2009). Se entiende por nucleación la generación de partículas cristalinas capaces de crecer espontáneamente a partir de cierto tamaño mínimo (Sánchez, 2011).

Hay dos tipos de nucleación: homogénea y heterogénea. La nucleación homogénea consiste en la producción espontánea de cristales de hielo, libre de impurezas y libre de perturbaciones mecánicas (Ulrich, 2009) y la nucleación heterogénea: se produce en presencia de impurezas, o partículas extrañas. En sistemas complejos como las soluciones alimenticias ocurre la nucleación heterogénea (Sánchez, 2011). Durante la nucleación se libera el calor latente de fusión, línea (SB figura 02 curva de enfriamiento).

#### **2.3.2.4. Aumento del tamaño de los cristales (crecimiento)**

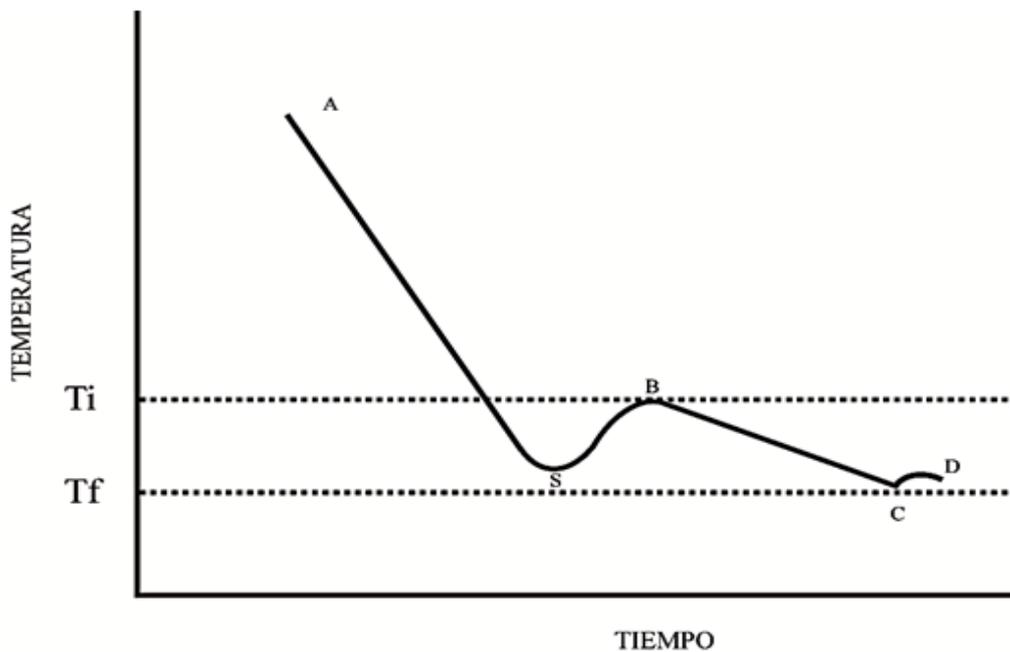
Una vez que ocurre la nucleación, la formación y el aumento de tamaño de los cristales de hielo, está controlado por la velocidad de eliminación de calor latente liberado durante el cambio de fase, línea (BC Figura 2 curva de enfriamiento). Si la velocidad de remoción del calor es lenta, la solidificación del agua tiene lugar en torno a pocos núcleos que dan origen a cristales de hielo grandes, el fenómeno de formación de cristales grandes está regido por el proceso conocido como maduración de Ostwald, en el que los cristales grandes crecen a expensas de los más pequeños, como resultado de diferencias en la temperatura de equilibrio causados por contribuciones de energía en la superficie (Pronk *et al.*, 2005).

Los resultados experimentales muestran que la maduración de Ostwald es más lenta en concentraciones de soluto altas, lo que puede atribuirse al aumento de la resistencia a la transferencia de masa. Si la velocidad de eliminación de calor es rápida, la velocidad de nucleación aumenta debido a que la solución tiende a sobre-enfriarse y congelarse simultáneamente en muchas partes. En este caso la solidificación se produce entorno a muchos micro cristales. En ésta etapa se forma la mayor parte del hielo (Fellows,1993). Una forma eficaz de

controlar la cristalización durante el proceso de concentración por congelación es el uso de bajos niveles de sub enfriamiento (Petzold *et al.*, 2009).

Sin embargo, la transferencia de calor no es el único factor que regula el crecimiento o la velocidad de propagación de cristales de hielo. El crecimiento del hielo también se rige por la transferencia de masa en forma de moléculas de agua (y soluto en algunos casos) que se agregan y propagan en el crecimiento de cristales de hielo. Teóricamente, los solutos deben ser rechazados de la región ocupada por los cristales de hielo puro.

Durante el crecimiento de cristales de hielo la temperatura disminuye, la concentración del soluto de la fase no congelada aumenta, alcanzando cierta concentración máxima de solutos (sobresaturación) en la que cristaliza. Se libera calor latente de fusión y la temperatura se eleva a la temperatura eutéctica del soluto, (línea CD Figura 2 curva de enfriamiento). La máxima concentración que se podría alcanzar mediante el proceso de crio concentración depende del punto eutéctico de la solución (Sánchez *et al.*, 2011).



**Figura 2.** Evolución de la temperatura durante la congelación (Fellow, 1993).

### 2.3.3. Alteraciones en la congelación por presencia de solutos.

Cuando se congela un material alimenticio con presencia menor de cierto tipo de solutos que afectan la formación de hielo, deben considerarse los distintos efectos. A continuación, se señalan algunos de estos efectos:

#### **2.3.3.1. Descripción del punto inicial de congelación**

El punto de congelación del agua se define como la temperatura a la cual la presión de vapor de la fase sólida (hielo) es igual a la presión de vapor de la fase líquida. Las interacciones entre los solutos alimenticios y el agua afectan el punto de congelación. Un caso que llama mucho la atención es el de las proteínas anti congelamiento que producen, para protegerse del clima, animales y plantas de las zonas templadas; así, algunos glicopéptidos y péptidos se adsorben en el hielo impidiendo la formación de hielo, gracias a la inhibición de la propagación normal de las capas de hielo a través de la superficie cristalina (Orrego, 2008).

#### **2.3.3.2. Inhibición de cristalización y recristalización**

El tamaño de los cristales de hielo se regula normalmente con las velocidades de congelación. Algunos hidrocoloides que desarrollan estructuras gelatinosas, aunque sean débiles retardan severamente el crecimiento de los cristales de hielo (Orrego, 2008).

#### **2.3.3.3. Velocidades de enfriamiento y congelación**

Hay varias definiciones de la velocidad de enfriamiento o rapidez de la congelación.

#### **2.3.3.4. Cambio de la temperatura por la unidad de tiempo.**

Se expresa como los grados por segundo o por minuto de variación de la temperatura del espécimen o el medio de enfriamiento.

#### **2.3.3.5. Tiempo necesario para atravesar cierto rango de temperatura**

Otra forma de entender la velocidad de congelación la propone el Instituto Internacional de Refrigeración (1971): "la velocidad de congelación de una masa de alimento es la relación entre la distancia mínima entre su superficie y el centro térmico y el tiempo que transcurre entre el momento en que la superficie llegue a 0 °C y el centro térmico alcance una temperatura inferior 5 °C a la inicial de formación de hielo en el centro térmico. (Orrego, 2008).

### **2.4. El color**

El color es una respuesta mental al estímulo que produce una radiación luminosa visible en la retina (Aznar, 2016). Se considera un concepto psicofísico debido a la contribución del fenómeno físico y de la sensación que provoca. Así,

depende de tres factores: la luz, la interacción de ésta con la materia y el observador. La interacción de la radiación depende de las características químicas del objeto. Así, el color de los frutos está relacionado con su composición, y, por lo tanto, define en parte la calidad de un producto. Nuestros ojos tienen tres tipos de receptores celulares de color en nuestras córneas: rojo, verde y azul, como resultado todos los colores se reducen a estos tres colores, que se mezclan entre sí; a pesar de esto no todos los colores pueden ser visibles por el ojo humano, los que si podemos ver se llaman espectro visible (Morioka, 2008).

Forma de la percepción visual, integrado por tres atributos específicos: luminosidad, tono o matiz y saturación, o bien, claridad, tono y croma. Se dice también percepción, el color se concibe por lo general como inspirado por la sugerencia del córtex visual del cerebro (Sanz *et al.*, 2001).

El color es una magnitud tridimensional, y necesitamos tres atributos para definirlo. Éstos son:

- Matiz o tono: Es el atributo fundamental y se define tradicionalmente como el que hace clasificar los colores en rojizos, verdosos, etc. Es el atributo cualitativo del color.
- Brillo o luminosidad: Es la característica por la cual un color puede clasificarse como más claro o más oscuro. Este atributo cuantitativo no es más que una medida relativa de la cantidad total de luz reflejada o transmitida frente a la cantidad de luz incidente.
- Saturación o pureza: Es también un atributo cuantitativo, y determina para cada tono su grado de diferencia respecto al color gris de la misma luminosidad.

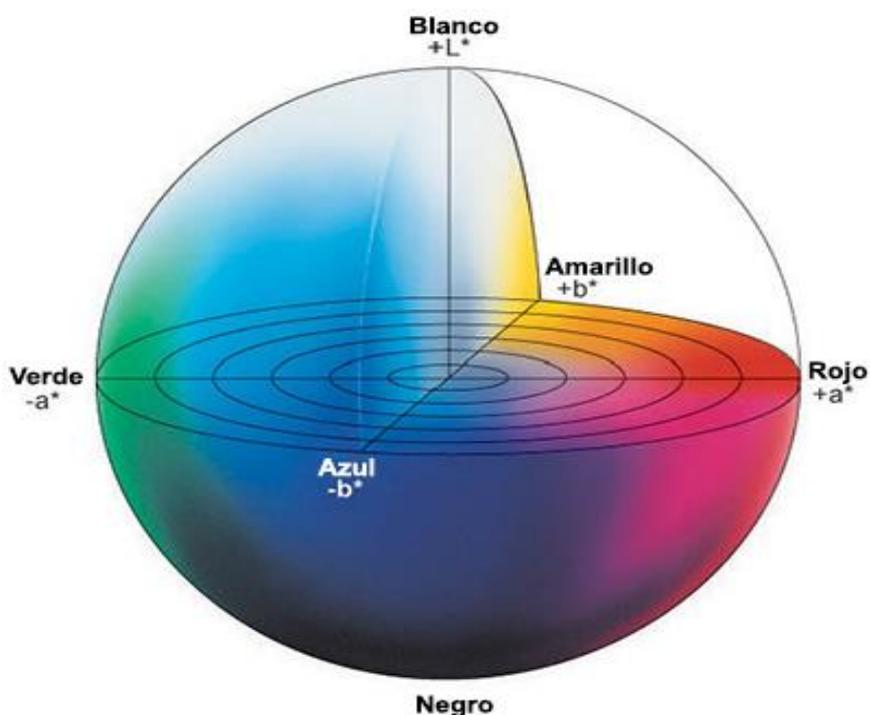
#### **2.4.1. Modelo color L\* a\* b\***

El sabor, la textura, olor y el color son atributos que los consumidores tienen presente para evaluar la calidad de los alimentos al momento de adquirirlos. El cambio en el color en papas nativas está relacionado con reacciones entre sus componentes como clorofilas, carotenoides, antocianinas, o por reacciones enzimáticas. Las reacciones de pardeamiento enzimático permiten el estudio de la evolución en el tiempo del cambio de color de un tejido vegetal por acción de la Polifenoloxidasas. De aquí, se deriva el cálculo de ciertos parámetros como L\*, a\*, b\* o la variación total del color (VTC), los cuales son

útiles en la investigación del control del pardeamiento en tubérculos, al evaluar diferentes clases de antioxidantes (Pérez, 2007).

El espacio de color tridimensional, CIE  $L^*a^*b^*$  (CIELAB) está definido por tres coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .  $L^*$  es el eje vertical y representa la medida de la luminosidad de un color, variando desde cero para un negro hasta 100 para un blanco (los colores fluorescentes pueden dar un valor de  $L^* = 100$ ).  $a^*$  es uno de los dos ejes horizontales y representa una medida del contenido de rojo o de un color verde. Si un color tiene rojo,  $a^*$  será positiva, mientras que si  $a^*$  es negativa entonces el color tendrá cierta cantidad de verde.  $b^*$  es el otro eje horizontal, perpendicular al eje  $a^*$ . Valores positivos de  $b^*$  indican contenido de amarillo, mientras valores negativos de  $b^*$  indican contenido de azul. (Mac Dougall, 2002). El conjunto  $a^*$  y  $b^*$  junto con la claridad  $L^*$  definen el color de un estímulo. El croma  $C^*$  es el atributo de la percepción visual conforme al que un área parece saturada respecto a un determinado color o tonalidad. El tono  $H^*$  es el color básico de un objeto (rojo, amarillo, verde etc.) definido por su posición angular en un espacio de color. Los valores, por tanto, varían entre 0 a 360°. (Gil, 2014)

En la Figura 3 se muestra la saturación según la tendencia de un color hacia el gris (centro) o al matiz puro (periferia).



**Figura 3** Círculo cromático (kassaggi, 2012).

Las dimensiones se disponen con:

- Eje vertical: escala de grises con blanco en el vértice superior y negro en el inferior. A esta escala de grises también se le llama escala acromática o eje neutro.
- Eje horizontal: perpendicular al eje de los grises, muestra el grado de saturación de cada uno de los tonos. La saturación aumenta al alejarse del eje vertical y acercarse al perímetro exterior de la figura geométrica, el cual recibe el nombre de línea o superficie de máxima saturación.
- Figura geométrica plana: círculo o polígono donde se representa los tonos en su máxima saturación.

El croma o saturación se refiere a la pureza cromática de un color respecto al gris; es decir, a medida que un color se satura, más puro es y menos gris posee. (Netdisseny, 2009).

**Observador:** El ser humano percibe la sensación del color cuando la luz (primaria o secundaria) se refleja en la retina, la cual posee 2 tipos de sensores a la radiación electromagnética: los bastones y los conos, estos funcionan junto a un sistema óptico para enviar la información captada a nuestro cerebro, que será finalmente el que nos muestre el color de los objetos. Los bastones son células que detectan la intensidad de luz que llega a ellas, sin diferenciar las distintas longitudes de ondas de la radiación, se activan en la oscuridad, permitiendo distinguir únicamente el negro, el blanco y distintos grises (Cortés, 2000).

#### **2.4.2. Elementos de la percepción de color**

Para el correcto entendimiento de la percepción del color son fundamentales 3 elementos: la fuente de luz, el objeto y el observador. La interacción de estos elementos da como resultado la visualización del objeto por parte del observador, que puede ser el ojo humano o un equipo de medición de color.

- **Fuente de luz:** Los cuerpos emisores de luz, como el sol o lámparas, emiten diferentes longitudes de ondas electromagnéticas que al estimular nuestros ojos provocan la sensación del color. La luz blanca del sol es un conjunto de ondas, dentro del espectro de 380 a 770 nm, García (2012), que al separarse en sus componentes se pueden ubicar los distintos colores que percibimos.

La luz puede provenir de fuentes naturales y artificiales, y en cada caso posee una serie de características. La luz natural es más difícil de controlar pues cambia constantemente de intensidad, dirección, calidad y color, mientras que, en la luz artificial, todos los parámetros anotados anteriormente pueden controlarse (Monje, 2008).

Los sistemas de medición de color utilizan fuentes de luz estandarizadas para obtener respuestas a la visión del color, obviando factores externos que puedan provocar variabilidad en la medición. Originalmente a la fuente de emisión que representaba la luz del día se la conocía como iluminante C, pero actualmente ha sido reemplazada por el iluminante D65, que incluye un espectro UV, con el fin de acercarse cada vez más a las condiciones de luz solar (MacDougall, 2002).

- **Objeto:** La luz que incide sobre un objeto es transformada de acuerdo a las características del mismo (forma, espesor, longitud, composición química, etc.), dando fenómenos como transmisión, reflexión, absorción y dispersión. De estos, los más importantes para la percepción del color son la reflexión y la absorción, ya que cuando una luz blanca incide sobre el objeto, parte del espectro es absorbido, reflejando únicamente el espectro correspondiente al color del objeto. Sin embargo, los componentes reflejados dependen de la luz con la que se ilumine el objeto, debido a que, si un objeto rojo es iluminado con una luz monocromática diferente de la roja, el objeto parecerá negro porque ese único componente será absorbido (García, 2012).

La apariencia del color de un objeto percibido por el observador se basa en tres atributos psicológicos: tono (hue), croma (chroma) y claridad (value) que permiten identificar un color específico Capilla *et al.*, (2002). El tono es el primer atributo que describe un observador y está asociado con la longitud de onda del color dominante, sea este espectral o no y comprende matices como el rojo, amarillo, naranja, verde, azul y púrpura. En la Figura 3 se observa cómo la combinación de matices alrededor del círculo cromático forma diferentes tonos dominantes y complementarios y comprende matices como el rojo, amarillo, naranja, verde, azul y púrpura. (Camporeale *et al.*, 2006)

## CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en los laboratorios de Física y Procesos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA), de la Universidad Nacional José María Arguedas. En el local de la sede académica de Santa Rosa, distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas, Apurímac.

### 3.2. MATERIA PRIMA

Se empleó papas nativas, de las variedades Duraznillo, Qayma Marcela, y Luqui Morada las cuales fueron recolectadas entre los meses de abril y junio del 2017, de la asociación Sumaq papa de Motoy, distrito de Ancco Huallo, ubicado a Latitud Sur 13° 31' 51" y Longitud Oeste 73° 40' 39". La cuota de altitud varía entre: altitud mínima de 3,209 a 3,250 m.s.n.m. de la provincia de Chincheros, Región de Apurímac.

#### 3.2.1. Universo y/o población

Están representadas de tres variedades de papas nativa cultivadas (*Solanum tuberosum*) de la asociación Sumaq papa de Motoy del distrito de Ancco Huallo, provincia de Chincheros, Región Apurímac.

#### 3.2.2. Muestra

Se realizó muestreo al juicio del investigador de las tres variedades de papas nativa (*Solanum tuberosum*), utilizándose 5 kg de papa nativa por variedad.

### 3.3. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

#### 3.3.1. Materiales.

**Tabla 3.** Lista de materiales a emplear en la investigación.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA
1	Recipientes de plástico de 2 L	El rey
1	Cuchillo, con mango de madera.	Facusa
2	Espátula de acero inoxidable mango de madera	s/m
4	Vasos precipitados de 500 mL	Fortuna
100	Táperes de plástico de 1L	s/m
1	Gradilla Metálica	s/m
1	Cámara fotográfica	NIKÓN serie COOLPIX L110

### 3.3.2. Instrumentos y equipos

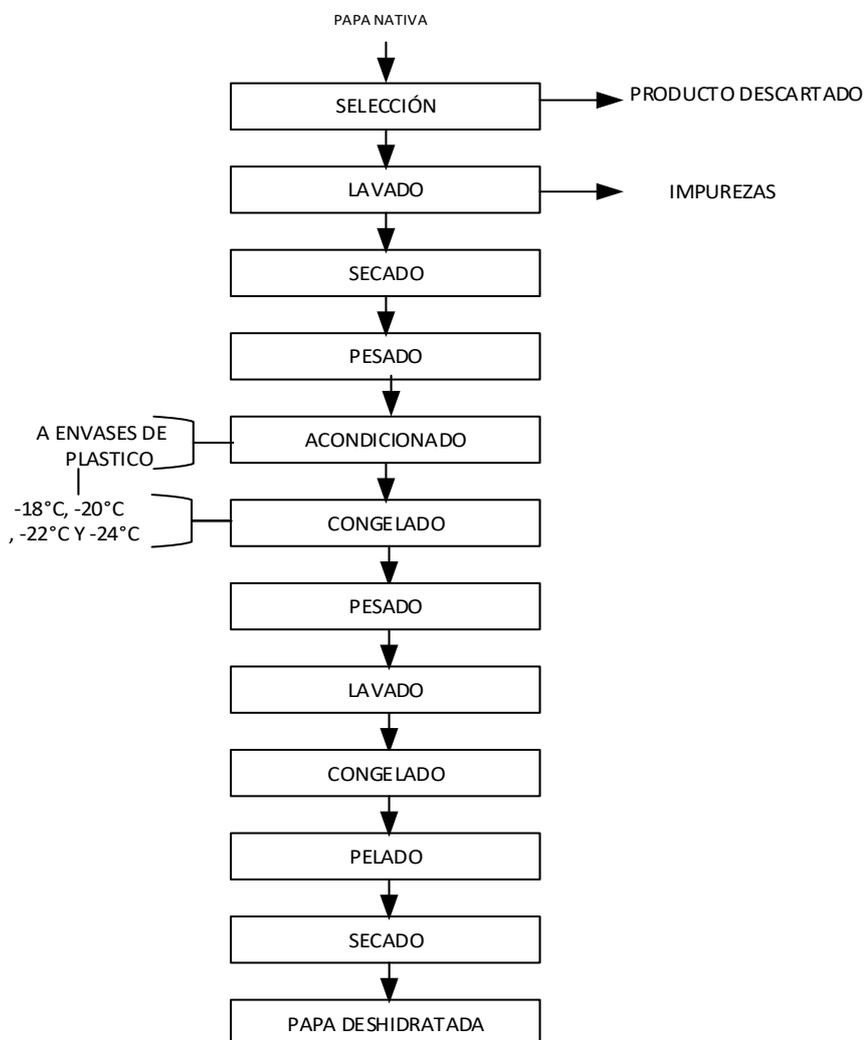
**Tabla 4.** Lista de Instrumentos y equipos empleados en la investigación.

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MARCA</b>
1	Congeladora	BOSCH
1	Refrigeradora	BOSCH
1	Cámara Digital provista de un sensor de imagen CCD	NIKÓN serie COOLPIX L110
1	Balanza electrónica digital Cap. Máxima de 30 kg.	E- ACCUPA
1	Balanza digital precisión Cap. 100g Sensibilidad 0.01g.	A BS200-4
1	Sensores de temperatura	
1	Termómetro digital - 50°C hasta +200°C	
1	Termocuplas (- 60 a 200°C), modelo 307P	CIE
1	Cronómetro	
1	Equipo para determinar la congelación (Arduino)	s/m

### 3.4. METODOLOGIA

#### 3.4.1. Congelado de papa.

El proceso de congelación de la papa se presenta en la Figura 4.



**Figura 4.** Diagrama de bloques para la evaluación del efecto de la temperatura en el color de tres variedades de papas nativas sometidas al proceso de congelación.

- **Selección:** Se realizó manualmente al fin de separar papas nativas que presenten daños físicos y mecánicos por variedad se seleccionaron 5 kilos haciendo un total de 15 kilos.
- **Lavado:** Las papas nativas fueron lavadas con agua potable, en forma manual para retirar las impurezas y partículas extrañas del tubérculo.
- **Secado:** Se realizó exponiendo al medio ambiente por un día, para no alterar el peso del tubérculo.
- **Pesado:** Se pesó con una balanza digital.
- **Acondicionado:** las termocuplas tipo K fueron colocadas al centro geométrico de las papas y se acomodó al congelador para registrar los datos de temperatura.
- **Congelado:** Las papas colocadas en el recinto fueron congeladas a temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-22^{\circ}\text{C}$ , y  $-24^{\circ}\text{C}$ , según lo propuesto en el diseño experimental y con un Data Loggers con interfaz arduino se registraron en hoja Excel la temperatura en el centro térmico.
- **Pesado:** Las papas congeladas fueron pesadas en balanza digital para obtener los pesos y diferenciar el peso inicial del peso final.
- **Lavado:** Se lavó con agua potable durante 10 días por cada 24 horas con el fin de eliminar trazas de solanina y alcaloide que tiene la papa.
- **Congelado:** Se realizó hasta observar agua limpia y/o cristalina.
- **Pelado:** Cuidadosamente se retiró la cascara del tubérculo.
- **Secado:** Se secó a la intemperie expuesta al sol por un periodo de 10 días, hasta obtener el peso constante.

#### 3.4.2. Determinación del color de la papa congelada seca.

- Se colocó las muestras en el sistema de adquisición de imágenes.
- Se procedió a adquirir las imágenes teniendo en cuenta que la muestra (papa congelada seca) que no presente sombras dentro de la cabina, para lo cual se acondicionó la cabina de toma de imágenes con sistema de iluminación adecuado.
- Se procede a tomar las imágenes con Cámara Digital provista de un sensor de imagen CCD, marca NIKÓN serie COOLPIX.
- Con la ayuda del Corel Photo Paint Software se adquiere los parámetros de color  $L^* a^* b^*$ .

### 3.5. Diseño experimental

#### 3.5.1. Matriz para el diseño factorial 4x3

Este diseño factorial consiste en trabajar en 4 y 3 niveles, respectivamente. Por ello se decide correr factorial 4x3 con tres réplicas que nos permite obtener toda la información relevante en relación al efecto de estos factores. Finalmente, al aleatorizar las 36 pruebas se obtienen los datos y se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Arreglo experimental para la recolección de datos experimentales.

TEMPERATURA(°C)	VARIEDAD	% de agua congelada			Color			%Agua no congelada		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
-18	V1									
	V2									
	V3									
-20	V1									
	V2									
	V3									
-22	V1									
	V2									
	V3									
-24	V1									
	V2									
	V3									

Donde:

V: tres variedades de papas nativas Duraznillo, Qayma Marcela y Luqui morada.

R: son replicas en cada tratamiento.

### 3.5.2. Modelo estadístico

El modelo estadístico para la factorial 4x3 es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

$\mu$ : es la media general.

$\alpha_i$ : es el efecto del nivel i-ésimo del factor A.

$\beta_j$ : es el efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ : representa el efecto de interacción en la combinación  $ij$ .

$\varepsilon_{ijk}$ : el error aleatorio.

#### 3.5.2.1. Hipótesis

Las hipótesis planteadas para el estudio fueron:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_A : \alpha_1 \neq 0 \text{ para alguna } i$$

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_A : \beta_1 \neq 0 \text{ para alguna } i$$

$$H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0 \text{ para todo } ij$$

$$H_A : (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \text{ para alguna } ij$$

Estas hipótesis se prueban mediante las técnicas de análisis de varianza que para un diseño factorial A x B con n réplicas resulta de descomponer la variación total como:

$$SC_T = SC_A + SC_B + SC_{AB} + SC_E$$

Donde los respectivos grados de libertad de cada una de ellas son:

$$nab - 1 = (a - 1) + (b - 1) + (a - 1)(b - 1) + ab(n - 1)$$

El factor  $(n - 1)$  en los grados de libertad de la suma de los cuadrados de error ( $SC_E$ ) señala que se necesitan al menos dos réplicas del experimento para calcular este componente, y por ende, para construir una tabla de ANOVA. Las sumas de los cuadrados divididas entre sus correspondientes grados de libertad se llaman cuadrados medios (CM). Al dividir estos entre el cuadrado medio del error ( $CM_E$ ) se obtienen estadísticos de prueba con distribución F.

Si el valor-p es menor al nivel de significancia  $\alpha$  prefijado, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el correspondiente efecto está activo o incluye en la variable de respuesta (Gutiérrez, 2008).

Los datos del arreglo factorial 4x3 fueron sometidos a análisis de varianzas, cuyas fuentes de variación, sumas de cuadro, grados de libertad cuadrado medio de error se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** ANOVA para el diseño factorial  $4 \times 3$ .

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>valor-p</b>
Efecto A	$SC_A$	$a - 1$	$CM_A$	$CM_A/CM_E$	$P(F > F_0^A)$
Efecto B	$SC_B$	$b - 1$	$CM_B$	$CM_B/CM_E$	$P(F > F_0^B)$
Efecto A x B	$SC_{AB}$	$(a - 1)(b - 1)$	$CM_{(AB)}$	$CM_{(AB)}/CM_E$	$P(F > F_0^{AB})$
Error	$SC_E$	$Ab (n - 1)$	$CM_E$		
TOTAL	$SC_T$	$abn - 1$			

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Promedio de Luminosidad (L\*) según las temperaturas de congelación en papas nativas.

Las variedades de papas nativas después de ser congeladas y acondicionadas sufren cambios en las coordenadas cromáticas L\*a\* b\* según (Gilbert, 1992) y según la Norma Técnica Peruana (NPT) (011.400, 2007) el color característico debería de ser próximo a blanco. Para tal efecto la coordenada más representativa para el presente estudio es la coordenada cromática L\*, con la que describimos los resultados de la luminosidad o claridad que presentan las muestras de papa congelada; se presenta los resultados obtenidos en la Tabla 7, y para efectos de evidenciar diferencias entre el color aparente (blanco) del producto obtenido en la investigación, las coordenadas cromáticas a\* y b\*, fueron empleadas para determinar los valores de Ca\*b\* y Ha\*b\* (Perez – Álvarez *et al.*, 1999).

**Tabla 7.** Promedio de Luminosidad (L\*) según las temperaturas de congelación en papas nativas.

Temperatura °C	Luqui Morada	Qayma Marcela	Duraznillo
-18	75.77 ± 2.76 a,b	77.60 ± 3.35 a	78.81 ± 0.11 a
-20	74.60 ± 3.55 a	66.48 ± 3.83 a	76.49 ± 0.97 a
-22	71.19 ± 1.71 a	65.35 ± 2.52 b	76.15 ± 2.35 b
-24	81.03 ± 3.12 b	76.33 ± 2.50 b	79.64 ± 1.10 c
p-value	0.078	0.002	0.001

En la Tabla 7 se observa los resultados del promedio de luminosidad (L\*) según las temperaturas de congelación. Determinándose a -18, -20, -22 y -24 °C en Luqui Morada valores de 75.77 ± 2.76, 74.60 ± 3.55, 71.19 ± 1.71 y 81.03 ± 3.12 de luminosidad. En cambio, en Qayma Marcela valores de 77.60 ± 3.35, 66.48 ± 3.83, 65.35 ± 2.52 y 76.33 ± 2.50 y en Duraznillo 78.81 ± 0.11, 76.49 ± 0.97, 76.15 ± 2.35 y 79.64 ± 1.10. En los valores obtenidos a simple vista se observa variación en L\*; Por tanto, cabe indicar que los valores de L\* posiblemente sean debidos a la pigmentación que presenta las papas nativas, y muy posiblemente también sea influenciado por el contenido de calcio y hierro que al estar expuesto al ambiente ésta se oxida por la que el valor de L\* y es

razón por la cual entre las variedades presenta variación en las coordenadas de L\* (Farade *et al.*, 2015).

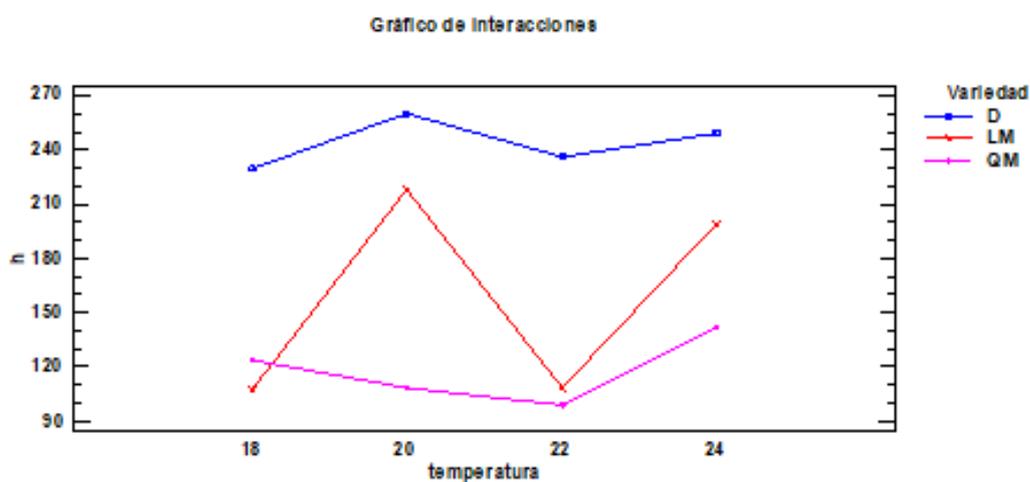
En la Tabla 8 en el análisis de varianza para la luminosidad (L\*), se ha determinado que si presento diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) al 95% del nivel de confianza, para el factor temperatura y variedad, así como para la interacción temperatura por variedad se observa en la Figura 5.

Por tanto, se rechaza la hipótesis alterna ( $H_a$ ) al ser diferente la luminosidad según la variedad de las papas nativas, así como también según la temperatura a las que fueron estudiadas.

**Tabla 8.** Análisis de varianza para luminosidad (L\*).

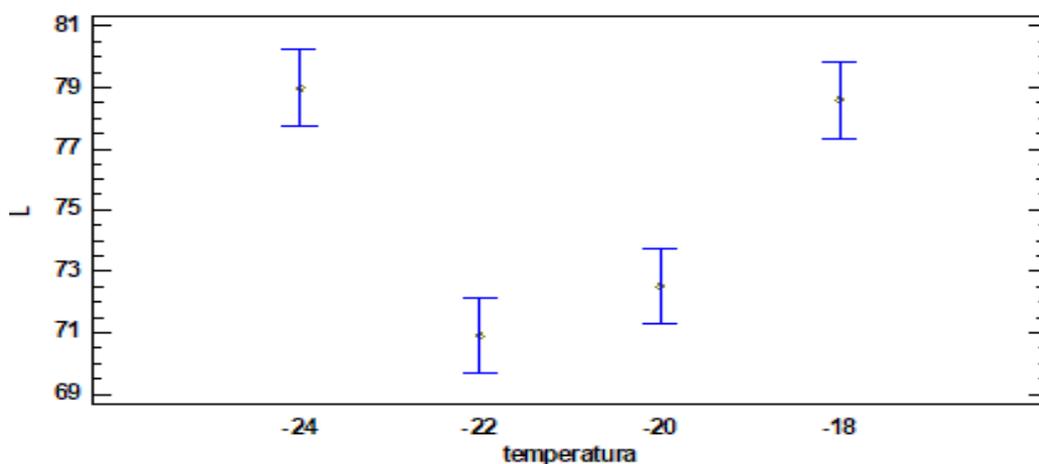
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A:temperatura	464.479	3	154.826	23.51	0
B:variedad	316.63	2	158.315	24.04	0
INTERACCIONES					
AB	134.246	6	22.374	3.4	0.0143
RESIDUOS	158.026	24	6.584		
TOTAL (CORREGIDO)	1073.38	35			

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



**Figura 5.** Efecto de la temperatura por variedad.

Según la Prueba de Fisher para Luminosidad ( $L^*$ ) en la Figura 6, los valores de Luminosidad ( $L^*$ ) en las temperaturas de congelación de  $-24$  y  $-18^\circ\text{C}$  no presentaron diferencias significativas, determinándose el mismo comportamiento en las temperaturas de  $-20$  y  $-22^\circ\text{C}$ . Sin embargo, es notorio que entre  $-24$  y  $-18^\circ\text{C}$  se diferencian de los valores de  $L^*$  determinados a  $-20$  y  $-22^\circ\text{C}$  al 95% del nivel de confianza, por lo que los valores de  $79.00 \pm 2.94$  y  $78.59 \pm 3.68$  tiende a ser oscuro claro; mientras que  $72.52 \pm 5.32$  ( $-20^\circ\text{C}$ ) y  $70.90 \pm 5.06$  ( $-22^\circ\text{C}$ ) tienden a ser más oscuro por estar cercanos al a 0 (Tabla 9).



**Figura 6.** Diagrama de medias de la Luminosidad por temperatura

Efectuando la prueba de hipótesis y según los valores obtenidos del análisis estadístico, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores de  $L^*$  a la temperatura de  $-24^\circ\text{C}$  frente a las temperaturas de  $-20$  y  $-22^\circ\text{C}$ , ocurre lo mismo con los valores de  $L^*$  a  $-18^\circ\text{C}$  por tanto se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 9.** Luminosidad ( $L^*$ ) según las temperaturas de congelación en papas nativas.

Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	$L^*$	Sig. (*)
-24	$79.00 \pm 2.94$	A
-18	$78.60 \pm 3.68$	A
-20	$72.52 \pm 5.32$	B
-22	$70.90 \pm 5.06$	B

(\*) Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), evaluadas a través de la prueba de Fisher.

La Prueba de Fisher para luminosidad por variedad de papas nativas en congelación se observa en la Tabla 10, los valores de Luminosidad ( $L^*$ ) según las variedades: Duraznillo, Luqui Morada, Qayma Marcela presentaron diferencias significativas al 95% del nivel de confianza. Determinándose que entre los valores de  $L^*$   $71.44 \pm 3.05$  tiende a ser luminoso oscuro,  $75.65 \pm 2.78$  claro y  $78.67 \pm 1.13$  que es intensamente claro. Este valor de luminosidad posiblemente sea a la pigmentación de cada variedad empleada.

Según la prueba de hipótesis debido a los valores obtenidos del análisis estadístico para  $L^*$  por variedad de papas nativas, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar con los valores de  $L^*$  en la variedad de Duraznillo, Luqui Morada y Qayma Marcela, son completamente diferentes, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 10.** Luminosidad ( $L^*$ ) por variedad de papas nativas en congelación.

Variedad	$L^*$	Sig (*)
D	$78.67 \pm 1.13$	a
LM	$75.65 \pm 2.78$	b
QM	$71.44 \pm 3.05$	c

(\*) Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) evaluadas a través de la prueba de Fisher.

#### **4.2. Promedio de la coordenada cromática ( $C^*_{ab}$ ) y el tono angular ( $H_{ab}$ ) según las temperaturas de congelación en papas nativas.**

En la Tabla 11 de los valores de croma obtenidos en el estudio según las temperaturas de congelación, se han determinado a temperaturas de -18, -20, -22 y -24 °C en Luqui Morada valores de  $3.65 \pm 2.26$ ,  $2.13 \pm 0.34$ ,  $3.80 \pm 0.34$  y  $0.97 \pm 0.24$  de  $C^*$  (pureza o saturación). En cambio, en Qayma Marcela valores de  $2.52 \pm 2.44$ ,  $5.23 \pm 3.01$ ,  $5.95 \pm 1.31$  y  $4.18 \pm 3.18$  y en Duraznillo de  $1.32 \pm 1.72$ ,  $1.93 \pm 0.82$ ,  $1.16 \pm 0.76$  y  $1.17 \pm 0.76$  de croma respectivamente.

**Tabla 11.** Promedio de la coordenada cromática (C\*ab) según las temperaturas de congelación en papas nativas

Temperatura °C	Luqui Morada	Qayma Marcela	Duraznillo
-18	3.65 ± 2.26 a	2.52 ± 2.45 a	1.32 ± 1.72 a
-20	2.13 ± 0.34 a,b	5.23 ± 3.01 a	1.94 ± 0.82 a
-22	3.80 ± 0.33 b	5.95 ± 1.31 a	1.16 ± 0.76 a
-24	0.97 ± 0.24 b	4.17 ± 3.18 a	1.17 ± 0.76 a
p-value	0.052	0.245	0.800

Analizando los valores según el análisis de varianza de cromata Tabla 12, se ha determinado que el factor variedad presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) al 95% de nivel de confianza, indicándonos, que el cromata de la papa congelada tiende a variar según la variedad en estudio. Sin embargo, la temperatura y la interacción temperatura \* variedad no influenciaron en los valores del cromata de la papa. Por tanto, para el factor variedad se rechaza la hipótesis alterna ( $H_a$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) al ser diferente el cromata.

**Tabla 12.** Análisis de Varianza para Cromata

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:temperatura	12.024	3	4.008	1,200	0,330
B:Variedad	56.848	2	28.424	8,530	<b>0,002</b>
INTERACCIONES					
AB	24.995	6	4.166	1,250	0,317
RESIDUOS	79.940	24	3.331		
TOTAL (CORREGIDO)	173.808	35			

frente al cromata de la variedad Duraznillo. Al comparar estas evidencias, presenta mayor pureza  $C^*$  del valor de  $L^*$  que se observa en la Tabla 13 la variedad duraznillo, así como también mayor tono angular en todas las temperaturas bajo estudio, seguido de la variedad Luqui Morada y Qayma Marcela respectivamente, con un tono angular promedio para estos dos últimos de  $158.47^\circ$  y  $118.44^\circ$ , mientras que el promedio para duraznillo fue de  $243.79^\circ$ ;

era de esperar que esto suceda puesto que la pigmentación de color de la pulpa de las papas nativas presentan diferentes saturación o pureza al inicio del estudio por lo que estas hayan influenciado en el producto final, por ello existen según la escala de Croma mayores o menores grises; y a medida que un color se satura, más puro y menos gris posee y que un valor 0 indica la pureza del color y 100 posee el color menos gris o menos puro corroborándose a estos considerados que la variedad de Luqui morada posee menor saturación por ser más cercano a 0 seguido a Duraznillo (Netdisseny, 2009).

Efectuando la prueba de hipótesis y según los valores obtenidos del análisis estadístico, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores de tonalidad ( $H_{ab}$ ) en la variedad de Duraznillo y Qayma Marcela frente a la variedad de Luqui Morada, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 13.** Prueba de Fisher para tonalidad ( $H_{ab}$ )según variedad.

<b>Variedad</b>	<b>Casos</b>	$\bar{X} H_{ab}^*$	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
QM	12	118.44	14.764	b
LM	12	158.47	14.764	b
D	12	243.79	14.764	a

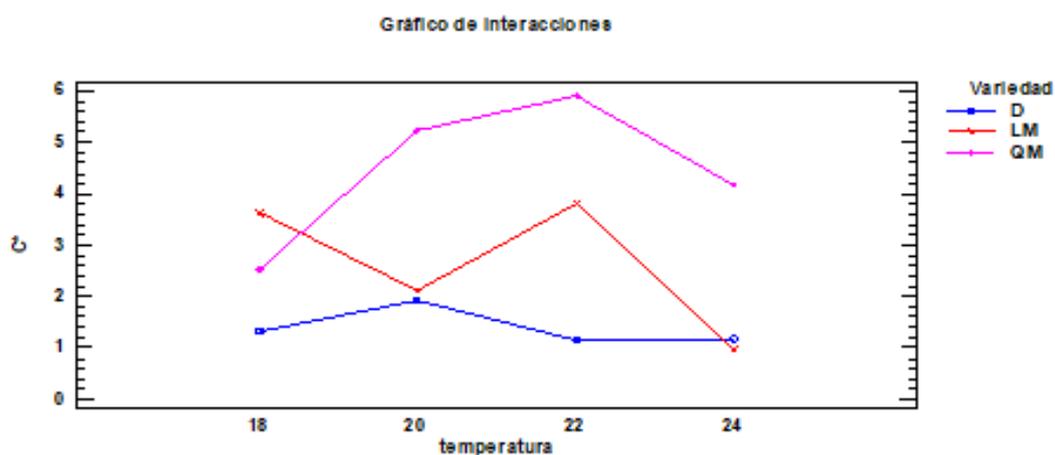
En la Tabla 14 presentamos las medias del croma según variedad, determinándose que Duraznillo presento valores de  $C^* = 1.41$ ; similares entre sí a los valores de Luqui Morada 2.638 entre estas no se evidenciaron diferencias en el croma ( $C^*$ ) en comparación al valor del croma observado en Qayma Marcela 4.46. Muy posiblemente este valor se deba a que entre las variedades el color de la peridermis (piel) de los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum*) y su distribución entre las diferentes variedades y cultivares silvestres, presentan un alto valor para la identificación fenotípica y clasificación de las papas. Comportamiento que también es posible de observar en las Figuras 7 al 8.

Efectuando la prueba de hipótesis y según los valores obtenidos del análisis estadístico, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores de croma ( $C^*$ ) en la variedad de Duraznillo y Luqui Morada frente a la variedad de Qayma Marcela, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

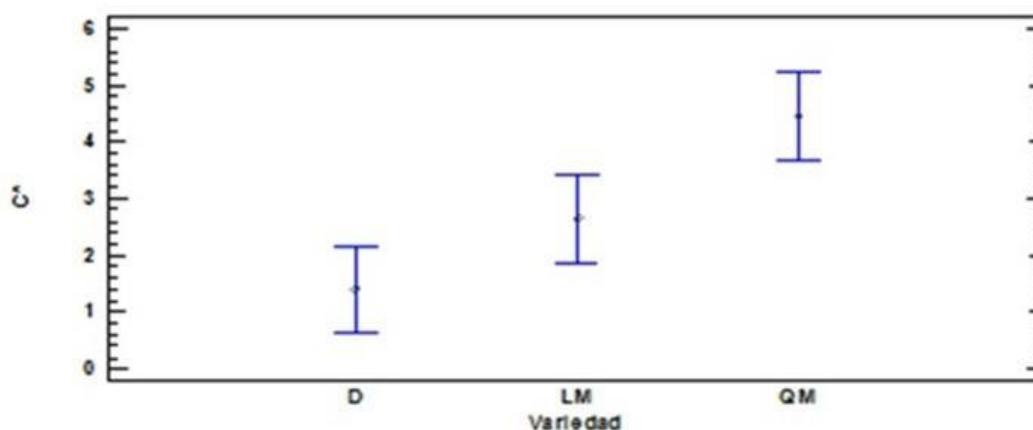
Efectuando la prueba de hipótesis y según los valores obtenidos del análisis estadístico, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores de tonalidad ( $H_{ab}$ ) en la variedad de Duraznillo y Qayma Marcela frente a la variedad de Duraznillo, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 14.** Prueba de Fisher para croma ( $C^*$ ) por variedad.

Variedad	Casos	$\bar{X} C^*$	Sigma LS	Grupos Homogéneos
D	12	1.41	0.527	b
LM	12	2.64	0.527	b
QM	12	4.46	0.527	a



**Figura 7.** Efecto del Croma de las interacciones variedades por temperaturas.



**Figura 8.** Diagrama de medias del Croma por variedad.

En la Tabla 13 se presenta las medias para la tonalidad según las variedades en estudio, determinándose en ella que entre las variedades Qayma Marcela 118.44° y Luqui Morada 158.47° no presentaron diferencias significativas en la determinación de tonalidad, sin embargo, en las variedades de Qayma Marcela y Luqui Morada frente a Duraznillo 243.79° se observó diferencias significativamente al 95,0% de nivel de confianza en la tonalidad del color de la papa congelada. Los cambios de color entre variedades de papa congelada obtenidas son posible de observar en la Figura 9 al 10.

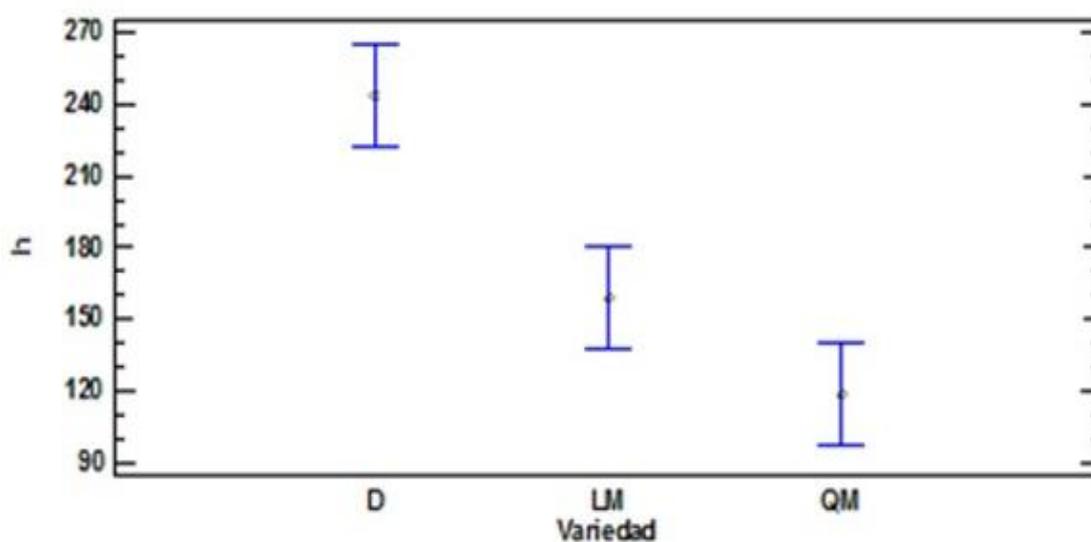


Figura 9. diagrama de media para variedad por temperatura.

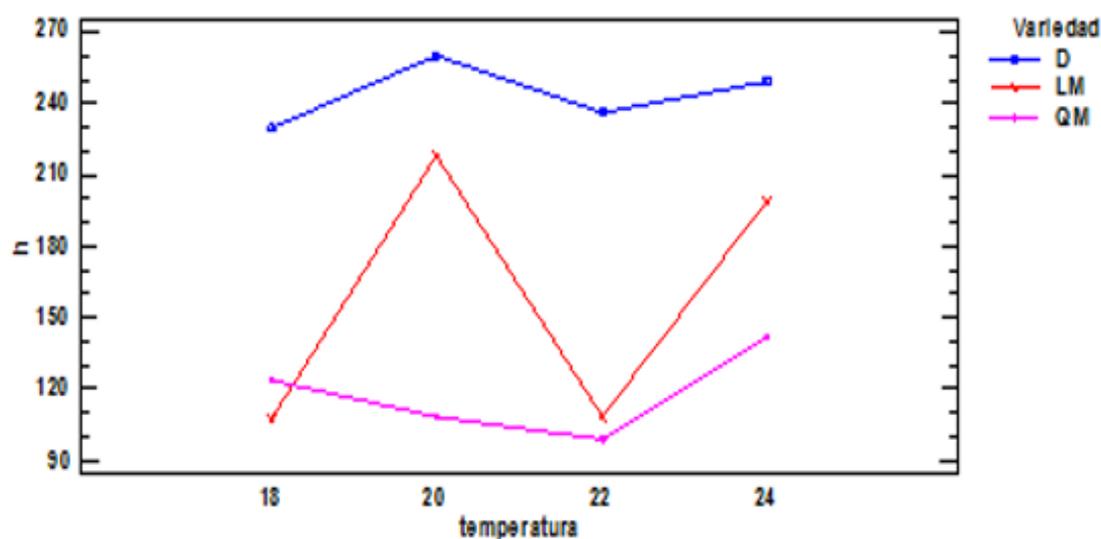


Figura 10. Efecto de la Temperatura por variedad.

Con respecto a los resultados de la evaluación de croma de las tres variedades de papas nativas indican que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). Los valores de Media LS, que representa la determinación de croma, estuvieron en el rango de 1.397 – 4.457 y presentaron un color plomo a simple vista; mostraron valores de luminosidad muy diferentes a lo reportado por Cruz *et al.*, (2013) y 95,4 para las papas comerciales de Portugal. Konuma *et al.*, (2012) mencionan que el valor de Media LS indica el nivel de blancura del almidón, y que un valor cercano a 100 indica un color más blanco y Boudries *et al.*, (2009) afirman que valores de Media LS superiores a 90 indican una blancura satisfactoria para la pureza del almidón, sin embargo, ninguna de las tres variedades de papas nativas afirma que los valores son superiores a 90, quiere decir ninguna de las variedades indica una blancura satisfactoria. Como se observa en la Tabla 7 la variedad de Duraznillo a temperatura de  $-24^{\circ}\text{C}$  obtuvo el valor de Luminosidad 81.03 esto podría deberse a la lixiviación de pigmentos de color (Falade *et al.*, 2015).

Además, la variación de la tonalidad se deba a la pigmentación del tubérculo, posiblemente se deban, por un lado, al grado de concentración de pigmentos rojos y, por otro lado, a la introducción del azul, que es una característica hereditaria que convierte el rojo anticánónico a una tonalidad púrpura (Contreras, 2001). por tanto, podemos afirmar que las tonalidades de color que la papa fresca que presenta será un factor determinante al momento de elegir una variedad para que el color de las papas después del proceso de congelado sea uniforme como los mencionan (Douches *et al.*, 1996).

#### **4.3. Porcentaje de agua congelada según la variedad de papas nativas (*Solanum tuberosum*)**

En la Tabla 15 en los valores del porcentaje de agua congelada obtenidos en el estudio según las temperaturas de congelación, se han determinado a temperaturas de  $-18$ ,  $-20$ ,  $-22$  y  $-24^{\circ}\text{C}$  en Luqui Morada valores de  $96.26 \pm 0.00$ ,  $93.23 \pm 2.84$ ,  $95.47 \pm 2.51$  y  $97.15 \pm 0.00$  del porcentaje de agua congelada. En cambio, en Qayma Marcela valores de  $96.26 \pm 0.00$ ,  $96.51 \pm 0.00$ ,  $96.92 \pm 0.00$  y  $97.09 \pm 0.00$  y en Duraznillo de  $96.51 \pm 0.00$ ,  $96.51 \pm 0.00$ ,  $96.92 \pm 0.00$  y  $97.09 \pm 0.17$  del porcentaje de agua respectivamente.

**Tabla 15.** Porcentaje de agua congelada según las temperaturas de congelación en papas nativas

Temperatura °C	Luqui Morada	Qayma Marcela	Duraznillo
-18	96.26 ± 0.00 a	96.26 ± 0.00 a	96.51 ± 0.00 a
-20	93.23 ± 2.84 a	96.51 ± 0.00 b	96.51 ± 0.00 a
-22	95.47 ± 2.51 a	96.92 ± 0.00 c	96.92 ± 0.00 b
-24	97.15 ± 0.00 a	97.09 ± 0.00 d	97.09 ± 0.17 c
p-value	0.382	0	0

El porcentaje de agua congelada (Tabla 16) en las papas, fue influenciado por la variedad y la temperatura de congelación, al 95% de nivel de confianza. Sin embargo, no presentaron diferencias significativas de acuerdo con las evidencias del análisis de varianza la interacción variedad por temperatura.

**Tabla 16.** Análisis de Varianza para el porcentaje de agua congelada.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	10,905	2	5,452	4,530	0,021
B:Temperatura	13,153	3	4,384	3,650	0,027
INTERACCIONES					
AB	14,836	6	2,473	2,060	0,097
RESIDUOS	28,861	24	1,203		
TOTAL (CORREGIDO)	67,755	35			

Los valores de porcentaje de agua congelada y sin congelar fueron superiores a los determinados por Della *et al.*, (2013) quienes determinaron que a humedades de 84% en promedio 74 a 78.9% en tanto para el agua no congelada entre 5.10 a 10%, asimismo las temperaturas a las que fueron congeladas, influenciaron en el porcentaje de agua congelada y no congelada corroborándose lo estudiado por Rao *et al.*,(2005) observándose en ella que a medida que se incrementa la temperatura de congelación el porcentaje de agua congelada incrementara paulatinamente desde 70% en frutos congelados a -5°C hasta 100° congeladas a 30°C . El porcentaje de agua congelada, debido a que

juega un papel importante sobre los atributos sensoriales, a mayores tasas de nucleación menores serán los cristales formados y por tanto mejores serán las propiedades organolépticas del producto.

En la Tabla 17 y 18 se presenta en análisis de comparaciones múltiples para la prueba de mínima diferencia significativa tanto para la variedad y temperatura. Se ha determinado que las variedades Duraznillo y Qayma Marcela presentan similar porcentaje de agua congelada, sin embargo, por su particularidad Luqui Morada presentó menor porcentaje de agua congelada (Figura 12).

Referente al comportamiento de la temperatura de congelación se ha evidenciado y determinado que entre  $-20$  y  $-24^{\circ}\text{C}$ , el porcentaje de agua congelada es completamente diferente al porcentaje de agua congelada determinada a  $-18^{\circ}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $22^{\circ}\text{C}$  respectivamente, estas diferencias se observan en las figuras 12 al 14. Las afirmaciones anteriores, hacen presumir que no en todas las variedades el agua se congelada con la misma intensidad, como se observa en la figura 11.

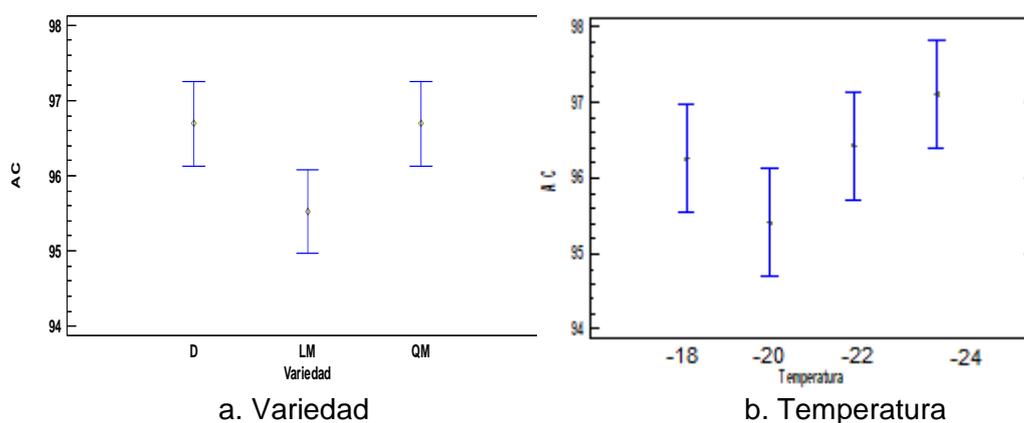
Efectuando la prueba de hipótesis y según los valores obtenidos del análisis estadístico, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores del porcentaje de agua congelada en la variedad de Luqui Morada y Duraznillo frente a la variedad de Qayma Marcela, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ). De la misma forma para el porcentaje según las temperaturas se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores de porcentaje de agua congelada a la temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  frente a las temperaturas de  $-18$  y  $-22^{\circ}\text{C}$ , ocurre lo mismo en los valores del porcentaje de agua a temperaturas de  $-24^{\circ}\text{C}$  por tanto se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 17.** Porcentaje de agua congelada por variedad de papas nativas.

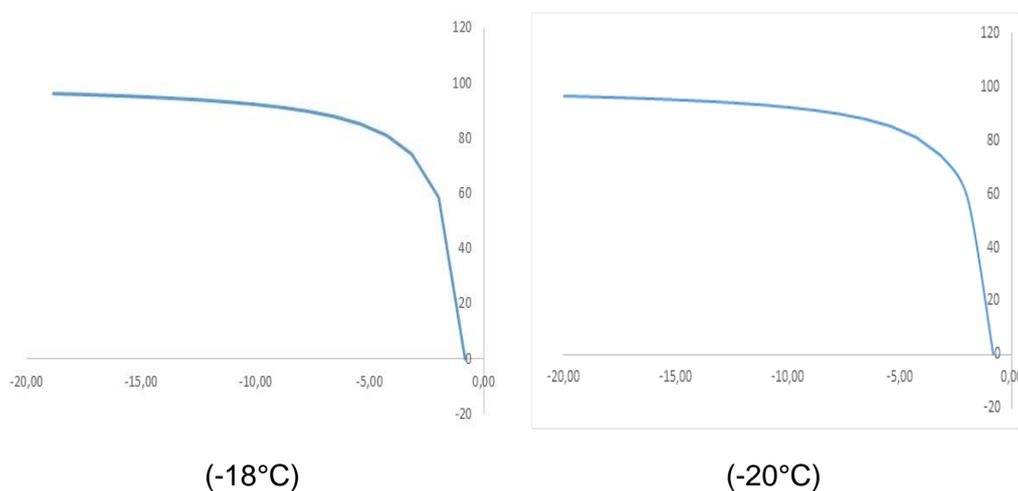
<b>Variedad</b>	<b>% agua congelada</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
LM	95.53	b
D	96.69	a
QM	96.69	a

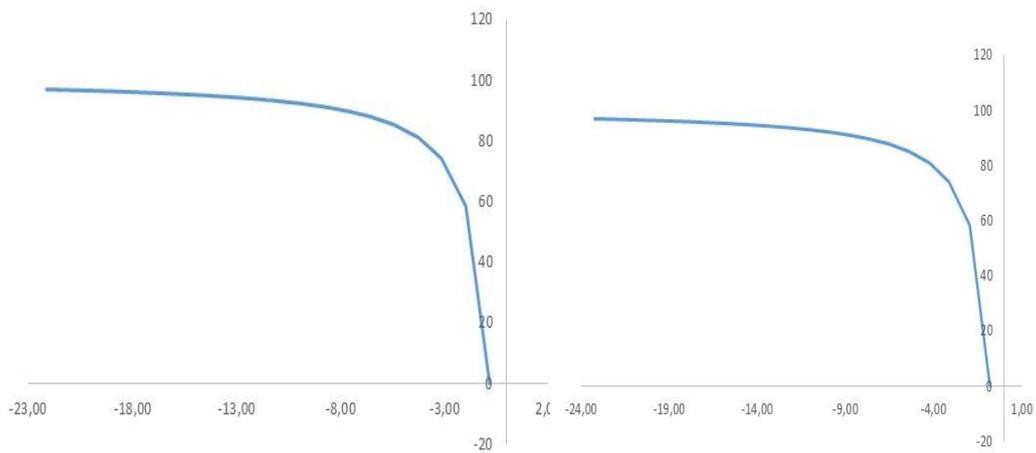
**Tabla 18.** Porcentaje de agua congelada para la temperatura de congelación.

Temperatura °C	% de agua congelada	Grupos Homogéneos
-20	95.41	b
-18	96.26	ba
-22	96.44	ba
-24	97.11	a



**Figura 11.** gráfica de medias de agua congelada.

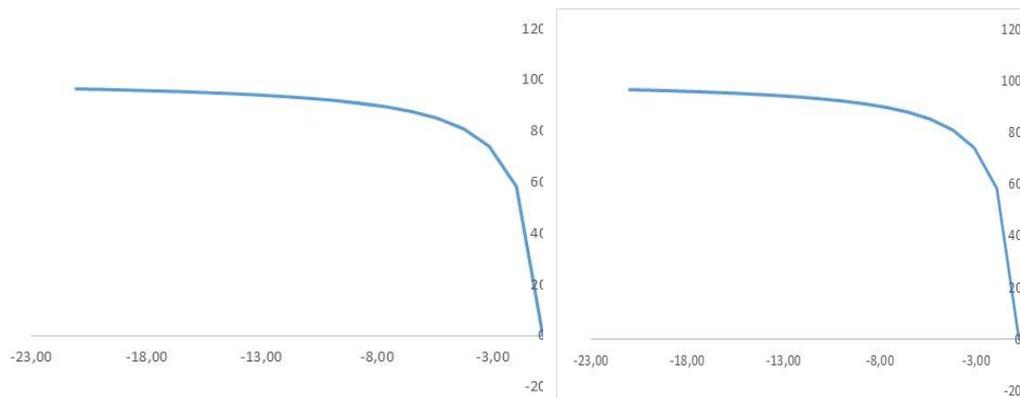




(-22°C)

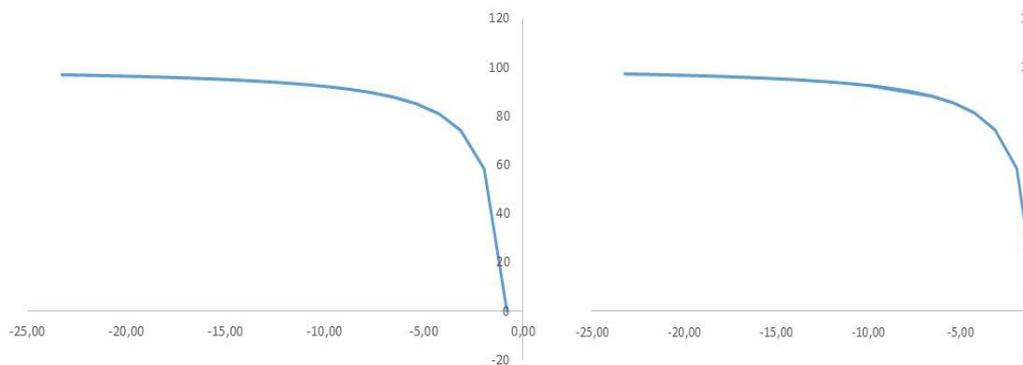
(-24°C)

**Figura 12.** Variación del porcentaje de agua congelada en la variedad de Duraznillo.



(-18°C)

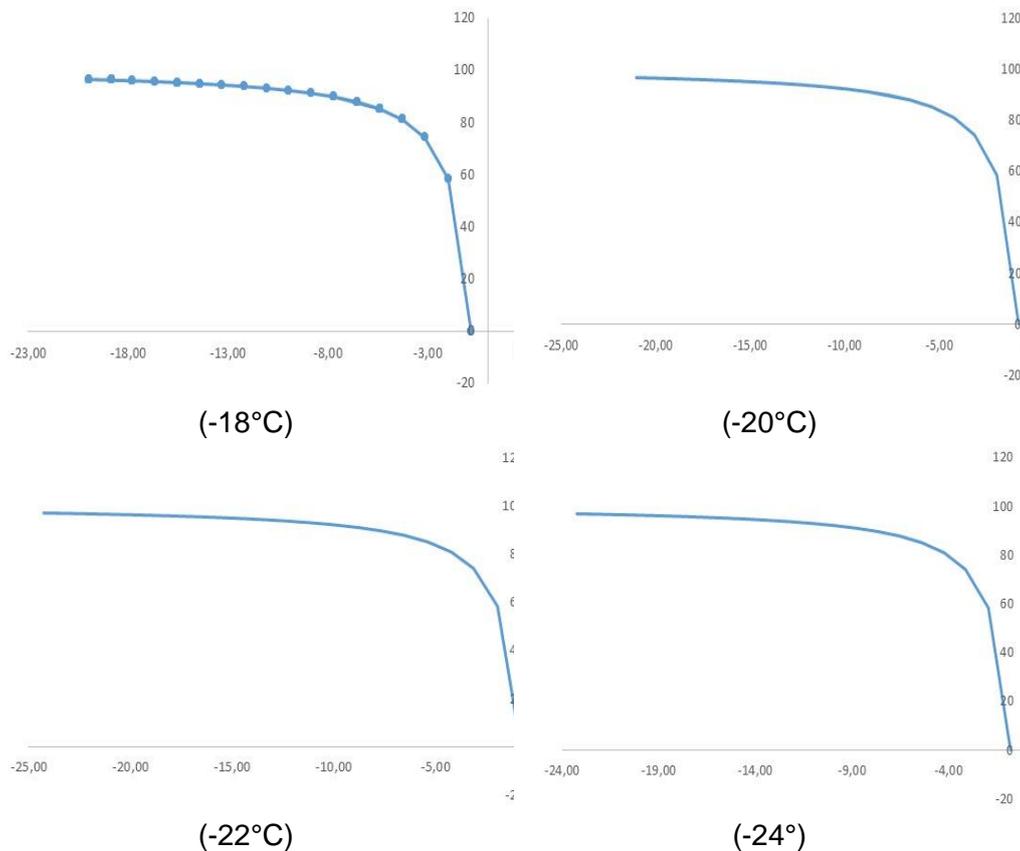
(-20°C)



(-22°C)

(-24°C)

**Figura 13.** Variación del porcentaje de agua congelada en la variedad de Qayma Marcela.



**Figura 14.** Variación del porcentaje de agua congelada en la variedad de Luqui Morada.

#### 4.4. Porcentaje de agua sin congelar según la variedad de papas nativas (*Solanum tuberosum*).

En la Tabla 19 en los valores del porcentaje de agua sin congelar obtenidos en el estudio según las temperaturas de congelación, se han determinado a temperaturas de -18, -20, -22 y -24 °C en Luqui Morada valores de  $3.74 \pm 0.00$ ,  $6.77 \pm 0.00$ ,  $4.53 \pm 0.00$  y  $2.95 \pm 0.00$  del porcentaje de agua sin congelar. En cambio, en Qayma Marcela valores de  $3.74 \pm 0.00$ ,  $3.50 \pm 0.00$ ,  $3.50 \pm 0.00$  y  $2.91 \pm 0.00$  en Duraznillo de  $3.49 \pm 0.00$ ,  $3.49 \pm 0.00$ ,  $3.08 \pm 0.00$  y  $2.91 \pm 1.04$  del porcentaje de agua sin congelar respectivamente.

**Tabla 19.** Promedio de agua sin congelar según las temperaturas de congelación en papas nativas

Temperatura °C	Luqui Morada	Qayma Marcela	Duraznillo
-18	3.74 ± 0.00 a	3.74 ± 0.00 a	3.49 ± 0.00 a
-20	6.77 ± 0.00 b	3.50 ± 0.00 b	3.49 ± 0.00 a
-22	4.53 ± 0.00 b	3.50 ± 0.00 b	3.08 ± 0.00 a
-24	2.95 ± 0.00 b	2.91 ± 0.00 b	2.91 ± 1.04 a
p-value	0.0131	0.008	0.218

En la Tabla 20 se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de agua no congelada, a partir de ella se ha determinado que, si hay evidencias encontradas sobre la cantidad de agua no congelada, la misma que es influenciada por la variedad en el estudio y la temperatura de congelación a las que fueron sometidas las papas nativas, al 95,0% de nivel de confianza. Determinándose lo contrario para la interacción Variedad \* Temperatura de congelación, lo que nos da a entender que el porcentaje de agua sin congelar no dependerán de la asociación de la variedad por temperatura. Por lo que afirmamos que tanto la variedad como la temperatura tendrán efectos independientes sobre la cantidad de agua no congelada. Observándose este hecho en la Figura 15.

**Tabla 20.** Análisis de Varianza para el porcentaje de agua sin congelar.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad	10,753	2	5,377	4,450	0,023
B:Temperatura	12,014	3	4,005	3,310	0,037
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	15,004	6	2,501	2,070	0,095
RESIDUOS	29,008	24	1,209		
TOTAL (CORREGIDO)	66,779	35			

En la Tabla 21 se observa en el caso de duraznillo presentó diferencias significativas frente a Luqui Morada, y Duraznillo frente a Qayma Marcela. Sin embargo, no se determinaron diferencias en el porcentaje de agua no congelada entre duraznillo y Qayma Marcela.

Efectuando la prueba de hipótesis y según los valores obtenidos del análisis estadístico, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores de variedad de papa nativa para el porcentaje de agua no congelada de Duraznillo y Luqui Morada frente a la variedad de Qayma Marcela, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 21.** Promedio de variedad de papa nativa para el porcentaje de agua no congelada.

Variedad	% agua no congelada	Grupos Homogéneos
D	3.32	b
QM	3.34	b
LM	4.49	a

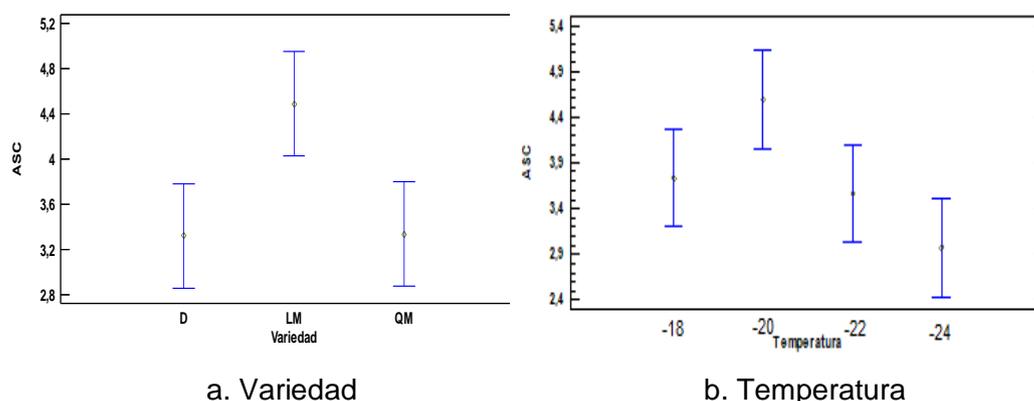
Para el caso de la temperatura de congelación y su influencia en el porcentaje de agua no congelada (Figura 15) solo se determinaron diferencias significativas entre las papas congeladas a  $-20$  y  $-24^{\circ}\text{C}$  y no para las demás temperaturas en estudio, es decir, que presentan el mismo porcentaje de agua no congelada entre las temperaturas de congelación de  $-18^{\circ}\text{C}$  frente a  $-20$ ;  $-22$  y  $-24^{\circ}\text{C}$ ; así mismo entre  $-20$  y  $-22^{\circ}\text{C}$  y finalmente entre  $-22$  y  $-24^{\circ}\text{C}$  respectivamente

Efectuando la prueba de hipótesis y según los valores obtenidos del análisis estadístico (Tabla 22), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) puesto que las medias no son iguales al comparar los valores del porcentaje de agua no congelada según la temperatura a  $-24^{\circ}\text{C}$  frente a las temperaturas de  $-18$  y  $-22^{\circ}\text{C}$ , ocurre lo mismo con los valores del porcentaje de agua no congelada a  $-20^{\circ}\text{C}$  por tanto se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 22.** Promedio de temperatura para el porcentaje de agua no congelada.

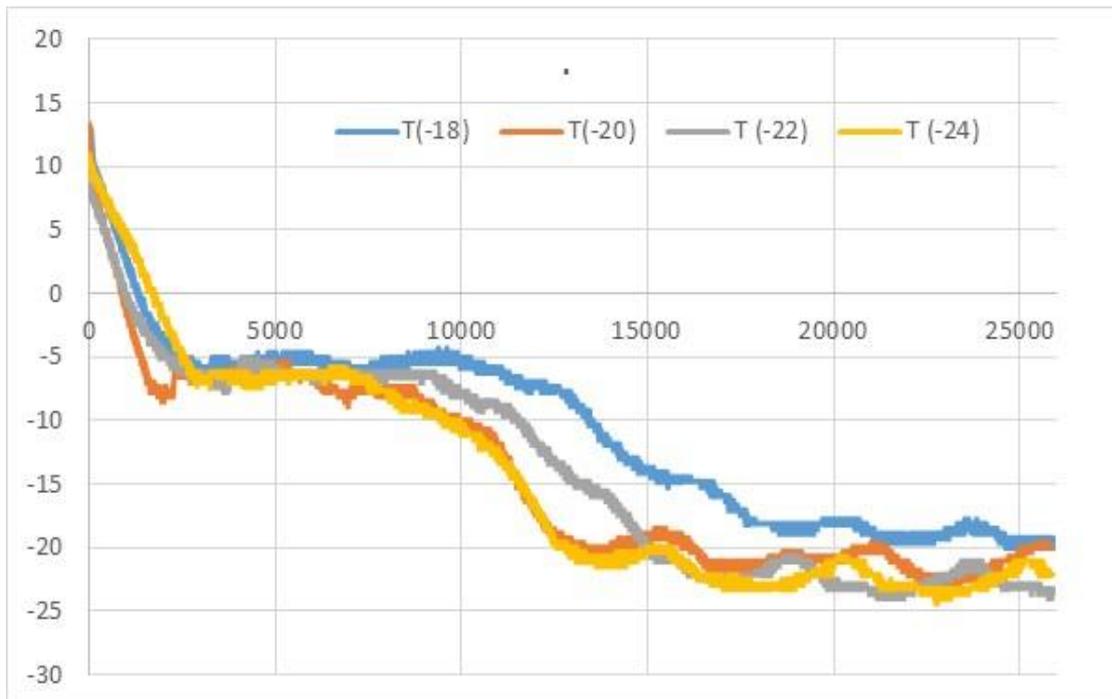
Temperatura °C	% de agua no congelada	Grupos Homogéneos
-24	2.97	b
-22	3,57	ba
-18	3,74	ba
-20	4,59	a

Del estudio indicamos que los tamaños medianos de las muestras evaluadas favorecieron la velocidad de enfriamiento los cuales son posibles de observar en las figuras 16 al 18, lo que contribuyen directamente en los cambios de fase con la consecuente elevación de la tasa de nucleación como lo indica (Kiani *et al.*, 2011; Petzold *et al.*, 2009).

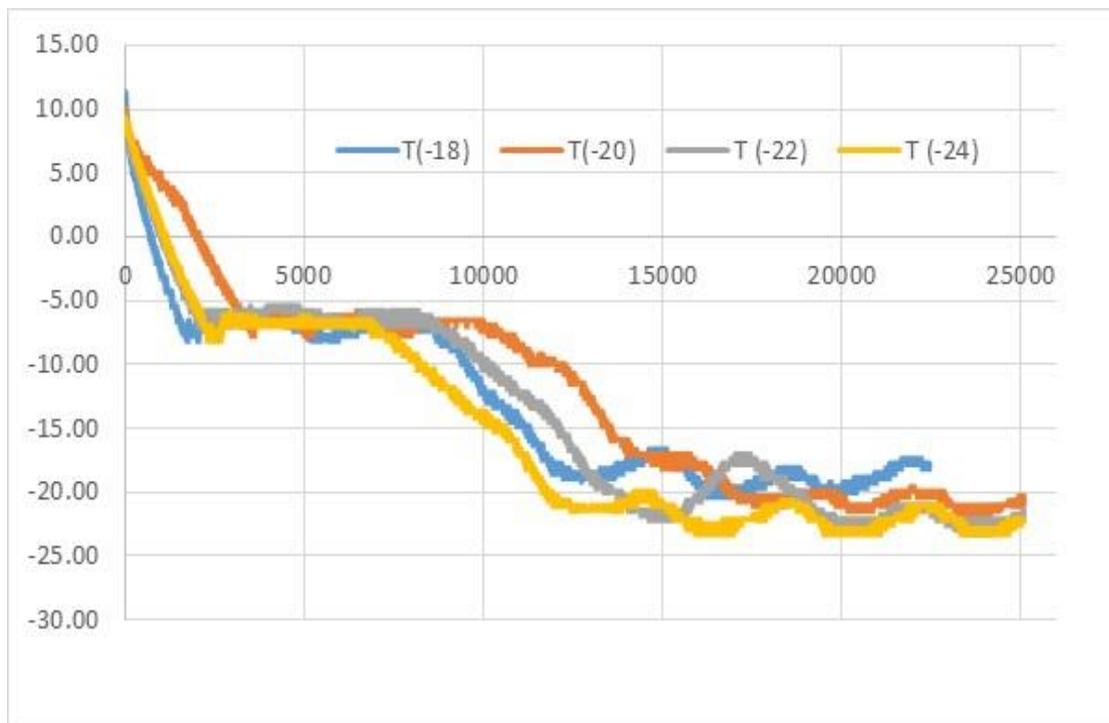


**Figura 15.** Gráfica de medias de agua sin congelar.

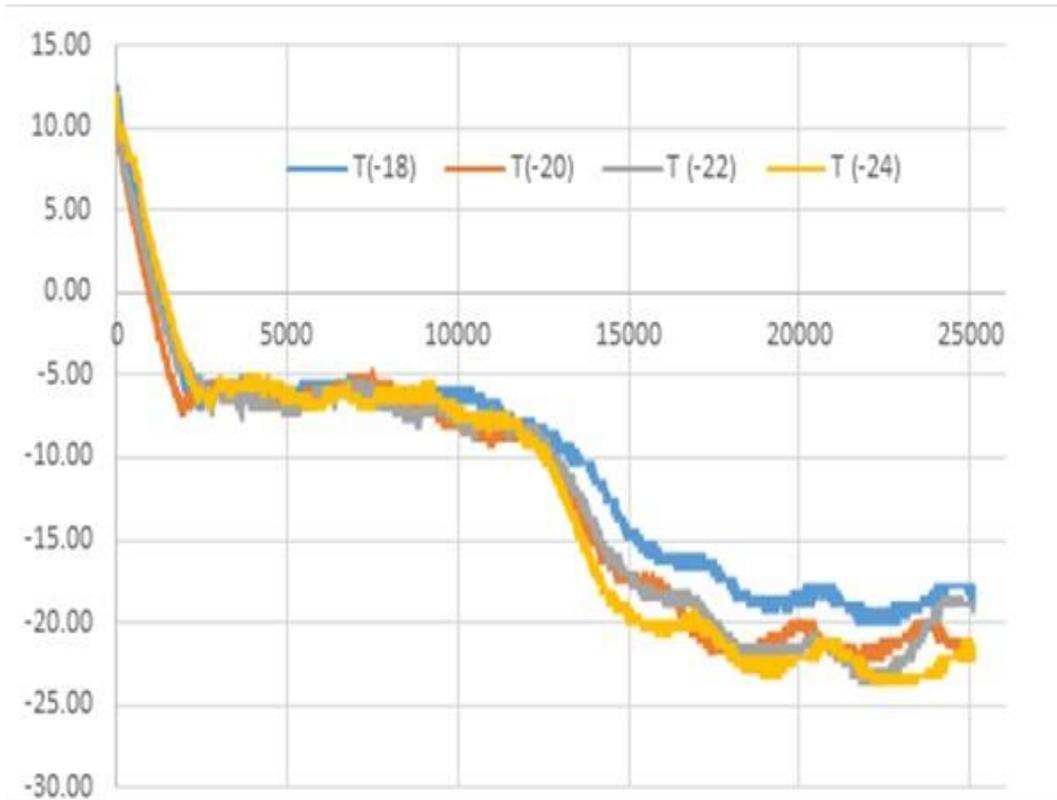
Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las discusiones del porcentaje de agua sin congelar en papas nativas. Sin embargo, autores como (Fellows, 1994) y Rodríguez *et al.*, (2002) coinciden en que los productos congelados llegan a pasar hasta un contenido de agua el 15% y la segunda, que se produce el agua sin congelar, el contenido del agua en el producto se reduce hasta un 2%. En cuanto al resultado obtenido, cabe señalar que el resultado del porcentaje de agua sin congelar se asemeja con los resultados obtenidos por (Huallpa, 1983) en donde experimentalmente llega a determinar en la variedad de Luqui Morada 3.50, Qayma Marcela 3.41 y Duraznillo 3.25%, una pequeña variación que se presume a la variedad de papas nativas empleadas, al tiempo de secado y a la metodología de procesamiento.



**Figura 16.** Curva de congelación de Luqui Morada.



**Figura 17.** Curva de congelación de Duraznillo.



**Figura 18.** Curva de congelación de Qayma Marcela.

## CONCLUSIONES

Del estudio se concluye:

- Las papas nativas a diferentes temperaturas de congelación (-18, -20, -22, -24) °C influye en el color de las papas congeladas y ésta es dependiente de la variedad estos presentan dos grupos bien diferenciados, quiere decir, que a -24 y -18°C no presentan diferencias significativas, por lo tanto, el color que presenta las muestras de papa congelada son similares que ocurre lo mismo con las temperaturas -20 y -22°C. Los valores de color observados estadísticamente son completamente diferentes determinándose que Duraznillo presenta valores similares entre sí a los valores de Luqui Morada, entre estas variedades no se evidenciaron diferencias en el color en comparación al valor del color observado en Qayma Marcela. Este valor se debe a que entre las variedades del color de la epidermis (piel) de los tubérculos de la papa y su distribución entre las diferentes variedades y cultivares silvestres, presentan un alto valor para la identificación fenotípica y su posterior clasificación.
- El porcentaje de agua congelada por variedad y por temperatura, ambos factores influyen para determinar el porcentaje de agua congelada, determinándose que entre las variedades de Duraznillo y Qayma Marcela el agua se congela del mismo porcentaje para todo nivel de temperatura (-18, -20, -22, -24) °C al 96.694% de agua congelada, a diferencia de Luqui Morada que por su composición de la variedad esta se congela en menor porcentaje 95.526%.
- En cuanto al porcentaje de agua sin congelar, la misma que es influenciada por la variedad y temperaturas de congelación a las que fueron sometidas, en el caso de Duraznillo presentó diferencias significativas (3.321%) frente a Luqui Morada (4.489%) y Luqui Morada frente a Qayma Marcela. Sin embargo, no se encontró diferencias significativas en el porcentaje de agua sin congelar entre Duraznillo y Qayma Marcela. Para el caso de la temperatura de congelación y su influencia en el porcentaje de agua sin congelar, presentan en mismo porcentaje de agua no congelada en la temperatura de congelación.

## **RECOMENDACIONES**

Del estudio se recomienda lo siguiente:

- Realizar estudios con otros sistemas de congelamiento para comparar los resultados de color y microestructura de la papa congelada no ejecutada en el estudio.
- Realizar pruebas de rehidratación y pruebas de cocción para evaluar la aceptabilidad en el consumidor.
- Realizar un estudio de costos del proceso para determinar el costo de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abegunde, et al., (2012).** Physicochemical characterization of starches from some Nigerian and Chinese roots and tubers. *African Journal of Food Science* 6(11):317-329.
- Aznar Casanova, J. (2016).** Psicología de la percepción visual. Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.ub.edu/pa1/node/53>.
- Belloq, E. (2012).** Tecnología de los alimentos. Universidad Tecnológica Nacional Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Boudries, et al., (2009).** Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. *Carbohydrate Polymers* 78(3):475-480.
- Bryant et al., (1997).** Effect of lime on gelatinization of com flour and starch. *Cereal Chemistry*, 74: 171-175.
- Camporeale et al., (2006).** Manual de Iluminación Eficiente. Universidad Tecnológica Nacional y Efficient Lighting Initiative, Buenos Aires, Argentina, Cap. 2. ISBN: 978-950-42-0077-2.
- Cañeque et al., (2005)** Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGIA AGRARIA Y ALIMENTARIA. Madrid España.
- Capilla et al., (2002).** Fundamentos de Colorimetría. Servei de Publicacions de la Universitat de València, España, pp. 94-96.
- Contreras, R. (2007).** El origen del color en la naturaleza. Una introducción a la química del color. Primera edición, Universidad de Los Andes, Vicerrectorado Académico, CODEPRE, Venezuela, pp. 71-86.
- Contreras, A. (2003).** Botánica de la papa. 2001. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Disponible en <http://www.agrarias.uach.cl/webpapa/mitos.html>.

- Cortés, J. (2000).** La percepción del color. Disponible en [http://personal.us.es/jcortes/Material/Material\\_archivos/Articulos%20PDF/olor.pdf](http://personal.us.es/jcortes/Material/Material_archivos/Articulos%20PDF/olor.pdf).
- Copyright, (2007).** Autores y Colaboradores. Cite/attribute Resource. Esta obra se publica bajo una licencia creative Commons License.
- Chavéz et al., (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.
- CHEN, C. (1985).** Thermodynamic analysis of freezing and thawing of foods: enthalpy and apparent specific heat. *J. of food Science*.
- De Jeong et al., (1993).** Inheritance of tuber shape in cultivated diploid potatoes. *Am. Potato J.* 70:267-282.
- Desrosier, N. (1983).** Elementos de tecnología de alimentos. 6. to. Impresión. Compañía. Editorial. Continental, S. A. de C. V., México, D.F. México. 783p.
- Falad et al., (2015).** Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids* 44: 478-490.
- Fernández, C. (2008).** caracterización geológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Efectos del proceso y adición de crioprotectores. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE VETERINARIA. Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Madrid España.
- Fellows, P. (2000).** Food processing technology: principles and practice. 2nd ed. Ed. por: Woodhead Publishing. London.
- Fellows, P. (1994).** Tecnología de Procesado de los Alimentos Principios y Perspectivas, Ed. Acribia, España.
- Fries, et al., (2015).** Guía de campo de los cultivos andinos. Lima, PE, FAO; p 209. Effect of high-speed jet on flow behavior, retrogradation, and molecular weight of rice starch. *Carbohydrate Polymers* 133:61-66.

- García, J. (2012).** Luminotecnia. iluminación de interiores y exteriores. Oriol Boix Aragonès, Departament D'enginyeria Elèctrica, Barcelona, España, pp4. disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/tablacontenidos.html>.
- Gil Vicente, M. (2014).** Pigmentos bioactivos y propiedades ópticas de la frambuesa. Trabajo fin de máster. Universidad de Sevilla.
- Gijarro Vega, C. (2008).** Propuesta gastronómica mediante la utilización de las diez principales variedades de papa nativa que se cultivan en la provincia de Cotopaxi (tesis de grado). Universidad tecnológica equinoccial, Quito.
- Girard et al., (1991).** "El picado grosero. La reestructuración de las pastas finas". En Girard, J.P. *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. Zaragoza, Acribia. Cap. VII, p. 231-300.
- Gómez et al., (2008).** Papas Nativas: Catálogo de variedades y usos gastronómicos. Revista del Centro Internacional de la Papa; p 2-46.
- Gómez et al., (2006).** "Rheological behaviour of Galician honeys". *European Food Research and Technology*, 222: 439–442.
- Gomez et al., (2008).** Papas nativas del Perú. La molina: Ministerio de Agricultura.
- Gutiérrez et al., (2008).** Análisis y diseño de experimentos. México: Mc Graw Hill; p 103.
- HUallpa Sosa, G. (1983).** Análisis Bromatológico Del Chuño Negro Y Blanco Bajo Tres Formas De Elaboración. Puno-Perú.
- Moo, (1993).** "Técnicas fotogramétricas para cámaras panorámicas", SPIE93-photogrammetry, 1993, pp. 127—139.
- Heldman et al., (1997).** Principles of food processing. Freezing and frozen-food storage. Chapman & Hall. Nueva York. pp. 113-137.
- INIA, (2009).** CARACTERIZACION MORFOLÓGICA DE 61 VARIEDADES NATIVAS DE PAPA, coordinación nacional de programa de la investigación en papa.

- INR, (1971).** INSTITUTO NACIONAL DE REFRIGERACION, Alimentos congelado y distribución. Traducido por León Villanúa Fungairiño, Editorial Acribia S.A Zaragoza, España.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), (2007).** Tubérculos procesados: papa deshidratada, tunta, requisitos y definiciones: Norma técnica peruana (NTP) 011.400:2007. Lima, Perú: Author. 15 pp.
- Jan et al., (2005).** Identification of ten novel mutations in patients.
- Jing et al., (2015).** Carotenoids and volatile profiles of yellow- and red-fleshed papaya fruit in relation to the expression of carotenoid cleavage dioxygenase genes. *Postharvest Biology and Technology* 109:114-119.
- Joaqui et al., (2013).** Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir del almidón. *Rev. Bio. Agro* 11(2): 56-58.
- Kiani et al., (2011).** Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 22(8), 407-426.
- Konuma et al., (2012).** Color characteristics of sago starch as they relate to the growth environment of the sago palm (*Metroxylon sagu* Robb). *Journal of Agricultural Technology* 8(1):273-287.
- Levy et al., (1995).** "Carotenoid pigments and  $\beta$ -carotene in paprika fruits (*Capsicum*, spp) with different genotypes". *J. Agric. Food Chem.*, 43, p. 362-366.
- Lozano, R. (1978).** "El color y su medición". Buenos Aires, Americalee S.R.L.
- Lund, D. (1975).** "Effects of blanching, pasteurization and sterilization on nutrient". En: *Nutritional evaluation of food processing*. Ed. por: Harris, R.S. y Karmas, E., AVI Publishing. New York. Pp: 205–240.
- McLAREN, K. (1984).** "Food colorimetry". En Walford, J. (Ed.) *Developments in food colours*. London, Elsevier Applied Science. Vol. I.
- Mac Dougall, D. (2002).** *Colour in food: Improving quality*. CRC Press, EE. UU; Woodhead Publishing Limited, Inglaterra, pp. 35-46.

- Medina et al., (2010).** Study on image analysis application for identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) geographical provenance. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 238- 246. doi: 10.1016/j.lwt.2009.07.010.
- MINAGRI, (2015).** Industrialización de la papa. <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/25-sector-agrario/papa/214>.
- Monje, L. (2008).** Introducción a la fotografía científica. Centro de apoyo a la Investigación de la Universidad de Alcalá, Madrid, España. Disponible en [http://foto.difo.uah.es/curso/la\\_iluminacion.html](http://foto.difo.uah.es/curso/la_iluminacion.html).
- Morioka, A. (2008).** Color Design Workbook: A Real World Guide to Using Color in Graphic Design. Rockport Publishers. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=xsBc9kzVVQUC>.
- Netdisseny, (2009).** Nociones Básicas de Teoría del Color, Cuaderno 2, Netdisseny, Castellón, España. <http://www.weblogicnet.com/descargas/teoria-del-color.pdf>
- Ortega et al., (2005).** La biodiversidad ancestral de las papas nativas: su contribución a la diversificación de productos para los pequeños productores alto andinos. Revista digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela; p 35-57.
- Ortiz, Z. (2002).** Procesamiento morfológico de imágenes en color. Aplicación a la reconstrucción geodésica. Tesis presentada a la Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alicante, para optar al grado de Doctor of Philosophy, pp.8-34.
- Orrego, C. (2008).** Congelación y Liofilización, primera edición Artes Gráficas Tizan Ltda. Colombia.
- Patricia et al., (2013).** Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum*) sometida a diferentes pretratamientos. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

- Padrón et al., (2012).** “Determinación de color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante su maduración”. En *Agronomía Costarricense*, pp. 97-111
- Petzold, et al., (2009).** Ice morphology: fundamentals and technological applications in foods. *Food Biophys.* 4, 378–396.
- Pérez, M. (2007).** Frutas y hortalizas cortadas en fresco. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Pérez-Álvarez et al., (1999a).** “Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica”. *Eurocarne*, VIII (63), 115-122.
- Pronk et al., (1996).** Pyruvate metabolism in *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* 12(16):1607-33.
- Quispe, P. (2013).** Estudio Económico del Cultivo de Quinoa. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria la Molina. 135p.
- Rao, M. (2006).** Viscosity of food: measurement and application. From encyclopedia of analytical chemistry. Chichester, UK, Editorial John Wiley & Sons. p. 1-16.
- Reinoso et al., (2005).** Las papas nativas en el Ecuador: estudios cualitativos sobre oferta y demanda. *Revista del Centro Internacional de la Papa*; p 1-23.
- Román et al., (2002).** Cultivo de papa. San Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 4- 7 pp.
- Rodríguez et al., (2002).** “Ingeniería de la Industria Alimentaria”. Vol. III. Editorial Síntesis, S. A.
- Sanchez et al., (2011).** Review: freeze concentration technology applied to dairy products. *Food Science and Technology International* 17(1): 5–13.
- Sanz et al., (2001).** Diccionario Akal del Color. Ediciones AKAL. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=2S3UJ3HB4QcC>.
- Singh et al., (2000).** Introduction to Food Engineering, Third Edition, Academic Press, London.

**UNE, (1984a).** Norma Española 40-080: “Determinación de coordenadas cromáticas

CIE”. Madrid, IRANOR.

**WELTI-CHANES, J. (2007).** Apuntes de Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. Inéditos.

**Zheng *et al.*, (2012).** Performance of CIE LAB – based color difference formulae under different viewing. *Adv. Mat. Res.* 457, 1294 – 1298.

## **ANEXOS Y APÉNDICES**

Anexo 1. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
¿Cuál es el efecto de la temperatura en el color de tres variedades de papas nativas sometidas al proceso de congelación?	Evaluar el efecto de la temperatura en el color de tres variedades de papas nativas ( <i>Solanum tuberosum</i> ) sometidas al proceso de congelación.	La temperatura del proceso de congelación afecta en el color y sufren cambios en función a la variedad de papas nativas ( <i>solanum tuberosum</i> ).	Temperatura	-18	°C
				-20	°C
				-22	°C
				-24	°C
				Duraznillo	Variedad
				Qayma marcela	Variedad
				Luqui morada	Variedad
¿Cuál es el efecto de temperatura a (-18, -20, -22, -24) °C de congelación en el color según la variedad de papas nativas?	Evaluar el color en la congelación a diferentes temperaturas de papas nativas ( <i>Solanum tuberosum</i> ).	El color del proceso de congelación varía en función a la temperatura de papas nativas ( <i>solanum tuberosum</i> ).	Color y característica después del seco	L	Adimensional
				A	Adimensional
				B	Adimensional
¿Cuál es el porcentaje de agua congelada a diferentes temperaturas de congelación según la variedad de papas nativas?	Determinar el porcentaje de agua congelada a diferentes temperaturas de congelación según la variedad de papas nativas ( <i>Solanum tuberosum</i> ).	El porcentaje de agua congelada varía en función a la temperatura y la variedad de papas nativas ( <i>solanum tuberosum</i> ).	Porcentaje de agua no congelada de la papa	Temperatura de congelación en papas nativas	°C
¿Cuál es el porcentaje de agua no congelada a diferentes temperaturas de congelación según la variedad de papas nativas?	Determinar el porcentaje de agua no congelada a diferentes temperaturas de congelación según la variedad de papas nativas ( <i>Solanum tuberosum</i> ).	El porcentaje de agua no congelada varía en función a la temperatura y la variedad de papas nativas ( <i>solanum tuberosum</i> ).	Agua congelada	Temperatura de congelación en papas nativas	°C

Anexo 2. Resultados para los valores CIE L\*a\*b\*, y con ellas se calculó el croma "C\*\*".

Temperatura (°C)	Cultivar	Repetición	L*	a*	b*	C*
-18	LM	1	75.952	-0.746	1.989	2.124
		2	72.918	-1.031	6.16	6.246
		3	78.431	-1.015	2.359	2.568
	QM	1	78.777	-0.874	1.846	2.042
		2	80.207	-0.296	0.201	0.358
		3	73.82	-1.784	4.841	5.159
	D	1	82.411	0.303	-3.271	3.285
		2	82.286	-0.043	-0.085	0.095
		3	82.51	-0.572	0.086	0.578
-20	LM	1	73.568	0.524	-2.197	2.259
		2	78.541	-0.51	-1.674	1.750
		3	71.678	-1.08	2.123	2.382
	QM	1	62.477	-1.524	8.304	8.443
		2	70.117	-1.146	2.201	2.481
		3	66.831	-1.462	4.53	4.760
	D	1	77.579	0.07	-2.401	2.402
		2	75.719	-0.246	-0.954	0.985
		3	76.181	-0.731	-2.308	2.421
-22	LM	1	72.904	-1.245	3.57	3.781
		2	71.18	-1.286	3.237	3.483
		3	69.492	-1.118	3.996	4.149

	QM	1	67.099	-0.616	4.355	4.398
		2	62.458	-0.642	6.578	6.609
		3	66.482	-1.652	6.501	6.708
	D	1	77.507	0.092	-1.459	1.462
		2	77.51	-0.055	-1.728	1.729
		3	73.446	-0.283	0.063	0.290
-24	LM	1	84.287	-0.594	-0.622	0.860
		2	78.076	-0.231	-0.777	0.811
		3	80.73	-0.594	1.09	1.241
	QM	1	78.325	-1.571	4.711	4.966
		2	77.153	-0.197	-0.117	0.229
		3	73.522	-2.159	7.009	7.334
	D	1	79.666	-0.336	0.152	0.369
		2	78.524	1.128	-0.591	1.273
		3	80.716	-0.369	-1.843	1.880

### Anexo 3. Varianza para Cromo

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:temperatura	12,024	3	4,008	1,20	0,3298
B:Variedad	56,8484	2	28,4242	8,53	<b>0,0016</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	24,9956	6	4,16594	1,25	0,3165
<b>RESIDUOS</b>	79,9401	24	3,33084		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	173,808	35			

Anexo 4. Media por mínimos cuadrados para cromas

			Error	Límite	Límite
Nivel	Caso	Media	Est.	Inferior	Superior
MEDIA GLOBAL	36	2,83088			
Temperatura					
18	9	2,49514	0,608353	1,23956	3,75072
20	9	3,09811	0,608353	1,84253	4,35369
22	9	3,62326	0,608353	2,36768	4,87884
24	9	2,107	0,608353	0,851417	3,36258
Variedad					
D	12	1,39745	0,526849	0,310086	2,48482
LM	12	2,63783	0,526849	1,55047	3,7252
QM	12	4,45734	0,526849	3,36998	5,54471
temperatura por Variedad					
18,D	3	1,31956	1,0537	-0,855167	3,49429
18,LM	3	3,64602	1,0537	1,47129	5,82076
18,QM	3	2,51983	1,0537	0,345103	4,69456
20,D	3	1,93607	1,0537	-0,238656	4,11081
20,LM	3	2,13017	1,0537	-0,0445619	4,3049
20,QM	3	5,22808	1,0537	3,05335	7,40281
22,D	3	1,16023	1,0537	-1,0145	3,33496
22,LM	3	3,80447	1,0537	1,62974	5,9792
22,QM	3	5,90507	1,0537	3,73034	8,0798
24,D	3	1,17393	1,0537	-1,0008	3,34867
24,LM	3	0,970675	1,0537	-1,20406	3,14541
24,QM	3	4,17638	1,0537	2,00165	6,35111

Anexo 5. Resultados del promedio de coordenada cromática (a\*)

Temperatura °C	Luqui Morada	Qayma Marcela	Duraznillo
-18	-0.985 ± 0.501	-0.985 ± 0.750	-0.104 ± 0.441
-20	-1.378 ± 0.203	-1.377 ± 0.203	-0.302 ± 0.403
-22	-0.970 ± 0.591	-0.970 ± 0.591	-0.082 ± 0.189
-24	-1.309 ± 1.007	-1.309 ± 1.070	0.141 ± 0.855

Anexo 6. Resultados del promedio de coordenada cromática (b\*)

Temperatura °C	Luqui Morada	Qayma Marcela	Duraznillo
-18	3.503 ± 2.309	2.296 ± 2.353	-1.090 ± 1.891
-20	-0.583 ± 2.358	5.012 ± 3.080	-1.888 ± 0.810
-22	3.601 ± 0.380	5.811 ± 1.262	-1.041 ± 0.966
-24	-0.103 ± 1.036	3.868 ± 3.637	-0.761 ± 1.008

Anexo 7. Análisis de varianza para tonalidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:temperatura	18463,2	3	6154,4	2,35	0,0974
B:Variedad	98370,1	2	49185,1	18,80	0,0000
INTERACCIONES					
AB	16981,9	6	2830,31	1,08	0,4008
RESIDUOS	62776,0	24	2615,67		
TOTAL (CORREGIDO)	196591,	35			

Anexo 8. Tabla de medias por mínimos cuadrados para la tonalidad.

			Error	Límite	Límite
Nivel	Casos	Media	Est.	Inferior	Superior
MEDIA GLOBAL	36	173,568			
Temperatura					
18°C	9	153,848	17,0479	118,663	189,034
20°C	9	195,429	17,0479	160,244	230,614
22°C	9	148,182	17,0479	112,997	183,367
24°C	9	196,812	17,0479	161,627	231,997
Variedad					
D	12	243,789	14,7639	213,317	274,26
LM	12	158,471	14,7639	128,0	188,942
QM	12	118,444	14,7639	87,973	148,915
temperatura por Variedad					
18°C,D	3	229,969	29,5278	169,027	290,912
18°C,LM	3	107,78	29,5278	46,838	168,723
18°C,QM	3	123,796	29,5278	62,8531	184,738
20°C,D	3	259,879	29,5278	198,936	320,821
20°C,LM	3	217,811	29,5278	156,869	278,754
20°C,QM	3	108,597	29,5278	47,6546	169,539
22°C,D	3	236,412	29,5278	175,469	297,354
22°C,LM	3	108,841	29,5278	47,8987	169,783
22°C,QM	3	99,2944	29,5278	38,3519	160,237
24°C,D	3	248,895	29,5278	187,953	309,838
24°C,LM	3	199,45	29,5278	138,508	260,393
24°C,QM	3	142,09	29,5278	81,1473	203,032

Anexo 9. Porcentaje de agua congelada y sin congelar

<b>Temperatura</b>	<b>Variedad (Duraznillo)</b>		
<b>18°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	96,261	96,261	96,261
ASC	3,7393	3,7393	3,7393
<b>20°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	96,507	96,507	96,507
ASC	3,4933	3,4933	3,4933
<b>22°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	96,918	96,918	96,918
ASC	3,0822	3,0822	3,0822
<b>24°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	97,252	96,918	97,097
ASC	2,748	3,0822	3,0822

Anexo 10. Porcentaje de agua congelada y sin congelar

<b>Temperatura</b>	<b>Variedad (Luqui Morada)</b>		
<b>18°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	96,261	96,261	96,261
ASC	3,7393	3,7393	3,7393
<b>20°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	91,584	91,584	96,507
ASC	8,4161	8,4161	3,4933
<b>22°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	92,574	96,918	96,918
ASC	7,4257	3,0822	3,0822
<b>24°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	97,252	97,097	97,097
ASC	2,748	2,9027	3,0822

Anexo 11. Porcentaje de agua congelada y sin congelar

<b>Temperatura</b>	<b>Variedad (Qayma Marcela)</b>		
<b>18°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	96,261	96,261	96,261
ASC	3,739	3,739	3,739
<b>20°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	96,507	96,507	96,507
ASC	3,4933	3,4933	3,4933
<b>22°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	96,918	96,918	96,918
ASC	3,0822	3,0822	3,0822
<b>24°C</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
AC	97,252	96,918	97,097
ASC	2,748	3,2789	3,0822

Anexo 12. Análisis de varianza (para porcentaje de agua congelada).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad	10,9048	2	5,45241	4,53	0,0214
B:Temperatura	13,1526	3	4,38419	3,65	0,0269
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	14,8364	6	2,47274	2,06	0,0969
RESIDUOS	28,8607	24	1,20253		
TOTAL (CORREGIDO)	67,7546	35			

Anexo 13. Medias para el porcentaje de agua congelada

			Error	Límite	Límite
Nivel	Casos	%AC	Estadístico	Inferior	Superior
MEDIA GLOBAL	36	96,3044			
Variedad					
D	12	96,6936	0,316561	96,0402	97,3469
LM	12	95,5261	0,316561	94,8727	96,1794
QM	12	96,6936	0,316561	96,0403	97,347
Temperatura					
1	9	96,2608	0,365533	95,5064	97,0152
2	9	95,4128	0,365533	94,6583	96,1672
3	9	96,4352	0,365533	95,6808	97,1897
4	9	97,109	0,365533	96,3545	97,8634
Variedad por Temperatura					
D,1	3	96,2607	0,633122	94,954	97,5674
D,2	3	96,5067	0,633122	95,2	97,8134
D,3	3	96,918	0,633122	95,6113	98,2247
D,4	3	97,089	0,633122	95,7823	98,3957
LM,1	3	96,2607	0,633122	94,954	97,5674
LM,2	3	93,2249	0,633122	91,9182	94,5316

LM,3	3	95,47	0,633122	94,1633	96,776 7
LM,4	3	97,1489	0,633122	95,8422	98,455 6
QM,1	3	96,261	0,633122	94,9543	97,567 7
QM,2	3	96,5067	0,633122	95,2	97,813 4
QM,3	3	96,9178	0,633122	95,6111	98,224 5
QM,4	3	97,089	0,633122	95,7823	98,395 7

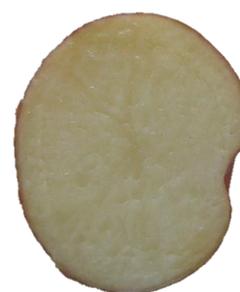
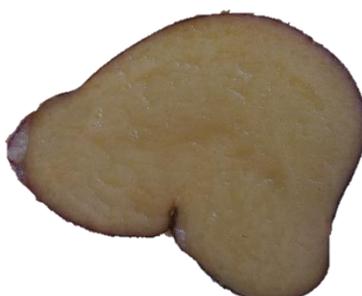
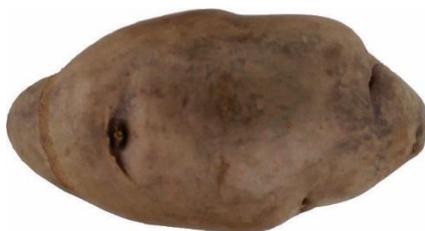
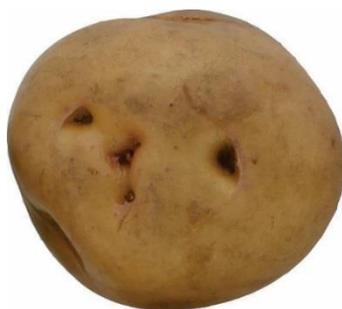
Anexo 14. Análisis de varianza para agua sin congelar

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	10,7534	2	5,37669	4,45	0,0227
B:Temperatura	12,0143	3	4,00477	3,31	0,0370
INTERACCIONES					
AB	15,0037	6	2,50061	2,07	0,0951
RESIDUOS	29,0075	24	1,20864		
TOTAL (CORREGIDO)	66,7788	35			

Anexo 15. Medias para el porcentaje de agua sin congelar

Nivel	Casos	%ASC	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	36	3,716			
Variedad					
D	12	3,32141	0,317365	2,6664	3,97642
LM	12	4,48887	0,317365	3,83386	5,14388
QM	12	3,33773	0,317365	2,68272	3,99274
Temperatura					
1	9	3,73921	0,366461	2,98287	4,49556
2	9	4,58725	0,366461	3,83091	5,34359
3	9	3,56483	0,366461	2,80849	4,32117
4	9	2,97273	0,366461	2,21638	3,72907
Variedad por Temperatura					
D,1	3	3,73932	0,63473	2,4293	5,04934
D,2	3	3,4933	0,63473	2,18328	4,80332
D,3	3	3,08222	0,63473	1,7722	4,39224
D,4	3	2,97082	0,63473	1,6608	4,28084
LM,1	3	3,73932	0,63473	2,4293	5,04934
LM,2	3	6,77515	0,63473	5,46513	8,08517
LM,3	3	4,53005	0,63473	3,22003	5,84007
LM,4	3	2,91097	0,63473	1,60095	4,22099
QM,1	3	3,739	0,63473	2,42898	5,04902
QM,2	3	3,4933	0,63473	2,18328	4,80332
QM,3	3	3,08222	0,63473	1,7722	4,39224
QM,4	3	3,03639	0,63473	1,72637	4,34641

Anexo 16. Variedades de papas nativas



Qayma Marcela

Luqui Morada

Duraznillo

Anexo 17. Muestras de papas congeladas y secas.

