

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Efecto de gelatinización y retrogradación en las
características funcionales y reológicas de
almidones de papa (*Solanum Tuberosum*) precocidas“**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero
Agroindustrial**

Autor:

Bach. Guzmán Valverde, Diane Chris

Asesor:

Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino

DNI. N° 32975182

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726

Nuevo Chimbote - Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente Informe final de Tesis ha sido revisado y desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (Resolución N° 580-2022-CU-R-UNS) de acuerdo con la denominación siguiente:

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

**“Efecto de gelatinización y retrogradación en las características
funcionales y reológicas de almidones de papas (*Solanum Tuberoso*)
precocidas”**

AUTOR (ES):

Bach. Guzmán Valverde Diane Chris

Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Asesor

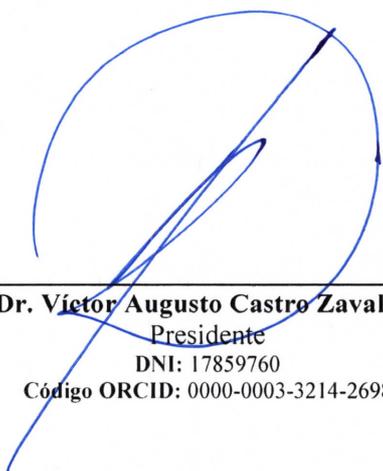
DNI: 32975182

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726



HOJA AVAL DE JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado “EFECTO DE LA GELATINIZACIÓN Y RETROGRADACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y REOLOGICAS DE ALMIDONES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PRECOCIDAS”, para obtener el título profesional de ingeniero agroindustrial, presentado por el bachiller: **GUZMÁN VALVERDE DIANE CHRIS**, teniendo como asesor al Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda, designado mediante resolución decanal N° 505-2022-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 06 de marzo del 2023, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N°079-2023-UNS-CFI.



Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta

Presidente

DNI: 17859760

Código ORCID: 0000-0003-3214-2698

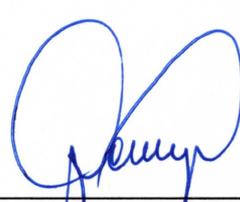


Dr. Williams Esteward Castillo Martínez

Secretario

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009



Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda

Integrante

DNI: 32975182

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día veinticinco de octubre del dos mil veintitrés, se instalaron en el auditorio de Agroindustria, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 668-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** (Secretario)
- **Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda** (Integrante)

Para iniciar la Sustentación del Informe Final de Tesis:

“EFECTO DE LA GELATINIZACIÓN Y RETROGRADACIÓN EN LAS CARACTERISTICAS FUNCIONALES Y REOLOGICAS DE ALMIDONES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PRECOCIDAS”, elaborado por la bachiller en Ingeniería Agroindustrial.

- **GUZMÁN VALVERDE DIANE CHRIS**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda**

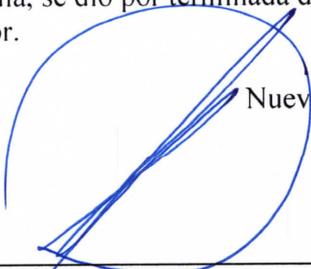
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
GUZMÁN VALVERDE DIANE CHRIS	<i>19</i>	<i>EXCELENTE</i>

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 25 de octubre del 2023.



Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta
Presidente



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Secretario



Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Integrante

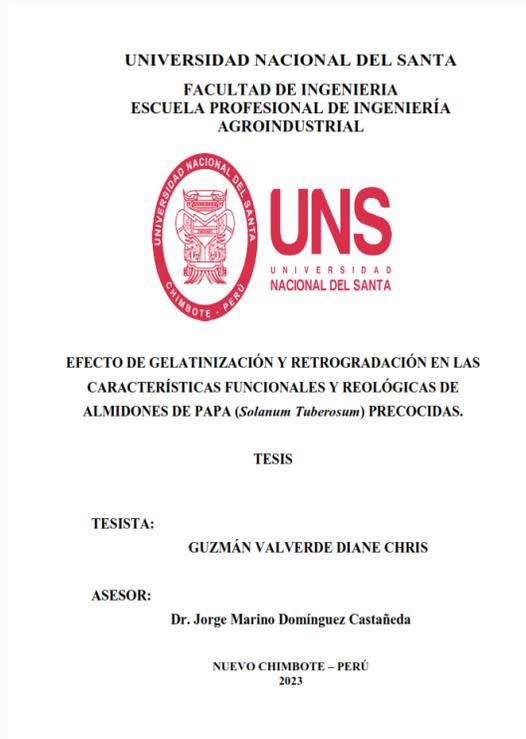


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Chris Guzman
Título del ejercicio: criss
Título de la entrega: EFECTO DE GELATINIZACIÓN Y RETROGRADACIÓN EN LAS C...
Nombre del archivo: TESIS_Chris_Guzman-V._final_18.10.23._revisado.docx
Tamaño del archivo: 2.46M
Total páginas: 91
Total de palabras: 16,823
Total de caracteres: 88,663
Fecha de entrega: 26-oct.-2023 07:40p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2208504855



EFFECTO DE GELATINIZACIÓN Y RETROGRADACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y REOLÓGICAS DE ALMIDONES DE PAPA (*Solanum Tuberosum*) PRECOCIDAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	vsip.info Fuente de Internet	1%
6	orcid.org Fuente de Internet	1%
7	laccei.org Fuente de Internet	1%
8	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	1%

Dedicatoria

Este trabajo dedico a mi madre que ha sido la autora principal de poder cumplir y culminar este proyecto, porque gracias a sus consejos, persistencia, fuerza y valentía es quien me ha formado con buenos sentimientos, hábitos y valores, que llevare siempre en cada paso que doy.

Dedico este trabajo también a mi familia Naotojc y amigos quienes me han acompañado y me han dado la fuerza para continuar adelante con cada uno de mis proyectos.

Agradecimiento

Doy gracias a Dios, por esta nueva etapa que me permites iniciar, es tan lindo continuar sabiendo que te tengo junto a mí en cada paso que doy, gracias, señor, porque me acompañas siempre y me das fortaleza cada día, para así cumplir las metas y objetivos que tienes para mí.

Gracias a mi familia Naotojc, por su apoyo incondicional y estímulo constante para no rendirme jamás y poder llegar a cumplir cada meta trazada.

Agradezco también a todas las personas que me motivaron y me apoyaron en la realización de este trabajo, con cada consejo y cada aliento brindado, gracias.

Índice de Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenido.....	iv
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	3
Específicos.....	3
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes	4
2.1.1 Internacionales.....	4
2.1.2 Nacionales.....	6
2.2 Marco conceptual.....	9
2.2.1 Papa (Solanum tuberosum).....	9
2.2.2 Taxonomía de la Papa.....	10
2.2.3 Almidón de papa.....	11
2.2.4 Características funcionales de los almidones de papa	13
2.2.5 Características Reológicas	15
2.2.6 Gelatinización	16
2.2.7 Retrogradación.....	19

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Materia prima.....	22
3.2 Materiales.....	22
3.2.1 Equipos	22
3.2.2 Instrumentos.....	22
3.2.3 Utensilios y herramientas.....	23
3.3 Métodos	23
3.3.1 Diseño y tipo de investigación.....	23
3.3.2 Técnica e instrumentos de recolección de datos	24
3.3.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	24
3.3.4 Tratamiento Estadístico	24
3.3.5 Análisis Estadístico.....	26
3.3.6 Procedimiento experimental	26
IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
4.1 Composición química proximal de la papa.....	31
4.2 Extracción y rendimiento de almidón según tratamiento térmico	31
4.3 Comportamiento de gelatinización y retrogradación de almidones de papa	33
4.4 Comportamiento reológico de los almidones de papa gelatinizados y retrogradados empleando el modelo de Ostwald.....	34
4.5 Efecto de la temperatura de gelatinización y de retrogradación sobre las características funcionales de almidones de papa blanca	44

V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
5.1 Conclusiones	50
5.2 Recomendaciones	51
6 Referencias bibliográficas y virtuales	52
7 Anexos.....	55

Índice de tablas

Tabla 1 ANOVA para el análisis de las propiedades funcionales y reológicas de los almidones según temperatura y tipo de modificación	26
Tabla 2 Caracterización Químico proximal de papa nativa Yungay	31
Tabla 3 Balance de extracción de almidones.....	32
Tabla 4 Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa sin cocción de la variedad Yungay entre temperatura con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5%	36
Tabla 5 Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa variedad, Yungay Chata sin cocción entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85 °C	38
Tabla 6 Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa precocida a 55°C de la variedad Yungay entre temperatura con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5%	41
Tabla 7 Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa variedad, Yungay Chata precocida a 55°C entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85 °C.....	43
Tabla 8 Prueba de normalidad	47
Tabla 9 Anova para IAA de los geles de almidón extraído de papa sin cocción	48
Tabla 10 Anova para IAA de los geles de almidón extraído de papa con precocción a 55°C	48

Índice de figuras

Figura 1 Morfología de la papa (<i>Solanum Tuberoso</i>)	11
Figura 2 Estructura química de la amilosa y amilopectina.....	12
Figura 3 Comportamiento del almidón antes, durante y después de la gelatinización.....	16
Figura 4 Diagrama de flujo general de la investigación.....	27
Figura 5 Diagrama de flujo para la extracción del almidón sin cocción.....	28
Figura 6 Diagrama de flujo para la extracción del almidón con precocción a 30, 45 y 55°C	28
Figura 7 Procedimiento para evaluación del comportamiento reológico de los almidones	29
Figura 8 Gelatinización y retrogradación de almidón de papa variedad Yungay sin cocción	33
Figura 9 Gelatinización y retrogradación de almidón de papa variedad Yungay con cocción a 55°C	34
Figura 10 Comportamiento reológico de los geles de almidón papa nativa sin cocción de la variedad Yungay entre temperaturas con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5% .	35
Figura 11 Comportamiento reológico del almidón de papa nativa variedad Yungay Chata sin cocción, entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85 °C.	37
Figura 12 Comportamiento reológico de los geles de almidón papa nativa precocida a 55°C de la variedad Yungay entre temperaturas con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5%	40
Figura 13 Comportamiento reológico del almidón de papa nativa variedad Yungay Chata precocida a 55°C, entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85 °C.....	42
Figura 14 ISA del gel con almidón extraído de papa sin cocción y precocción a 55°C.....	45
Figura 15 IAA del gel con almidón extraído de papa sin cocción y precocción a 55°C	46

Resumen

La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo rico en almidón, capaz de gelatinizar y retrogradar e influenciar así, en las propiedades tecno funcionales de diversos productos agroindustriales, por ello, el objetivo del estudio, fue evaluar el efecto de la gelatinización y retrogradación en las características funcionales y reológicas de los almidones de papa precocida, para ello, fueron extraídos los almidones a partir de papa nativa y precocida, los que fueron sometidos a barrido calorimétrico mediante viscoamilografo, donde se obtuvieron almidones gelatinizados desde 25 a 90°C y para los almidones retrogradados entre 90 y 98°C, a quienes se les determinó las propiedades funcionales y reológicas. Los valores del índice de comportamiento de flujo menores a 1(0.5045 a 0.3896) desde 25°C a 85°C, para los geles extraído del almidón de la papa sin cocción y de 0.4501 a 0.3309 (25°C a 85°C) para los geles extraído del almidón de la papa con precocción demostraron tener comportamiento pseudoplástico. Finalmente, mediante análisis de varianza se verificó, que la temperatura de gelatinización y de retrogradación no incide significativamente sobre las características funcionales (ISA e IAA) de los geles de almidón.

Palabras claves: almidón, papa, gelatinización, retrogradación, reología

Abstract

Potato (*Solanum tuberosum*) is a tuber rich in starch, capable of gelatinising and retrograding and thus influencing the techno-functional properties of various agro-industrial products. Therefore, the aim of the study was to evaluate the effect of gelatinisation and retrogradation on the functional and rheological characteristics of pre-cooked potato starches. For this purpose, starches were extracted from native and pre-cooked potato and subjected to calorimetric scanning by visco-ammograph. Gelatinised starches were obtained from 25 to 90°C, and for retrograded starches from 90 to 98°C. Their functional and rheological properties were determined. Flow behaviour index values of less than 1 (0.5045 to 0.3896) from 25°C to 85°C for gels extracted from potato starch without cooking and 0.4501 to 0.3309 (25°C to 85°C) for gels extracted from potato starch with pre-cooking showed pseudoplastic behaviour. Finally, by means of analysis of variance, it was verified that the gelatinisation and retrogradation temperature did not significantly affect the functional characteristics (ISA and IAA) of the starch gels.

Keywords: starch, potato, gelatinisation, retrogradation, rheology.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los procesos agroindustriales a nivel mundial, han dado a lugar a un sinfín de mecanismos y técnicas que conllevan a mejorar diversos productos, especialmente los relacionados con la alimentación del ser humano. La papa, representa el cuarto cultivo más utilizado en la industria alimentaria, extendido desde Sudamérica hasta Europa, donde es aprovechado por sus diversas cualidades, entre las que destaca, ser un tubérculo rico en almidón.

En Perú, la producción de este cultivo, favorecidos por las diversas condiciones agroecológicas del país, brinda la oportunidad de conocer e incorporar nuevos factores en el proceso agroindustrial. La papa, ha sido uno de los cultivos con mayor influencia en el país, desde tiempo remotos a nivel cultural y económico, ocupando actualmente, el segundo lugar en superficie de siembra con relación a cultivos anuales de mayor importancia, tanto para consumo directo y materia prima. En la industria alimentaria, este cultivo es utilizado en diversos productos, debido a sus bondades culinarias y nutricionales, el cual contienen un grupo importante de vitaminas, minerales y compuestos, que lo convierten en un producto innovador. Destaca en la agroindustria la extracción de almidón de este cultivo, por ser una gran molécula de reserva de carbohidratos, conjuntamente con otros cultivos como cereales, raíces, tubérculos y frutos maduros como mangos y plátanos (Solarte et al., 2019).

El almidón, es una materia prima de gran versatilidad en la industria, por permitir modificar texturas y consistencia de alimentos, es un polisacárido utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante), representando una materia prima excelente para la elaboración de productos, de excelentes características y calidad (Vera y Chavarría, 2020). En la papa, el almidón constituye una fuente de almacenamiento de energía, aunado a que reúne una serie de características como baja temperatura de gelatinización y su baja

tendencia de retrogradación que lo convierte en un insumo importante a nivel industrial y de investigación por la modificación de sus propiedades (Vargas y Flores, 2021).

Los almidones son importantes en las dietas de los seres humanos, además de su uso en la industria alimentaria como aditivo para algunos alimentos. Su extracción se ha realizado en diferentes variedades de papa y con diferentes procesos, existiendo poca información de la influencia del método en las características funcionales del almidón. La presente investigación busca realizar avances y nuevos conocimientos sobre las características funcionales y reológicas del almidón que se obtiene de la papa precocida, así como las características de la papa precocida gelatinizada y retrogradado, además del comparativo entre el almidón de la papa precocida con la cocida.

La gelatinización modifica a los gránulos de almidón cuando son tratados con calor en medio acuoso y la retrogradación produce cambios en la textura de los alimentos, siendo esta característica no deseada en los procesos agroindustriales. Asimismo, la gelatinización de almidones permite reorganizar su estructura, haciéndolo más estable a los procesos enzimáticos (Luisillo, 2014).

Sin embargo, se dispone de poca información de cuánto puede influir la gelatinización y retrogradación en el comportamiento de los gránulos de almidón extraídos de papas (*Solanum tuberosum*) precocidas, como tal, la investigación busca responder a la interrogante ¿Cuál es el efecto de la gelatinización y retrogradación en las características funcionales y reológicas de almidones de papa (*Solanum tuberosum*) precocidas?

Por otro lado, con los resultados de la investigación, se dará mayor aplicación y desarrollo de nuevos productos, el almidón de la papa recibirá mayor valor, el cual influenciará en la mejora e incremento de la producción de esta tuberosa, y beneficios a los productores.

Como tal, para encontrar la respuesta al problema de la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- ***Objetivo General***

Evaluar el efecto de la gelatinización y retrogradación en las características funcionales y reológicas de almidones de papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) nativa y precocida.

- ***Específicos***

- Determinar el rango de temperatura del proceso de gelatinización y de retrogradación de almidones de papa blanca (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) nativa y precocida mediante métodos aprobados por *American Association of Cereal Chemist*.
- Determinar el comportamiento reológico de los almidones de papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) precocida gelatinizados y retrogradados empleando el modelo de Ostwald.
- Analizar el efecto de la temperatura de gelatinización y de retrogradación sobre las características funcionales de almidones de papa blanca (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) nativa y precocida.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

En un estudio realizado por Vera y Chavarría (2020), cuyo objetivo fue la caracterización y extracción de almidón de papa de la variedad conocida como leona blanca, evaluaron la utilidad de éste en la industria alimentaria; para ello, el proceso para la extracción de almidón lo realizaron mediante técnicas húmeda y por sedimentación natural, cuya caracterización fisicoquímica dio como resultado valores correspondientes a: humedad 12.660%, cenizas 0.853%, Grasas y fibras 0.120% y 0.140% respectivamente, así como valores de proteína y carbohidratos de 0.350% y 85.87%, pH 6.34, acidez 0.0027, demostrando con ello, que la composición del almidón de esta variedad está adentro de los rangos de comparación para un almidón de tubérculos.

De igual manera, Salgado et al. (2019) realizaron una investigación la cual tuvo como objetivo analizar las curvas de gelatinización de los almidones nativos de tres especies de ñame; dicho estudio fue realizado utilizando un reómetro y un analizador rápido de almidón. Concluyeron que para las especies criollo y diamante la temperatura de gelatinización fue mayor, mientras que la especie espino presentó mayor viscosidad, asimismo, la menor tendencia a la retrogradación y mayor estabilidad fueron de las especies criollo y diamante 22, siendo estas características importantes para el uso en alimentos que requieren mantener la consistencia de sus geles y productos que requieren refrigeración, resultando su uso posible en fórmulas de alimentos que requieren un desarrollo de viscosidad y consistencia estable.

En tanto, Solarte et al. (2019) realizaron un estudio cuyo objetivo fue la determinaron de algunas propiedades funcionales y reológicas de los almidones. Entre las funcionales, el contenido de amilosa, índices de absorción de agua y solubilidad, hinchamiento, sinéresis,

dureza; además de los parámetros reológicos temperatura de viscosidad máxima y de formación de pasta, periodo de rompimiento y recuperación de la viscosidad. Los datos fueron obtenidos mediante un diseño unifactorial categórico, completamente aleatorio, cuyos resultados de amilosa oscilaron entre 24.82% y 26.27%, los valores de viscosidad de 7202 mPa-s (altos) para la variedad latina. Concluyendo, que, para fines industriales, los almidones obtenidos de las tres variedades estudiadas representan potencial, debido a las características funcionales y reológicas favorables.

Adame (2019), obtuvo y caracterizó almidones de papa pregelatinizados empleando calentamiento óhmico. Para ello, llevó a cabo un estudio de diseño factorial 2^3 , trabajó con humedad de 50, 40 y 30% y el voltaje de 110, 120 y 130 V como factores. En el análisis estadístico se aplicó un análisis de varianza con un nivel de significancia de 0.05 y con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey se pudo analizar las diferencias estadísticas. Los almidones tratados óhmicamente con humedades de 50, 40 y 30% se encontró una temperatura gelatinización alrededor de los 60°C y la viscosidad del almidón entre 10376.26 y 10376.26 cp, El índice de absorción de agua (IAA) presentaron valores de $5.40 \pm 0.53\%$ (30% de humedad y 130 V) a $3.90 \pm 0.20\%$ (40% humedad y 120V), a diferencia del almidón nativo (sin tratamiento) su IAA fue de 1.86 %. Se concluye que la humedad influye en la gelatinización del almidón, reflejándose en el perfil de viscosidad.

Chamorro et al. (2022), en su investigación caracterizaron fisicoquímicamente el almidón de papa Súperchola, Para ello, determinaron las características fisicoquímicas, tales como la humedad, la proteína, las cenizas y las grasas y funcionales tales, como el índice de absorción de agua, la solubilidad y el poder de hinchamiento del granulo de almidón con el propósito de usar como aditivo para elaborar salchichas. Los resultados obtenidos fueron, 11,74%, de humedad, 0,44% cenizas, 0,63% en proteína y 0,63% de grasa. Al incrementar la temperatura a 90°C, el gel mostró valores de; absorción de agua igual a 20,68%, una

solubilidad de 18,45% y poder de hinchamiento de 23,30%. Finalmente, se obtuvo que la viscosidad aparente del gel fue de 33500 cp a 25°C y 22560 cp a 50°C. Los almidones utilizados los almidones de acuerdo a su caracterización se recomienda en la elaboración de rellenos para productos de pastelería y la elaboración de caramelo.

2.1.2 Nacionales

Mientras tanto, Peña (2017) realizó un estudio sobre la extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Llave (Puno), cuyo objetivo fue la determinación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones extraídos de las variedades nativas dulces *Imilla blanca e Imilla negra* y las amargas *Lo`cka, Piñaza y Ocucuri blanca*; para encontrar fuentes nuevas de almidón. En el estudio se analizaron los valores de contenido de amilosa (23,6-30,0%) y fósforo (550,75-827,07ppm) como propiedades funcionales de importancia. La retrogradación se determinó por medio de mediciones de sinéresis y claridad. Mediante multicalorímetro diferencial de barrido (MDSC) y el reómetro híbrido (DHR3) se investigó sobre las propiedades reológicas y térmicas, respectivamente. El comportamiento del flujo de geles se determinó mediante el modelo Hershel-Bulkley ($R^2 > 0,97$), el comportamiento de la viscosidad presentó predominio elástico (G') en todos los geles. La variedad *Ocucuri blanca* mostró valores significativamente menores asociados para la temperatura de inicio (T_0), temperatura de pico (T_p) y temperatura final (T_f). Estadísticamente los datos se analizaron, mediante un diseño completamente al azar y comparación de medias utilizando pruebas LSD (diferencia mínima significativa) de Fisher.

Castro (2021), presentó un estudio en el que evaluó las propiedades reológicas de geles de almidón extraídos de la papa Yungay Chata, Peruanita y Huevo de Indio, procedentes de la región Ancash. Haciendo uso de un reómetro determinó el índice de comportamiento al flujo y el índice de consistencia, empleando una concentración de 3.5 %

del almidón y la observación a las temperaturas de 25, 35, 45, 55, 65, 75 y 85 °C. Los datos experimentales se ajustaron a los modelos reológicos presentado por Hershel Bulkley y Ostwald, presentado un mejor ajuste (mayor a 0.99) a este último, los valores obtenidos resultaron de 0.4927 a 0.4864 para la variedad de papa Yungay , 0.5378 a 0.5448 para la Peruanita y finalmente para la papa Huevo de Indio entre 0.5613 a 0.4863, estando dentro de lo esperado para los fluidos pseudoplástico. Además, se encontró que el índice de consistencia aumenta al incrementar la temperatura, arrojando en el estudio los siguientes valores 11.7409 a 4.0968 Pa*s (Yungay Chata) 5.5918 a 1.6927 Pa*s (Peruanita) y 11.9052 a 6.5538 Pa*s (Huevo de Indio) dentro del rango de temperatura analizado. Se concluyó que los geles de los almidones para las tres variedades tienen un comportamiento pseudoplástico , en el cual la viscosidad aparente disminuye a medida que se eleva el gradiente de cizalla, donde la temperatura no tiene influencia significativa sobre el comportamiento de flujo, mientras que el índice de consistencia (k) si ejerce una influencia.

Cuba (2021), caracterizó fisicoquímica y funcionalmente almidones de papa (AP) y tunta (AT) nativas amargas procedentes de Ilave. Se llevó a cabo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) y la prueba de diferencia mínima significativa de Tukey para analizar estadísticamente los datos de la caracterización funcional, reológica, de formación de la pasta y propiedades térmicas. Entre los resultados, se evidenció que tanto AP y AT presenta un contenido bajo en cenizas de 0,12-0,19% y =0,08-0,37% respectivamente, proteína de proteínas de AP=0,25-0,35% y AT=0,26-0,40%, fibra (0,00-0,10%), lípidos (0,03-0,16%) y de carbohidratos mayor al >99%. la capacidad de adsorción de agua (CAA), se estudió a cuatro valores de temperatura, los cuales oscilaron entre 9,07-11,17 g/g (60°C), 10,67-12,07 g/g (70°C), 13,35-15,20 g/g (80°C) y 16,01-22,40 g/g (90°C), los parámetros de gelatinización de los almidones oscilaron de 54,93 a 56,45°C (temperatura inicial de gelatinización, 58,13 a 60,32°C (temperatura pico), 64,40 a 66,96°C (temperatura final).

Para estudiar el comportamiento de flujo, se determinó la medición de la viscosidad en un reómetro híbrido en función de la velocidad de corte, descritas adecuadamente por modelo de Herschel-Bulkley (R^2 de 0,99). El estudio concluyó, en que los almidones provenientes de la papa y tunta, presentan a diferencia de otros almidones equivalentes, valores significativamente mayores en relación al contenido de amilosa, temperaturas de gelatinización, temperatura de plastificación, viscosidad de caída, siendo acordes para bebidas.

Barraza et al. (2020), determinaron las propiedades funcionales, fisicoquímicas y estructurales de cinco variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) var. Andígena: Águila (AG), Bretaña (BR), Manzana (MN), Perla (PE) y Shuita (SH). Se analizó el color por medio de la espectroscopía de reflectancia, la claridad de la pasta determinando el porcentaje de transmitancia (%T) a 650 nm del gel haciendo uso de espectrofotómetro UV-Vis, la reología mediante un reómetro y el modelo de Herschel Bulklev. y finalmente se obtuvieron las propiedades térmicas de gelatinización a través de un Multicalorímetro Diferencial de Barrido Hastelloy®. Como resultados, se obtuvo que el tamaño de los granos estuvo comprendido entre los 4.03 y 6.10 mm, el índice de blancura 92 a 94%, la tramistancia entre los 38.10 y 44.07%, la temperatura de gelatinización estuvo comprendido entre los 57 a 59 °C, el esfuerzo cortante estuvo entre los 45.15 a 84.32 Pa índice de comportamiento de flujo se obtuvo valores entre los 0.584 a 0.632 con un ajuste al modelo de Herschel Bulklev de R^2 de 0.99. La investigación pudo concluir en que los almidones de papa evaluados pueden ser empleados en el área de alimentos ya mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y estructurales.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Papa (*Solanum tuberosum*)

Vargas y Flores (2021) hacen referencia que la papa, es un tubérculo comestible de la planta herbácea americana *Solanum tuberosum* de origen andino. Existen, aproximadamente 5000 variedades de papa, de las cuales 3000 se encuentran en el Perú, las cuales presentan diversidad genética de especies. Este tubérculo, se caracteriza por su contenido energético, proteínas, vitaminas y minerales, siendo el cuarto cultivo más nutritivo del mundo, después del trigo, arroz y maíz.

Silva (2020) en la recopilación de información sobre el cultivo de papa, plantea que la papa es una planta herbácea de la familia solanácea, cuyos orígenes se localiza en las planicies de Perú, hace 8000 años a.c, fue trasladada al transcurrir de los años a Europa, especialmente a Francia y España, siendo actualmente imprescindible en la economía mundial.

La importancia agroindustrial de la papa, tiene como principal objetivo la producción de almidón, ya que posee propiedades funcionales distintas en comparación a otros cultivos, el cual es empleado para diferentes usos, desde la elaboración de productos alimenticios hasta la industria del papel. Representa aproximadamente el 15 – 20% del peso de la papa y es responsable de la funcionabilidad del tubérculo y aplicaciones alimentarias (Mejía et al., 2021).

El almidón de papa, desde el punto de vista químico, es un polisacárido, sintetizado a partir del dióxido de carbono captado en la atmósfera y del agua que las plantas toman del suelo, presentan características únicas relacionadas directamente a sus estructuras granulares y moleculares, donde se incluye la gránulos grandes y lisos, unión covalente de fosfato, así como cadenas largas de dos polímeros como la amilopectina y amilosa, éstas

características permiten que el almidón de papa, sea utilizado en el campo de alimentos y materiales (Mejía et al., 2021).

En la industria alimentaria, es un componente indispensable en la mayoría de los productos, debido a su capacidad de absorción de agua, contribuyendo al leudado y a la reconstitución de ingredientes en productos instantáneos; propiedades coloidales en bebidas, higroscopicidad (protector contra la humedad), estabilizar y emulsificar productos como salsas. Además, de las propiedades tecnofuncionales, las cuales presentan varianza de acuerdo a la relación amilosa/amilopectina, la fuente de origen botánico y el método de extracción utilizado, se incorpora las propiedades nutricionales como almidón resistente, a los procesos del tracto digestivo manteniendo sus propiedades intactas durante el proceso, otorgando beneficios fisiológicos a la salud, dado que actúa como fibra, (Mejía et al., 2021).

2.2.2 Taxonomía de la Papa

Según, Silva (2020) la papa, pertenece a la familia de cultivares alimenticios, donde su clasificación taxonómica es la siguiente:

- **Reino:** Plantae.
- **División:** Magnoliophyta.
- **Clase:** Magnoliopsida.
- **Orden:** Solanales.
- **Familia:** Solanaceae
- **Género:** Solanum
- **Subgénero:** Potatoe.
- **Sección:** Petota.
- **Especie:** Solanum tuberosum.

La papa, es un cultivo que requiere de suelos fértiles, bien drenados, las primeras variedades cultivadas, se encuentran distribuidas en la Cordillera Andina, desde el oeste de

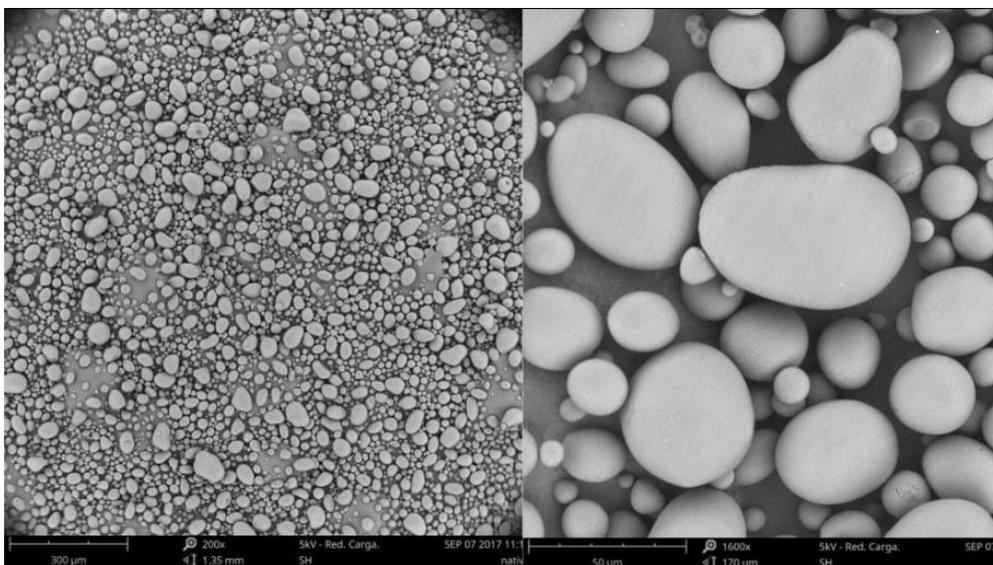
Venezuela hacia el sur, hasta el noroeste de Argentina y los archipiélagos de Chiloé y de Los Chonos, en el sur de Chile. Se considera como un cultivo de importancia ecológica, dado que no agota el suelo y los requerimientos climatológicos, edáficos, nutricionales y biológicos, se ven compensados por los volúmenes de producción de alimentos para consumo humano (Silva, 2020).

2.2.3 Almidón de papa

El almidón de papa, es uno de los productos que se caracteriza por sus altos valores en cuanto a fósforo, viscosidad, hinchamiento, claridad del gel, así como su baja tendencia a la retrogradación y gran tamaño en los gránulos. Estas características resaltan su alta calidad, aunado al contenido mineral, la relación de amilosa/amilopectina y elevados contenidos de éteres de fosfato de almidón (Vargas y Flores, 2021).

Figura 1

Morfología de la papa (Solanum Tuberoso)



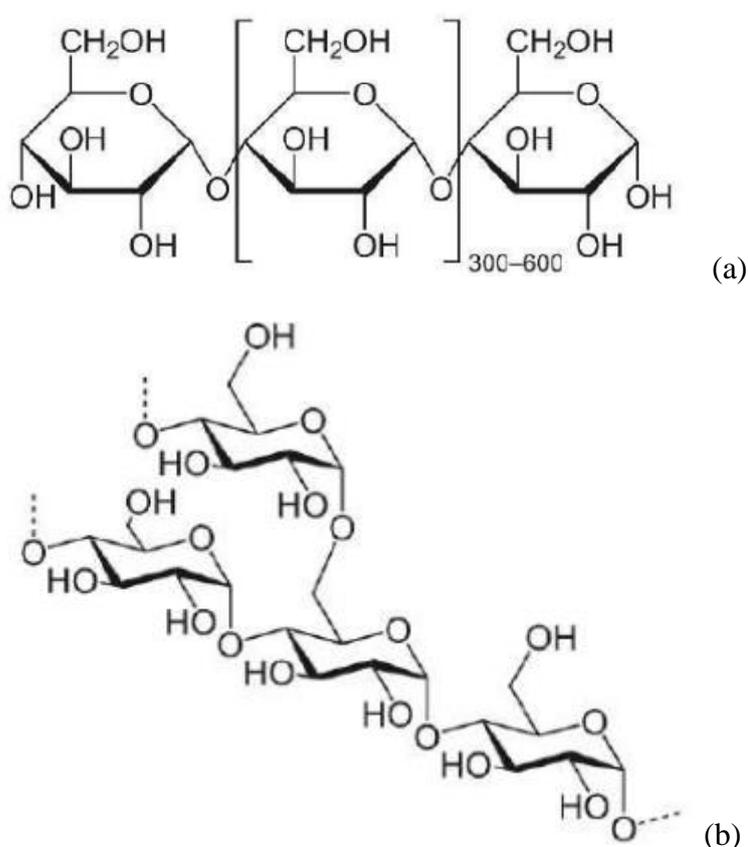
Nota. Obtenido de Adame (2019)

Los almidones de papa poseen características físicas y químicas únicas a diferencia de otros carbohidratos, cuyos gránulos están compuestos de amilosa (polisacárido lineal) y/o amilopectina (polisacárido muy ramificado). La amilosa es un α -D-(1,4)-glucano, cadena

lineal de unidades α -D-glucopiranosilo unidas por enlace α -(1,4) con 200 a 2599 unidades manométricas, con un peso molecular de 10^6 ; mientras, la amilopectina, es una molécula muy grande y ramificada, con enlaces de ramificación α -1,6 constituyendo el 4 a 5% del total de los enlaces, esta contribuye con la estructura cristalina de los gránulos de almidón (Villaruel et al., 2018).

Figura 2

Estructura química de la amilosa y amilopectina



Nota. (a) amilosa, (b) amilopectina. Figura extraída de León et al. (2020)

Los gránulos de almidón (figura 1), están constituidos por dos polisacáridos de glucosa químicamente distinguibles, la amilosa (de carácter lineal) presente en un 30% y la amilopectina (altamente ramificada con mayor peso molecular) en un 80% (figura 2). La amilopectina, polímero más abundante en el almidón, tiene la función que el gránulo este organizado en su estructura, dándole la caracterización de birrefringencia.

Las características de los gránulos de almidón dependerán de la fuente botánica como tamaño, forma, características morfológicas, composición y estructura supramolecular. El promedio del tamaño varía de 1 a 20 μm gránulos pequeños y 20 a 110 μm para gránulos grandes, esta estructura granular es bastante variante de cultivo a cultivo; además los gránulos pequeños de almidón de papa tienen forma esférica u ovalada, mientras que los grandes, generalmente son de forma elipsoidal a cúbica o irregular, debido al poco espacio en el tubérculo de las células, ocasionando alteración en la forma de crecimiento del gránulo. La claridad de la pasta del almidón, como característica fisicoquímica, conjuntamente con el contenido de amilosa, poder de hinchamiento y digestibilidad enzimática están correlacionadas con el tamaño del gránulo de almidón obtenido de diferentes cultivos de papa (León et al., 2020).

2.2.4 Características funcionales de los almidones de papa

Vargas y Flores (2021) hacen referencia a las características funcionales, como estructura granular, organización de la cadena, lípidos, los éteres fosfato y proteínas, las cuales dependerán de factores como:

-Contenido de amilosa y amilopectina: son los polímeros que en el grano de almidón forma las regiones amorfas y cristalinas, estas dependen de su origen botánico. Contienen los almidones regulares amilosa entre un 20-30% y de amilopectina de 70-80%. La amilosa, tiene propiedades hidrofílicas, debido a la cantidad de grupos hidroxilos en la extensión de sus moléculas, lo cual permite debido a su estructura lineal orientarse de manera paralela y acercarse entre sí, permitiendo entre cadenas adyacentes unión de hidrógenos. Por otro lado, el gran tamaño y la ramificación de la amilopectina, reduce los enlaces de hidrógenos en las cadenas y su movilidad.

- Poder de hinchamiento: es la cantidad de agua por gramo de almidón absorbida, a ciertas condiciones de temperatura y de concentración de almidón, esta condición es atribuida a la amilopectina y es inhibida por la amilosa. El gránulo de almidón de papa se hincha 100 veces su volumen original, en comparación a 30 veces en almidón de cereal, el cual no realiza un hinchamiento completo. Las características de la amilosa y amilopectina, influyen en el poder de hinchamiento, en cuanto al peso molecular y su distribución, el grado de ramificación, la conformación de las moléculas y la longitud de las cadenas, de igual manera, la formación de los complejos amilosa – lípidos, restringen este proceso.

- Solubilidad y capacidad de absorción de agua: la solubilidad de agua, es el porcentaje de amilos y amilopectina lixiviados a una determinada temperatura, se mide según la absorción de agua de los gránulos de almidón y la exudación de fracciones de almidón, según se incremente la temperatura de las suspensiones. Los gránulos de almidón pueden absorber hasta 30% de su exceso de peso de agua sin que se note la hinchazón. La estructura cristalina del almidón se altera, cuando se calienta en exceso de agua, motivado a la ruptura de los enlaces de hidrógeno, dado que las moléculas de agua están unidas por estos a los grupos de hidroxilos de amilosa y amilopectina, provocando aumento de la hinchazón y de la solubilidad.

- Sinéresis: se trata de la separación de fases, se produce al congelar y descongelar geles de almidón, así mismo después de un almacenamiento en el refrigerador o a temperatura ambiente. Se trata de un efecto no deseado, ya que las estructuras de amilosa se vuelven frágil y pierden agua atrapada formada por la fusión de los cristales de hielo al no poder asociarse nuevamente con el almidón. Esta se puede evitar, utilizando almidones modificados que contengan solo amilopectina y al almacenar un gel de almidón a bajas temperaturas.

2.2.5 Características Reológicas

Son las respuestas de los alimentos al ser sometidos a esfuerzos normales y tangenciales, estudiando el modo de flujo y deformación. En el almidón, la reología estudia las relaciones de esfuerzo – deformación, en los sistemas acuosos, existiendo características que cambian las propiedades reológicas como la gelatinización y el hinchamiento del gránulo. De igual forma, la retrogradación modifica también las propiedades. Estas modificaciones en las características reológicas de los almidones van a depender de la fuente y concentración del almidón dando como resultado en los productos solución espesa o gelificada (Peña Carrasco, 2017).

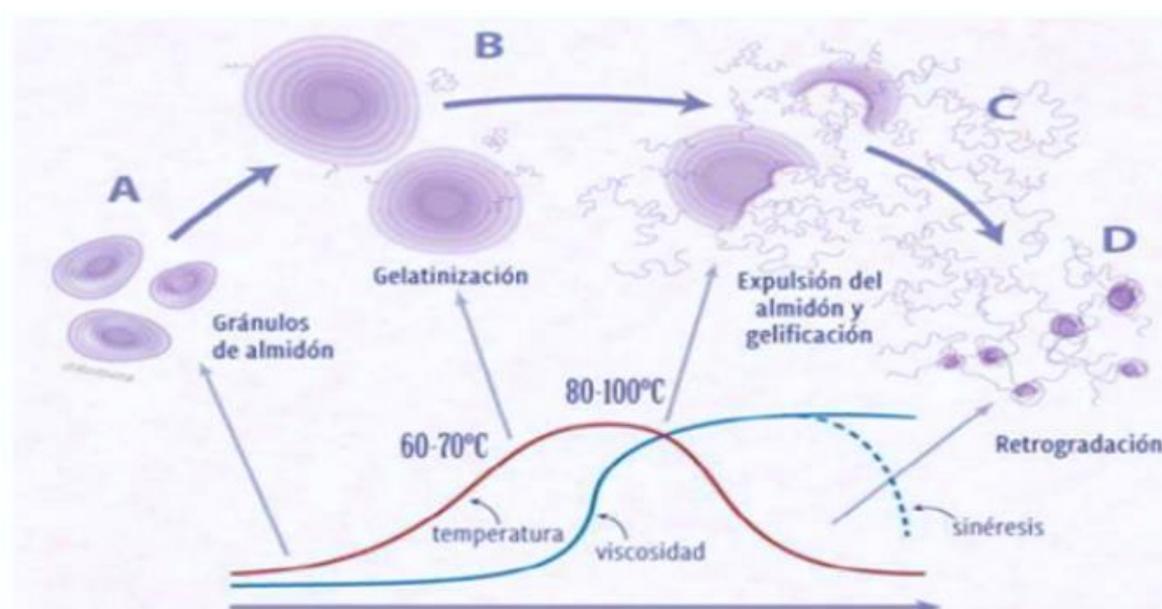
Según Arias Balderas et al (2020) las propiedades mecánicas desde los gases hasta los sólidos son analizados por la reología, además la consistencia, viscosidad y elasticidad de los fluidos son descritas y entendidas los ésta. Este análisis, proporciona a la industria información importante, especialmente en lo referente a viscosidad, entendida como, la resistencia que opone un líquido a fluir. Las características reológicas permiten la cuantificación de las propiedades que resultan de la viscosidad, como elasticidad, viscoelasticidad, formación de pasta, temperatura de viscosidad, periodos de rompimiento y recuperación de viscosidad. El equipo empleado para determinar dichas propiedades es el reómetro, instrumento de alta precisión.

En la industria, los almidones constituyen una fuente de materia prima, especialmente los provenientes de tubérculos, dado que estructuralmente tienen la capacidad de mayor retención de agua, utilizados como viscosantes, espesantes, estabilizantes, gelificante y como agentes de retención de agua los cuales deben cumplir con características reológicas como resistencias a la temperatura, ya que al ser sometidos a calentamiento los gránulos se hinchan por absorción de agua, dando esa característica viscoelástico a los geles creados, utilizados en diferentes áreas de la industria.

Por otro lado, Peña Carrasco (2017) refiere que la estructura de los almidones es viscoelástica y complicada, donde los geles de amilosa y amilopectina poseen módulos de almacenamiento altos en comparación a otros hidrocoloides. Observándose, además, cambios viscoelásticos durante fenómenos como gelatinización, hinchamiento y rompimiento de la estructura, en función a la temperatura, dependiendo estos cambios al tipo de almidón y concentración como se ilustra en la figura 3.

Figura 3

Comportamiento del almidón antes, durante y después de la gelatinización



2.2.6 Gelatinización

Es un proceso que se lleva a cabo en los gránulos de almidón, el cual consiste en la disrupción del orden molecular dentro del gránulo; es decir, es el proceso de formación de una pasta, que comienza gradualmente y se completa a cierta temperatura. Los gránulos de almidón son insolubles en aguas fría, debido a la fuerza de los enlaces de hidrógeno, pero a medida que se eleva la temperatura éstos comienzan absorber el agua, rompiendo estos enlaces. La temperatura de gelatinización dependerá de las características del almidón, encontrándose por referencia en un rango de 55 a 75°C; el rango de gelatinización es referido

a la temperatura en que todos los gránulos se encuentran completamente hinchados, este difiere de acuerdo al tipo de almidón (Peña Carrasco, 2017)

En referencia a e ello, Luisillo Hernández (2014) expresa que la gelatinización del almidón, es un proceso que sufren los gránulos al ser calentados en agua, se produce una interrupción del ordenamiento molecular ocasionando en el grano hinchamiento irreversible, pérdida de birrefringencia y cristalinidad además de producirse lixiviación de la amilosa. Los gránulos más grandes son los primeros en gelatinizarse por tener el área de contacto mayor, esto se produce en intervalos más o menos largos de temperatura y va a depender del método de medida, fuente u origen del almidón, relación entre almidón – agua, proteínas, lípidos y heterogeneidades del gránulo.

La absorción de agua de los gránulos de almidón es de 20 a 40% aumentando la viscosidad de disolución, pasando parte de la amilosa difundida fuera del gránulo a la disolución; el resto de los gránulos se hidratan y los rodean cadenas de amilosa de bajo peso molecular. Posterior a ello, los gránulos explotan dando paso a la primera fase de la gelatinización, donde se forman una red polimérica a partir de cristales fundidos. La técnica utilizada para conocer la gelatinización es la calorimetría, que mide la temperatura y la entalpia, por ser un proceso endotérmico (Peña, 2017).

Según Vargas y Flores (2021), el proceso endotérmico de la gelatinización, es una interrupción del orden molecular del gránulo del almidón, ocasionando cambios irreversibles como solubilidad, pérdida de birrefringencia, hinchazón granular, fusión de la zona cristalina. Las soluciones gelatinizadas de los almidones se vuelven opacas y frágiles, perdiéndose, además, la estructura cristalina y ordenada del almidón. El intervalo de temperatura en la cual gelatinizan los almidones es relativa al tipo de almidón, los granos más grandes se hinchan primero que los más pequeños, espesando e hinchándose a temperaturas ligeramente diferentes.

Peña Carrasco (2017) expresa, que el proceso de gelatinización se realiza en las siguientes etapas:

- La temperatura de gelatinización va a depender del origen del almidón, aproximadamente a los 60-71 °C. Espesan más pronto los almidones de raíces como yuca y papa, junto a los céreos, que los cereales a temperaturas más baja. Dependerá la temperatura de la cantidad presente de agua, pH, azúcar, sal, grasas o proteínas, así como las modificaciones presentes. Se hinchan más rápido los gránulos dañados de almidón, mostrando aparentemente menor temperatura de gelatinización.
- La energía cinética de las moléculas de agua caliente rompe los puentes de hidrógeno entre las moléculas de almidón. El hinchamiento, tiene lugar a medida que se forman puentes de hidrógeno y el agua penetra profundamente el gránulo de almidón, para ello se necesita la presencia de suficiente agua.
- En la cadena de amilosa se produce difusión a medida que salen de los gránulos de almidón, produciéndose también lixivia impulsada por la incompatibilidad termodinámica y solubilidad.
- Se pierde birrefringencia, la estructura cristalina y ordenada del gránulo de almidón nativo. La birrefringencia (doble refracción) hace referencia cuando en ciertos tipos de material cristalino un rayo de luz pasa y se descompone en dos. El gránulo expandido es más traslucido, debido al índice de refracción esta próximo al del agua. Los gránulos exhiben un patrón de birrefringencia, cuando se observa bajo luz polarizada conocido como “Cruz de Malta”, en el grano esto implica alto grado molecular. Esto ocurre, cuando el material presenta características y direcciones diferentes, conocido como material anisotrópico, esta condición en la amilosa y amilopectina es la responsable de la cruz de malta distintiva. La amilopectina y su interacción es la causante de la cristalinidad del almidón.

- Con la temperatura aumenta el hinchamiento del grano. Al hincharse los granos ocupan más espacios, se agrandan liberan amilosa y la mezcla se espesa a medida que se realiza este proceso. Los cambios estructurales más importantes durante y después de la gelatinización de los gránulos de almidón es el hinchamiento y posterior solubilización de la amilosa y amilopectina. A una temperatura determinada, el hinchamiento es rápido entre los primeros 5 y 10 minutos, continuando un calentamiento adicional. La hinchazón no parece aumentar en gran medida al mantener un calentamiento prolongado de aproximadamente 95 °C. Antes que la plena gelatinización, la cristalinidad del almidón regula la amilopectina, siendo el hinchamiento una propiedad de ésta. La amilosa, se cree actúa como un sistema retentivo de la hinchazón, debido a que los gránulos de almidón en el cereal no se hinchan completamente hasta que la amilosa se haya lixiviado del grano.
- A medida que se gelatiniza, el gel de almidón continúa volviéndose más espeso, viscoso y resistente al flujo.

2.2.7 Retrogradación

Cuando el almidón gelatinizado pierde solubilidad debido a la asociación de las moléculas, las cuales forman estructuras estrechamente compactas se le conoce como retrogradación. Es un fenómeno que influye en varias características como la textura, aceptabilidad y digestibilidad de los alimentos. La amilasa es el primer componente en cristalizar seguido por la amilopectina cuyo proceso de cristalización es lento, para evitar esta condición se usan almidones que solo contengan amilopectina (Luisillo Hernández, 2014).

Mientras tanto, Vargas y Flores (2021) exponen que la retrogradación es la reasociación y cristalización de moléculas de almidón de forma rápida en la amilosa y de forma lenta en la amilopectina, la textura y el tiempo de vida de alimentos derivados de

almidones gelificados se ven afectados por los cambios moleculares. La dureza inicial y pegajosidad del gel de almidón están definidas por la retrogradación de la amilosa.

Se presentan cambios físicos durante la retrogradación como mayor cristalinidad, ausencia de solubilidad en las partículas de almidón, exudación del agua, formación de gel y turbidez de los mismos, mayor viscosidad. En la industria, en algunos casos se favorece la retrogradación y en otros es visto como un efecto indeseable, especialmente en los procesadores de alimentos perecederos ricos en almidón como pan, entre otros. Mientras, en la producción de cereales es vista de buena manera, debido a la modificación de las propiedades estructurales, mecánicas y sensoriales, implicadas en la nutrición, debido a que el almidón retrogrado la digestión enzimática es lenta.

Según expone Vargas y Flores Navarro (2021) la retrogradación del almidón, no solo depende de las porciones de amilosa y amilopectina, sino de los orígenes botánicos, motivado al contenido de amilosa diferentes o similares. La estructura y composición del almidón, conjuntamente con el contenido de agua, pH, almacenamiento, azúcares, lípidos y agentes tensioactivos, influye en la velocidad y el grado de retrogradación. Los almidones con concentraciones altas de lípidos y fosfolípidos, retrogradan más rápido, debido posiblemente durante la cocción a la dispersión limitada de almidón.

Las moléculas de amilopectina, cristalizan lento si tienen cadenas con estructuras ramificadas, dependiendo la velocidad de retrogradación de la longitud de estas cadenas. Además, el almacenamiento afecta las propiedades mecánicas de los geles del almidón ya que sus moléculas son propensas a la retrogradación, produciéndose cambios en las estructuras de productos de alto contenido de almidón también.

La temperatura de almacenamiento afecta la retrogradación; la retrogradación aumenta, cuando los geles de almidón que tienen un contenido de agua del 45 – 50% a baja temperatura, pero por encima de la temperatura de transición vítrea ($T_g = -5,0 \text{ }^\circ\text{C}$), en

comparación con el almacenamiento a temperatura ambiente. La disminución de la retrogradación, se presenta en almacenamiento con temperaturas de congelación por debajo de T_g inhibe la recristalización y en temperaturas por encima de 32 a 40 °C. Para Luisillo Hernández, (2014) el almidón retrogradado es un tipo de almidón resistente, donde inciden factores que alteran dicha resistencia en ciertas condiciones, entre estos factores se encuentran el secado, enfriamiento y almacenamiento.

.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materia prima

En la investigación se emplearon 60 kilos de papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay), que fueron distribuidas para el estudio en 15 Kg de papa nativa y 45 Kg precocidas.

3.2 Materiales

3.2.1 Equipos

- Reómetro de cilindros concéntricos. Reómetro. Marca: Brookfield. Modelo: R/S-CC. Incluye: Usillos de medida: Spin CC40 y CC25.
- Baño termostático. Marca: Lauda Modelo: Ecoline RE-204 para el control de temperatura en la cámara de Porta muestra del Reómetro
- Baño María. Marca: AquaBath. Modelo: Ecoline RE-204
- Centrifuga Refrigerada. Marca: Sigma. Modelo: 2-16PK Startorius
- Agitador magnético con calefacción y placa calefactora de vitrocerámica. Marca: IKA. Modelo: C-MAG HS 4 digital
- Estufa
- Balanza Analítica (Marca: Adventurer. OHAUS)
- Balanza digital (Marca: Electronic Scale) Capacidad Máxima 5000g.
- Termómetro con medida de 0-100°C
- Tamiz # 60 – abertura 250 micrometros (ATM Products)

3.2.2 Instrumentos

- Varilla
- Espátula
- Vasos de precipitación, 250 ml y 500ml
- Pipetas de: 1, 5 y 10 ml

- Probetas de 500 y 1000 ml
- Tubos de centrifuga de 14 ml
- Gradillas para tubos
- Placas Petri

3.2.3 *Utensilios y herramientas*

- Licuadora domestica
- Coladores domésticos
- Cuchillo
- Cuchara
- Tela gasa
- Recipientes
- Tabla de cortar
- Cocina eléctrica
- Cucharones
- Bandejas
- Baldes de 5 ltr

3.3 Métodos

3.3.1 *Diseño y tipo de investigación*

El trabajo de investigación fue de tipo básico, dado que se buscó ampliar y profundizar los conocimientos científicos ya conocidos y perfeccionar su contenido (Reyes, 2022). Corresponde a esta investigación un diseño experimental, el cual Hernández (2018) define como el estudio en que intencionalmente se manipula una o más variables independientes y determinar las consecuencias que esta tiene sobre una o más variables dependientes; este diseño fue aplicado en un contexto de laboratorio para evaluar el efecto

de la gelatinización y retrogradación en las características funcionales y reológica de almidones de papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) nativa y precocida.

3.3.2 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos, hace referencia a las diferentes modalidades como el investigador obtiene información. En el caso específico de la investigación, se empleó la técnica de observación experimental, la cual elabora datos controlados por el investigador (Reyes, 2022). El instrumento que se utilizó fue la ficha de registro de datos, el cual se muestra en el anexo 1. Tal instrumento sirvió para recolectar la información obtenida tanto para las muestras de papa precocida como para las muestras de papa no cocida.

3.3.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos de la investigación, se obtuvieron por medio la Técnica de Calorimetría Diferencial de Barrido, para la determinación de almidones, Inducción y monitoreo de gelatinización y retrogradación, cuyos datos fueron procesados, empleando hojas de cálculo de Excel para realizar tablas comparativas y las gráficas de frecuencia que describan los fenómenos analizados.

3.3.4 Tratamiento Estadístico

Se aplicó la estadística descriptiva para mostrar los resultados obtenidos en los ensayos, teniendo además como patrón de comparación los valores obtenidos en almidones de papa no cocida. Por su parte, para medir el efecto, se diseñó un experimento de bloque completamente al azar, en el cual a través del análisis estadístico inferencial queda determinada la significancia entre las variables de estudio. La operacionalización de las variables, se describen de la siguiente manera:

Las variables Independientes: corresponde a los almidones de papa precocida y almidones de papa nativa (sin cocción), definidos como aquellos productos, obtenidos de la papa (*Solanum tuberoso*, var. Yungay) que poseen características especiales que son

aprovechadas por la industria de los alimentos. El cual se extrajo el almidón, y se sometió a procesos de gelatinización y retrogradación a las temperaturas de 75, 80, 85, 90, 94 y 98 °C para medir el efecto sobre las características funcionales, y 25, 45, 65 y 85 °C para describir las características reológicas.

La variable dependiente, corresponde a las características funcionales de los almidones: observado mediante el índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad de agua (ISA), de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- Índice de absorción de agua (IAA)

$$\text{IAA} = \frac{\text{Peso de sedimento}}{\text{Peso de la muestra seca}}$$

- Índice de solubilidad del agua (ISA)

$$\text{ISA} = \frac{A \times (B/2.5)}{C}$$

Dónde:

A: sólidos disueltos en 2.5 ml de sobrenadante.

B: ml. de totales de sobrenadantes.

C: peso de la masa seca

Y a las características reológicas, descrita mediante el índice de comportamiento reológico (k^2), según el modelo de Ostwald como se muestra a continuación:

$$y = m \cdot x^k$$

Donde;

y = Esfuerzo cortante [Pa]

m= Índices de consistencia

x = Ritmo cortante [1/s]

3.3.5 *Análisis Estadístico*

El experimento se conducirá a través del Diseño Experimental Factorial de 6x3 en diseño bloque completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, el cual se ajusta al modelo estadístico siguiente:

$$Y = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \sigma_k + E_{ijk}$$

Dónde:

i j k: son subíndices

σ : Efecto de bloque

E: Error

Los resultados del experimento son contrastados mediante el análisis de varianza (Anova), el cual permitió evaluar el grado de influencia de la gelatinización y retrogradación en propiedades funcionales y reológicas de los almidones nativos y precocidos, según la tabla 1 que a continuación se muestra:

Tabla 1

ANOVA para el análisis de las propiedades funcionales y reológicas de los almidones según temperatura y tipo de modificación

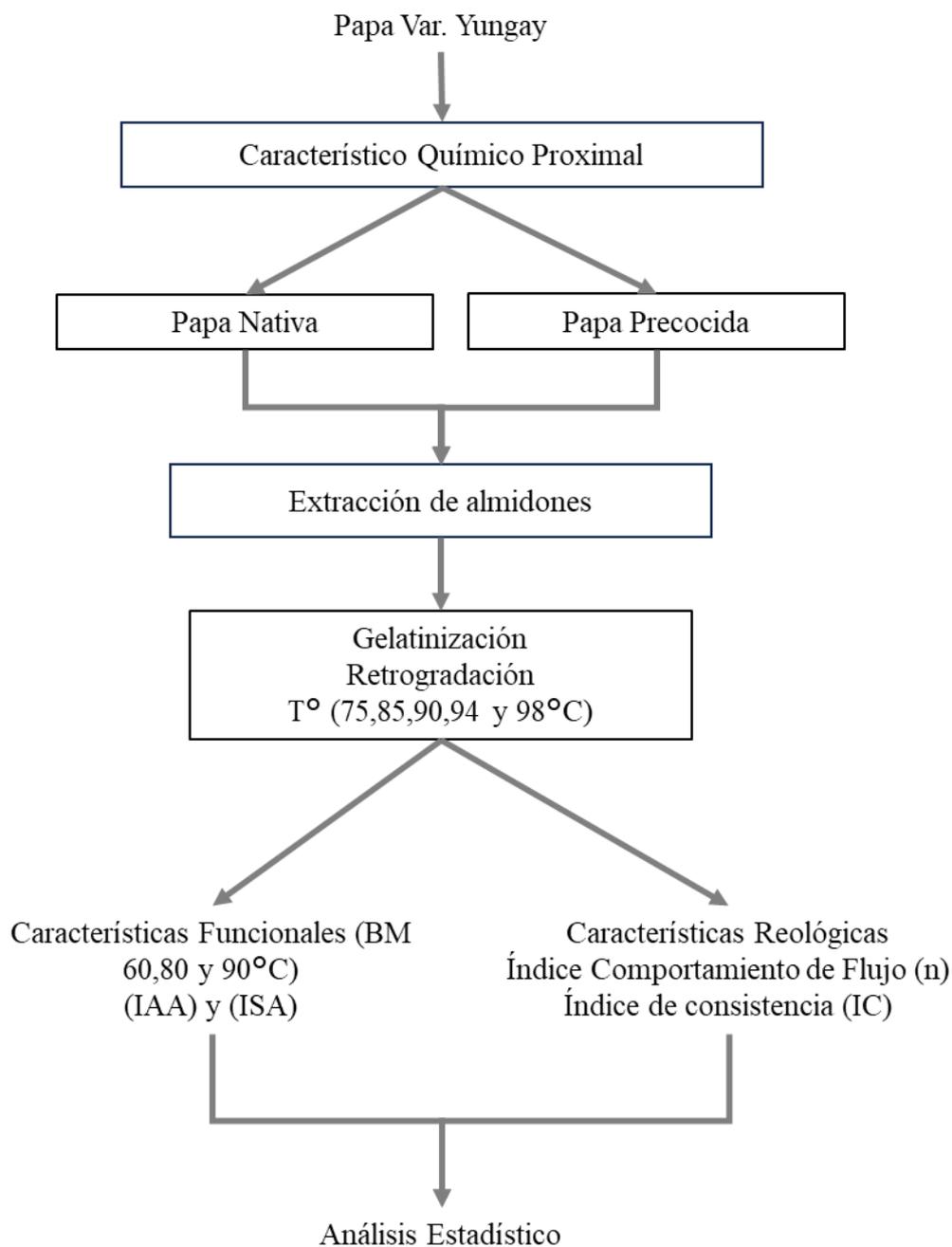
Fuente de variabilidad	GL
Tipo de almidón (Bloques)	1
Efecto de modificación de almidón (A: tratamiento térmico)	1
Efecto de la temperatura (B: gelatinización y retrogradación)	3
Efecto de la interacción de AB	3
Error experimental	39
Total	47

3.3.6 *Procedimiento experimental*

En la figura 4, se presenta las secuencias operativas de la investigación para su desarrollo.

Figura 4

Diagrama de flujo general de la investigación



3.3.6.1 Extracción de almidones

En la figura 5 y 6, se muestra el diagrama de flujo que se aplicó para la extracción del almidón sin cocción y precocido respectivamente, según lo realizado por Castro (2021).

Figura 5

Diagrama de flujo para la extracción del almidón sin cocción

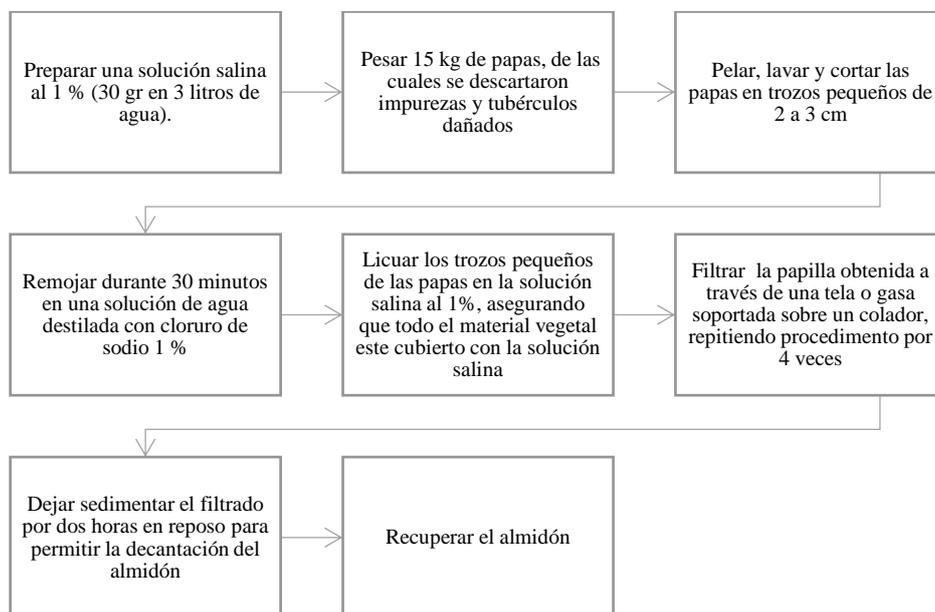
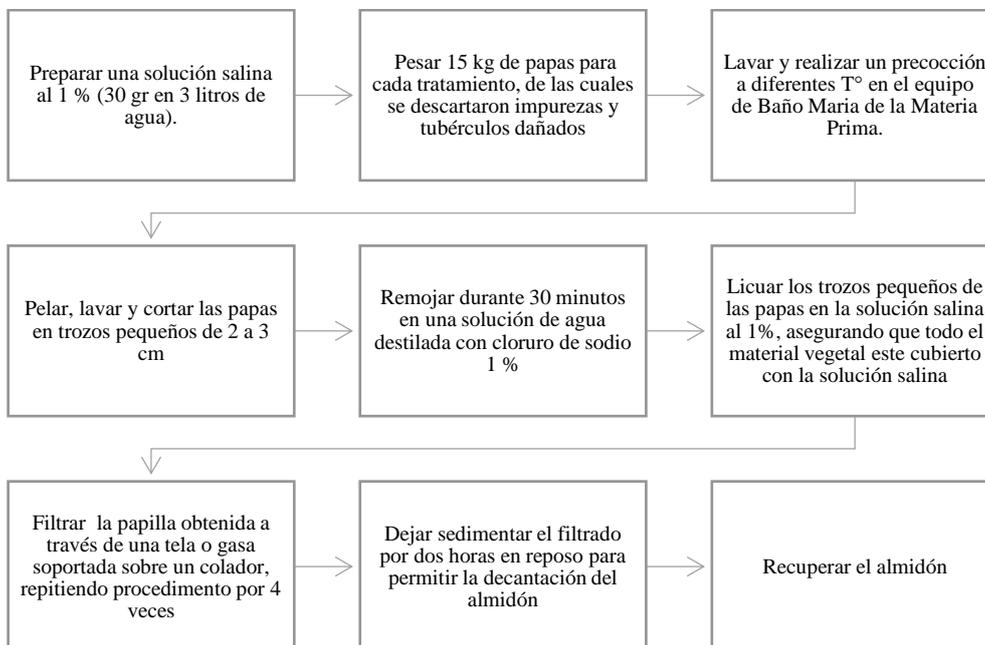
**Figura 6**

Diagrama de flujo para la extracción del almidón con precocción a 30, 45 y 50°C



3.3.6.2 Determinación de la temperatura de gelatinización y retrogradación

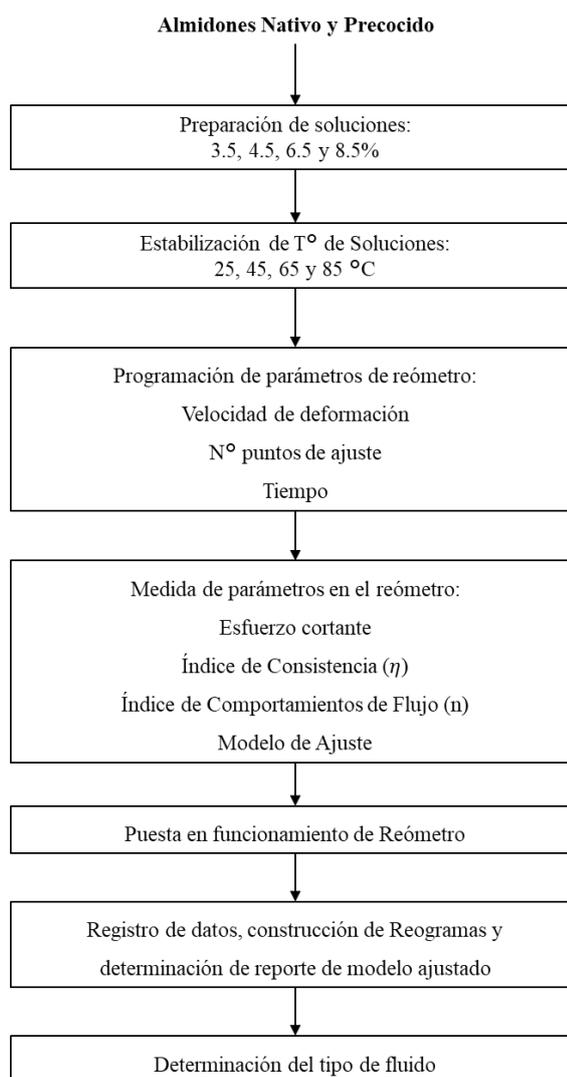
Describir los métodos empleados de acuerdo a lo sugerido según metodología 70-10 por *American Association of Cereal Chemist (AACC, 1995)* citado en Vargas et al. (2016). Los parámetros evaluados fueron: temperatura inicial de gelatinización, viscosidad a 75, 80, 85, 90, 94 y 98 °C, retrogradación.

3.3.6.3 Caracterización del comportamiento reológico de los almidones

La evaluación reológica se efectuó utilizando un Reómetro Brookfield modelo RS/PLUS Rheometer - 2010, conforme se observa en la figura 7.

Figura 7

Procedimiento para evaluación del comportamiento reológico de los almidones



3.3.6.4 Caracterización del comportamiento funcional de los almidones

Se determinó el índice de solubilidad del agua y el índice de absorción del agua, siguiendo la metodología realizada por Adame (2019) que permitió cuantificar la cantidad de agua incorporada a la muestra y el porcentaje de sólidos solubles disueltos en agua a 30 °C. Para ello, se colocó 1 g de la muestra de almidón previamente pesado en un tubo de ensayo y se centrifugó. A cada tubo, se le agregó 10 ml de agua destilada, luego los tubos se llevaron a agitación a 30°C por 30 minutos y se centrifugaron a una velocidad de 3000 rpm durante 10 minutos.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Composición química proximal de la papa

En la tabla 2, se presenta la caracterización químico proximal de papa nativa Yungay, se observa que el contenido de almidón de la papa es mayor a 99 %, a igual que lo mostrado por Cuba (2021) en la caracterización de la papa de la región altoandina, sin embargo, la de papa nativa Yungay posee mayor contenido de humedad (79.28%), proteínas (1.58%), grasas (10.67%) y cenizas (0.57%), que la papa altoandina, cuyo valores de proteína se registró en 0,25 a 0.40%, 0-0,1% la fibra y los lípidos en 0,16%.

Tabla 2

Caracterización Químico proximal de papa nativa Yungay

Composición química proximal	Papa Yungay sin tratamiento ± D.E.
Humedad (%)	79.28 ±0.5
Proteína (%)	1.58 ±0.5
Grasa (%)	10.67 ±0.5
Ceniza (%)	0.57 ±0.5
Carbohidratos (%)	Mas 99.00

4.2 Extracción y rendimiento de almidón según tratamiento térmico

Se proceso 45 Kg de papa a una precocción de baño de maría a las temperaturas de 30 °C; 45 °C y 55 °C (15 Kg por cada proceso) para extraer almidón, y el resto se trabajó sin cocción. En la tabla 3 se muestra el balance de materia resultante del proceso.

Tabla 3*Balace de extracción de almidones*

Operación	Unidades	Papa nativa (sin tratamiento)	Papa Precocida a diferentes tratamientos		
			30 °C	45 °C	55 °C
Materia prima	Kg	15.019	15.001	15.009	15.155
Cascara	Kg	2.045	1.863	1.739	2.229
Papa pelada	Kg	12.974	13.138	13.270	12.926
Papa cortada	Kg	12.974	13.138	13.270	12.926
Filtrado (torta)	Kg	4.437	4.432	4.434	4.477
Almidón Seco	g	588.190	535.890	500.200	641.260
Rendimiento	%	3.916%	3.572%	3.332%	4.231%

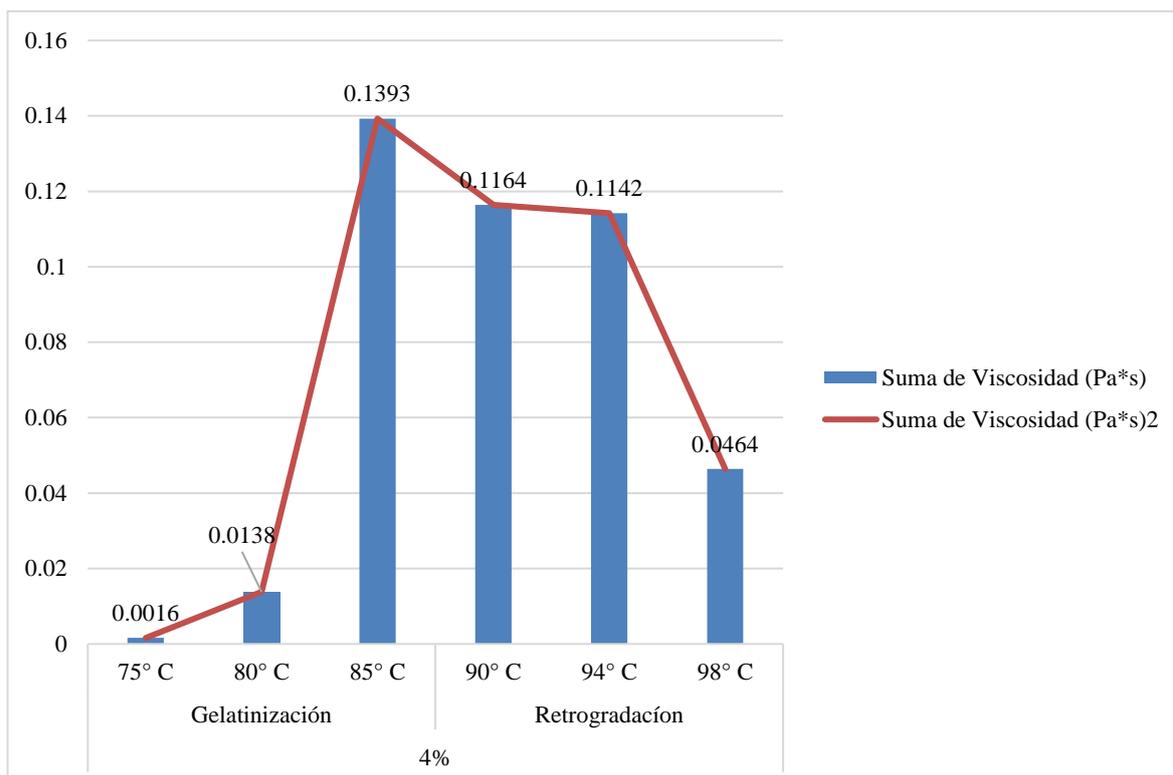
A diferencia de Vargas y Flores (2021), que alcanzó un rendimiento del 10,19% de la extracción de almidón de la papa Araq, en el presente estudio se alcanzó un rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay), sin cocción de 3.916% donde se extrajo 588,190 g de almidón, valores cercanos a este se obtuvo a una precocción de 30°C y 45°C, mientras que a una precocción de 55°C la mayor cantidad de almidones resultó 641.260 g (4.231%), y en cual fue donde se tuvo mejor rendimiento del producto de manera se usó para efecto del desarrollo de la presente investigación.

4.3 Comportamiento de gelatinización y retrogradación de almidones de papa

El comportamiento de gelatinización y retrogradación de los almidones extraídos en ambos tratamientos, se presentan en función del perfil de viscosidad registrado por el reómetro tanto para el almidón sin cocción y con cocción.

Figura 8

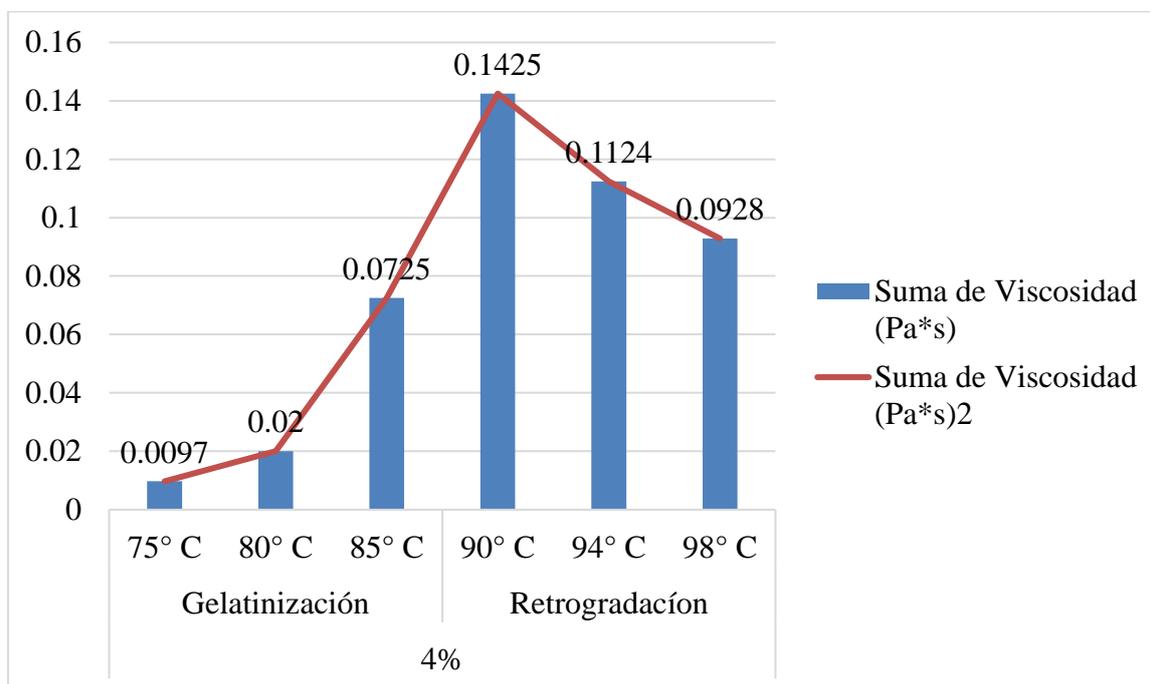
Gelatinización y retrogradación de almidón de papa variedad Yungay sin cocción



En la figura 8, se visualiza que la temperatura de gelatinización inicia desde los 75°C hasta los 85°C, y a partir de los 90°C (viscosidad de 0.1393 Pa.s), el almidón empieza a retrogradar, es por ello, que se visualiza a los 90 °C, 94 °C y 98°C, la viscosidad va disminuyendo, indicativo del inicio de la retrogradación.

Figura 9

Gelatinización y retrogradación de almidón de papa variedad Yungay con cocción a 55°C



En la figura 9, se visualiza que la temperatura de gelatinización inicia desde los 75°C hasta los 85°C, y a partir de los 90°C (viscosidad de 0.1425 Pa.s), el almidón empieza a retrogradar, es por ello, que se visualiza a los 90 °C, 94 °C y 98°C, la viscosidad va disminuyendo, indicativo del inicio de la retrogradación.

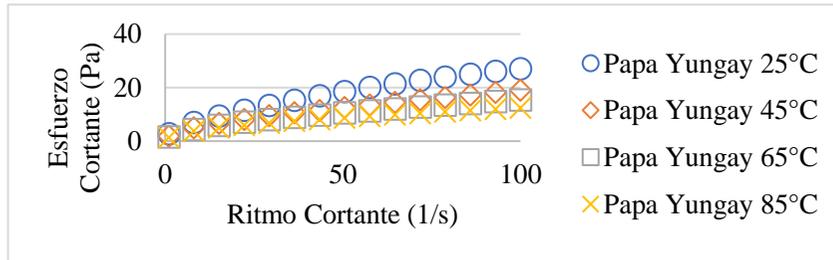
La temperatura inicial de gelatinización y de retrogradación de almidones de papa blanca (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) nativa y precocida, resultó por encima de lo encontrado por Ademe (2019) para geles de almidón de papa tratada con calentamiento óhmico y Cuba (2021), quienes reportaron un valor de 60°C en la temperatura de gelatinización y Barraza et al. (2020) quien reportó un valor de 57,7°C.

4.4 Comportamiento reológico de los almidones de papa gelatinizados y retrogradados empleando el modelo de Ostwald

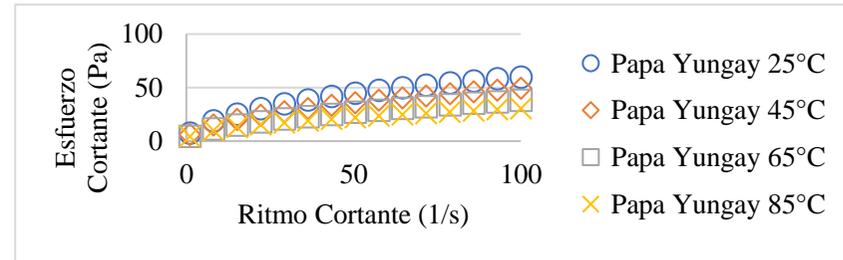
A continuación, en las figuras 10, 11, 12 y 13 se analiza el comportamiento reológico de los geles almidón de la papa sin cocción y precocida.

Figura 10

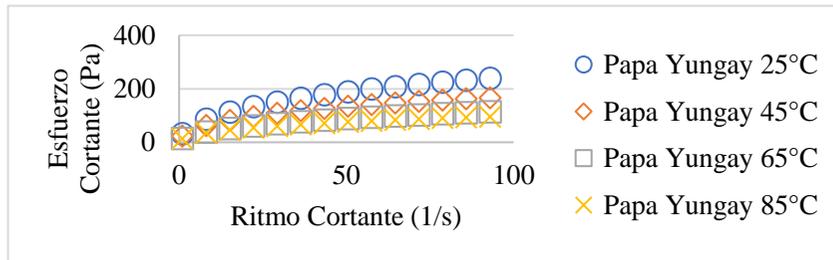
Comportamiento reológico de los geles de almidón papa nativa sin cocción de la variedad Yungay entre temperaturas con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5%



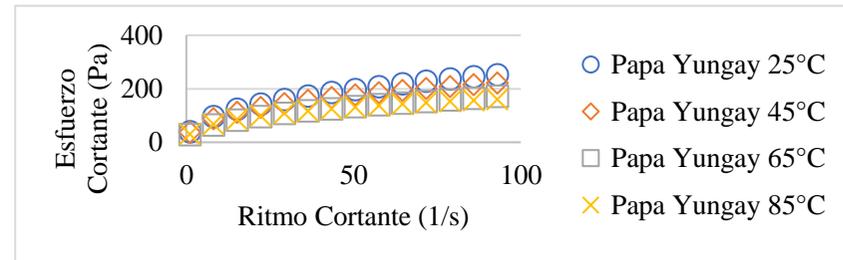
A. Concentración de 3.5%



B. Concentración 4.5 %



C. Concentración 6.5 %



D. Concentración 8.5 %

Según la figura 10, en cada uno de los reogramas evaluadas a 25, 45, 65 y 85 °C se observa que el esfuerzo cortante es mayor al aumentar la concentración del almidón de 3.5%, 4.5%, 6.5% y 8.5%, nos obstante para una misma concentración disminuye al aumentar el valor de la temperatura. En la tabla 4, se muestra el ajuste de los datos al modelo de Ostwald, a continuación: Ostwald: $y = m \cdot x^k$, en dicha tabla, se observa que los geles de almidón extraído de la papa nativa variedad Yungay, el índice de comportamiento resultó de 0.5045 a 0.4920 (25°C a 85°C) a la concentración de 3.5%, de 0.4466 a 0.44453 (25°C a 85°C) a la concentración de 4.5%, de 0.4380 a 0.4461(25°C a 85°C) a la concentración de 6.5% y de 0.4001 a 0.3896 (25°C a 85°C) a la concentración de 8.5%. Por otra parte, el índice de consistencia, se obtuvo valor proporcional con el incremento de la temperatura, donde el mayor valor se registró a los 25°C para el conjunto de concentraciones analizadas

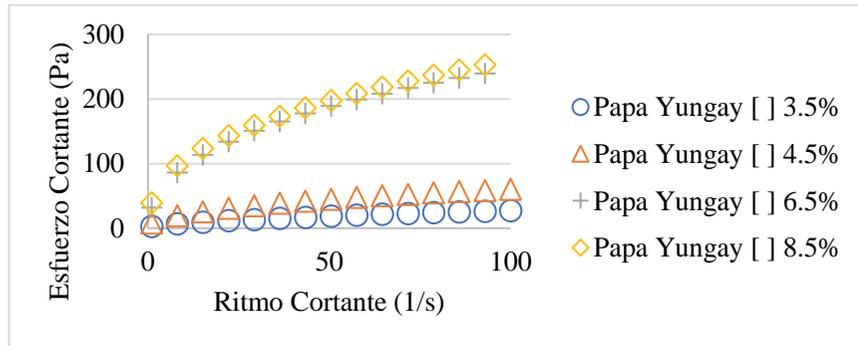
Tabla 4

Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa sin cocción de la variedad Yungay entre temperatura con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5%

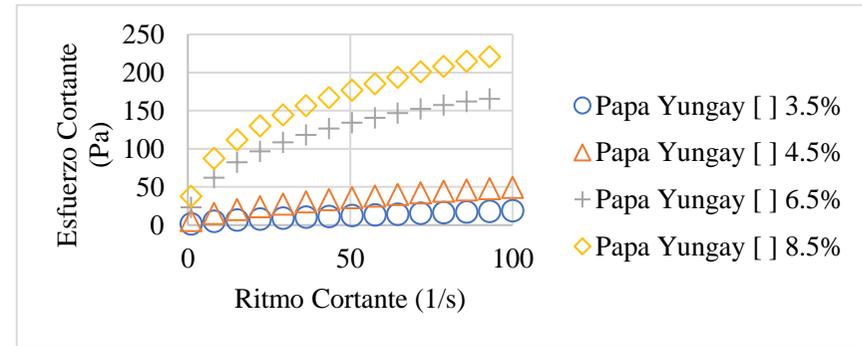
[]	Temperatura (°C)	Índices de consistencia (m)	Índices de comportamiento (k ²)	de R ²
3.5 %	25 °C	2.5936	0.5045	0.9993
	45 °C	1.7358	0.5118	0.9993
	65 °C	1.5051	0.4989	0.9997
	85 °C	1.2582	0.492	0.9996
4.5 %	25 °C	7.7465	0.4466	0.9999
	45 °C	5.7027	0.4666	0.9999
	65 °C	4.0649	0.4767	0.9998
	85 °C	3.8085	0.4453	0.9995
6.5 %	25 °C	33.1957	0.438	0.9996
	45 °C	22.9342	0.4383	0.9986
	65 °C	14.9248	0.4504	0.9999
	85 °C	12.5398	0.4461	0.9988
8.5 %	25 °C	41.1384	0.4022	0.9999
	45 °C	35.7226	0.4001	0.9993
	65 °C	27.2236	0.4032	0.9999
	85 °C	26.7662	0.3896	0.9971

Figura 11

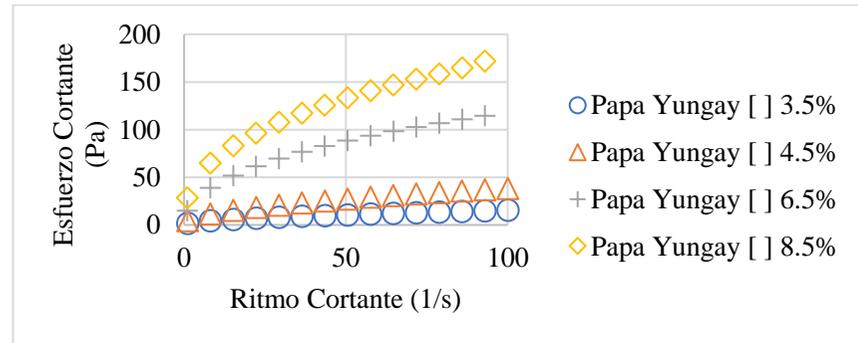
Comportamiento reológico del almidón de papa nativa variedad Yungay Chata sin cocción, entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85 °C.



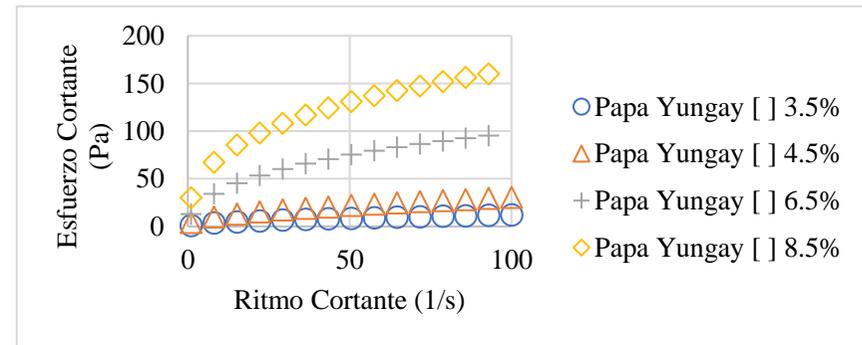
A. Temperatura de 25°C



B. Temperaturas de 45°C



C. Temperaturas de 65°C



D. Temperaturas de 85°C

En la figura 11, se observa que el esfuerzo cortante de los geles de almidón disminuye al variar las concentraciones en diferentes temperaturas. Se observa en las figuras 7.A-7D que las curvas de 6.5% y 8.5%, las diferencias son mínima, con el incremento de la temperatura, es decir el efecto de la temperatura sobre el esfuerzo cortante disminuye con el aumento de la concentración. Por otra parte, las curvas a 3.5 %, 4.5%, se observa que hay cambios significados sobre el esfuerzo cortante a las temperaturas de 45, 65 y 85 °C, mientras que a la temperatura de 25°C las curvas se sobreponen (figura 7A), indicando que a baja temperatura y concentración de almidón, el efecto cortante se mantiene constante. En la tabla 5, se muestra se muestra el ajuste de los datos al modelo de Ostwald, a continuación:

$$\text{Ostwald: } y = m \cdot x^k$$

Tabla 5

Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa variedad, Yungay

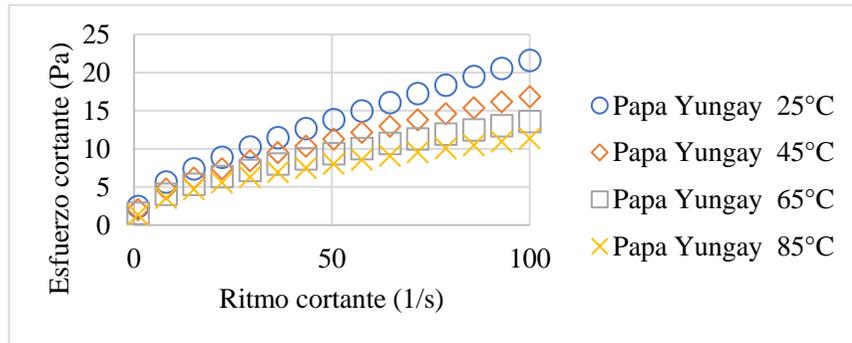
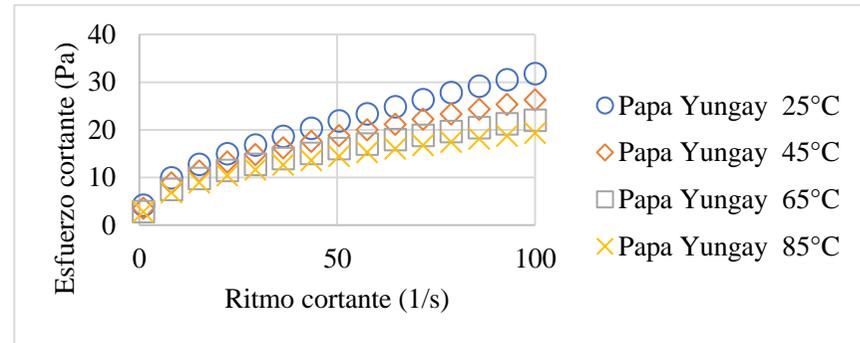
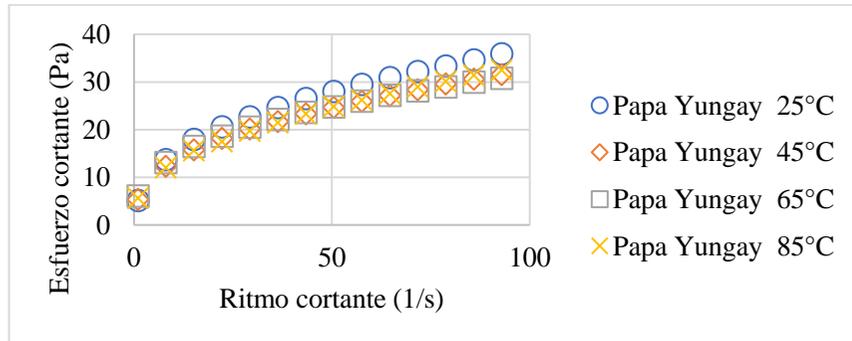
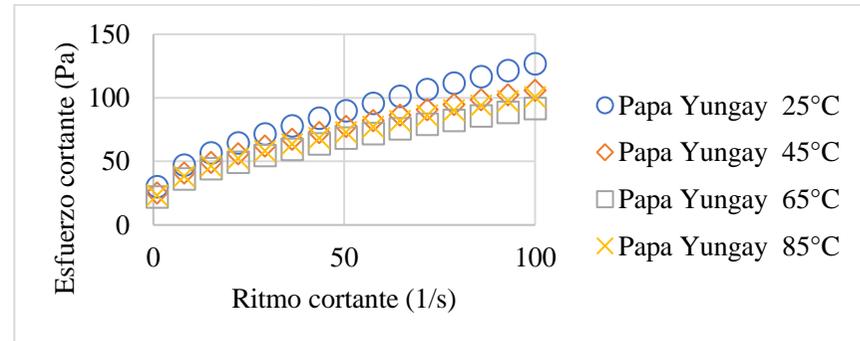
Chata sin cocción entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85 °C

Temperatura (°C)	[]	Índices de consistencia (m)	Índices de comportamiento (k ²)	R ²
25 °C	3.5 %	2.5936	0.5045	0.9993
	4.5 %	7.7465	0.4466	0.9999
	6.5 %	33.1957	0.438	0.9996
	8.5 %	41.1384	0.4022	0.9999
45 °C	3.5 %	1.7358	0.5118	0.9993
	4.5 %	5.7027	0.4666	0.9999
	6.5 %	22.9342	0.4383	0.9986
	8.5 %	35.7226	0.4001	0.9993
65 °C	3.5 %	1.5051	0.4989	0.9997
	4.5 %	4.0649	0.4767	0.9999
	6.5 %	14.9248	0.4504	0.9999
	8.5 %	27.2236	0.4032	0.9999
85 °C	3.5 %	1.2582	0.492	0.9996
	4.5 %	3.8085	0.4453	0.9995
	6.5 %	12.5398	0.4461	0.9988
	8.5 %	26.7662	0.3896	0.9971

En la tabla 5, se observa que los geles de almidón extraído de la papa nativa variedad Yungay, el índice de comportamiento resultó de 0.5045 a 0.4022 (3.5% a 8.5%) a la temperatura de 25°C, de 0.4466 a 0.4001 (3.5% a 8.5%) a la temperatura de 45°C, de 0.4489 a 0.4032(3.5% a 8.5%) a la temperatura de 65°C y de 0.4920 a 0.3896 (3.5% a 8.5%) a la temperatura de 85°C. Por otra parte, el índice de consistencia, se obtuvo valor proporcional con el incremento de la concentración, donde el mayor valor se registró a la concentración de 8.5% para el conjunto de temperaturas evaluadas.

Figura 12

Comportamiento reológico de los geles de almidón papa nativa precocida a 55°C de la variedad Yungay entre temperaturas con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5%

**A. Concentración de 3.5%****B. Concentración 4.5 %****C. Concentración 6.5 %****D. Concentración 8.5 %**

Se observa en la figura 12, en cada una de las isothermas evaluadas a 25, 45, 65 y 85 °C las concentraciones del almidón extraído con precocción a 55°C evaluada a 3.5%, 4.5%, 6.5% y 8.5%, el esfuerzo cortante es mayor al aumentar la concentración, sin embargo, para una misma concentración disminuye al aumentar el valor de la temperatura. En la tabla 6, se muestra el ajuste de los datos al modelo de Ostwald: Ostwald: $y = m \cdot x^k$

Tabla 6

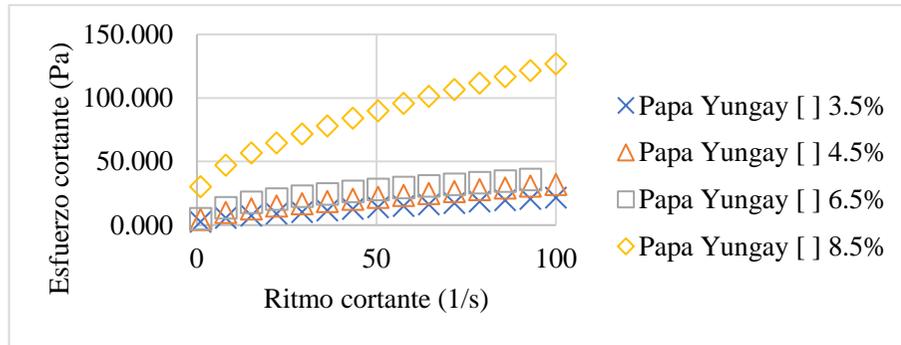
Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa precocida a 55°C de la variedad Yungay entre temperatura con concentraciones de 3.5 %, 4.5%, 6.5% y 8.5%

[]	Temperatura (°C)	Índices de consistencia (m)	Índices de comportamiento (k ²)	de R ²
3.5 %	25 °C	2.2108	0.4806	0.9975
	45 °C	1.7384	0.4843	0.9990
	65 °C	1.4279	0.4830	0.9996
	85 °C	1.2180	0.4796	0.9996
4.5 %	25 °C	3.8542	0.4501	0.9994
	45 °C	3.1666	0.4558	0.9998
	65 °C	2.6432	0.4589	0.9997
	85 °C	2.4413	0.4480	0.9993
6.5 %	25 °C	5.0958	0.4342	0.9996
	45 °C	4.7852	0.4165	0.9997
	65 °C	6.1342	0.3480	0.9985
	85 °C	5.7422	0.3829	0.9989
8.5 %	25 °C	25.0548	0.3403	0.9972
	45 °C	21.0189	0.3405	0.9983
	65 °C	18.9567	0.3311	0.9984
	85 °C	20.8638	0.3309	0.9979

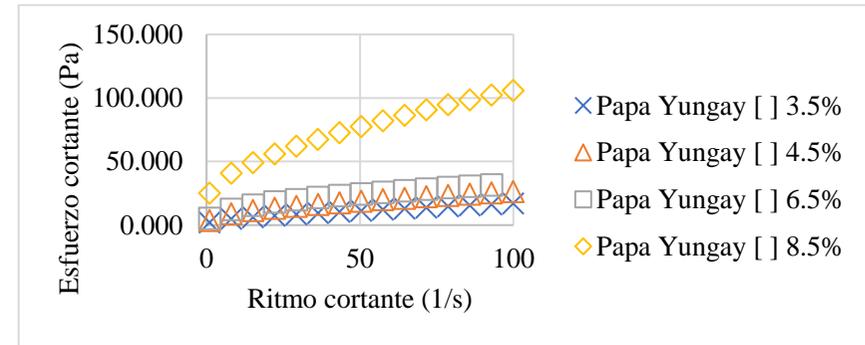
En la tabla 6, se observa que los geles de almidón extraído de la papa nativa variedad Yungay con precocción a 55°C, el índice de comportamiento resultó de 0.4806 a 0.47960 (25°C a 85°C) a la concentración de 3.5%, de 0.4501 a 0.4480 (25°C a 85°C) a la concentración de 4.5%, de 0.4342 a 0.3829 (25°C a 85°C) a la concentración de 6.5% y de 0.3405 a 0.3309 (25°C a 85°C) a la concentración de 8.5%. Por otra parte, el índice de consistencia, se obtuvo valor proporcional con el incremento de la temperatura, donde el mayor valor se registró a los 25°C para el conjunto de contracciones analizadas.

Figura 13

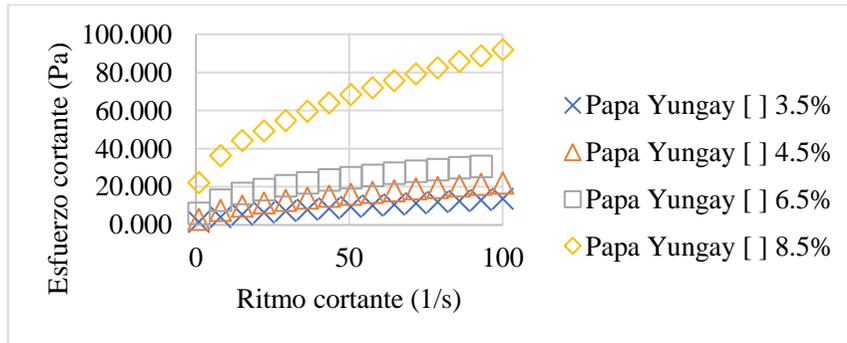
Comportamiento reológico del almidón de papa nativa variedad Yungay Chata precocida a 55°C, entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85 °C.



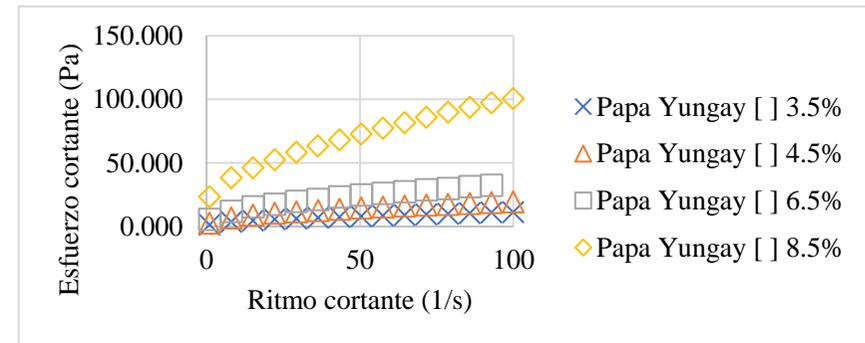
A. Temperatura de 25°C



B. Temperaturas de 45°C



C. Temperaturas de 65°C



D. Temperaturas de 85°C

En la figura 13, se observa que el esfuerzo cortante de los geles de almidón disminuye al variar las concentraciones en diferentes temperaturas. Se observa en las figuras 9.A-7D que las curvas de 4.5%; 6.5% y 8.5%, las diferencias son mínima, con el incremento de la temperatura, es decir el efecto de la temperatura sobre el esfuerzo cortante se mantiene constante a concentraciones mayor a 4.5%. Por otra parte, la curva a 3.5 %, el esfuerzo cortante disminuye al aumentar las temperaturas de 45, 65 y 85 °C. En la tabla 7, se muestra se muestra el ajuste de los datos al modelo de Ostwald, a continuación:

$$\text{Ostwald: } y = m \cdot x^k$$

Tabla 7

Ajuste del modelo reológico de los geles de almidón de papa nativa variedad, Yungay

Chata precocida a 55°C entre concentraciones a diferentes temperaturas 25, 45, 65 y 85

°C

Temperatura (°C)	[]	Índices de consistencia (m)	Índices de comportamiento (k ²)	R ²
25 °C	3.5 %	2.2108	0.4806	0.9975
	4.5 %	3.8542	0.4501	0.9994
	6.5 %	5.0958	0.4342	0.9996
	8.5 %	25.0548	0.3403	0.9972
45 °C	3.5 %	1.7384	0.4843	0.9990
	4.5 %	3.1666	0.4558	0.9998
	6.5 %	4.7852	0.4165	0.9997
	8.5 %	21.0189	0.3405	0.9983
65 °C	3.5 %	1.4279	0.4830	0.9996
	4.5 %	2.6432	0.4589	0.9997
	6.5 %	6.1342	0.3480	0.9985
	8.5 %	18.9567	0.3311	0.9984
85 °C	3.5 %	1.2180	0.4796	0.9996
	4.5 %	2.4413	0.4480	0.9993
	6.5 %	5.7422	0.3829	0.9989
	8.5 %	20.8638	0.3309	0.9979

En la tabla 7, se observa que los geles de almidón extraído de la papa nativa variedad Yungay, el índice de comportamiento resultó de 0.4806 a 0.3403 (3.5% a 8.5%.) a la temperatura de 25°C, de 0.4843 a 0.3405 (3.5% a 8.5%.) a la temperatura de 45°C, de 0.4830

a 0.4311 (3.5% a 8.5%) a la temperatura de 65°C y de 0.4796 a 0.3309 (3.5% a 8.5%) a la temperatura de 85°C. Por otra parte, el índice de consistencia, se obtuvo valor proporcional con el incremento de la concentración, donde el mayor valor se registró a la concentración de 8.5% para el conjunto de temperaturas evaluadas.

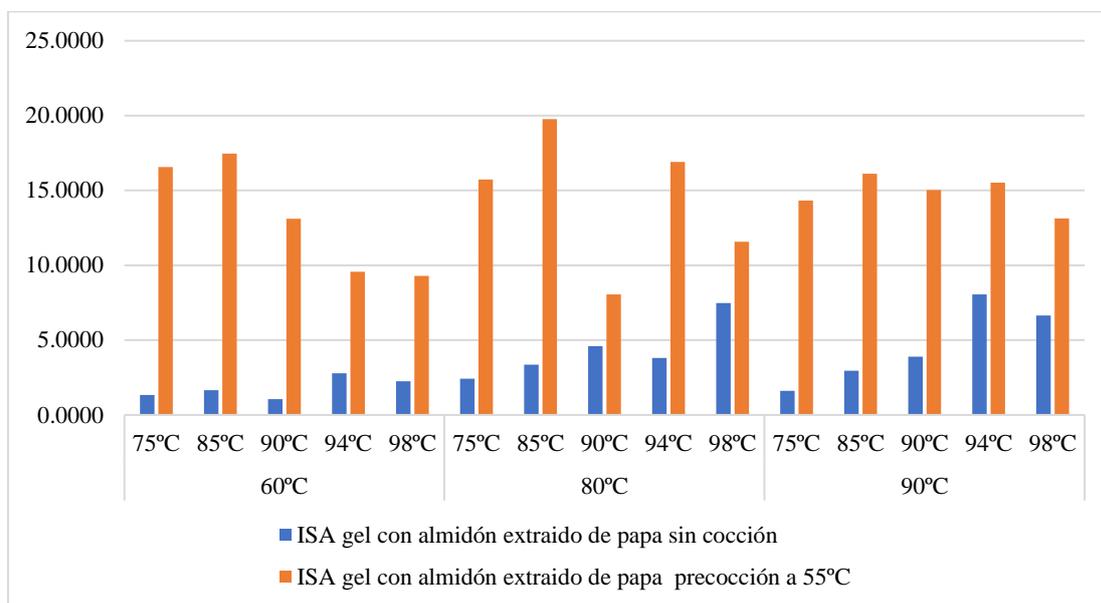
El comportamiento reológico de los almidones de papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) se modeló de acuerdo a la ecuación de Ostwald , cuyo ajuste dio un R^2 mayor a 0.99, cuyos valores del índice de comportamiento de flujo, estuvo comprendido entre de 0.5045 a 0.3829 para las condiciones de temperatura y concentración evaluada. Análogo a lo presentado por Barraza et al. (2020) cuyo índice de comportamiento de flujo para la papa nativa (*Solanum tuberosum*) var. Andígena: Águila (AG), Breña (BR), Manzana (MN), Perla (PE) y Shuita (SH) encontró valores entre los 0.584 a 0.632 con un ajuste al modelo de Herschel Bulklev de R^2 de 0.99. Por otra parte Castro (2021), obtuvo valores de 0.4927 a 0.4864 para la variedad de papa Yungay, parecido a lo reportado en el presente estudio, por lo que ubica a los almidones analizados estando dentro de lo esperado para los fluidos pseudoplástico.

4.5 Efecto de la temperatura de gelatinización y de retrogradación sobre las características funcionales de almidones de papa blanca

Se analizó el índice de solubilidad (ISA) y de adsorción de agua (IAA) de los geles de almidón extraído de la papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) nativa sin cocción y precocida a 55°C. El proceso se sometió cada uno de los geles a baño de maría con temperatura de 60, 80 y 90°C y cada uno de los parámetros se midió a las temperaturas de gelatinización y de retrogradación cuyos valores se determinaron a 75, 80, 90,94 y 98°C. En la figura 14, se observa el comportamiento del ISA del experimento.

Figura 14

ISA del gel con almidón extraído de papa sin cocción y precocción a 55°C

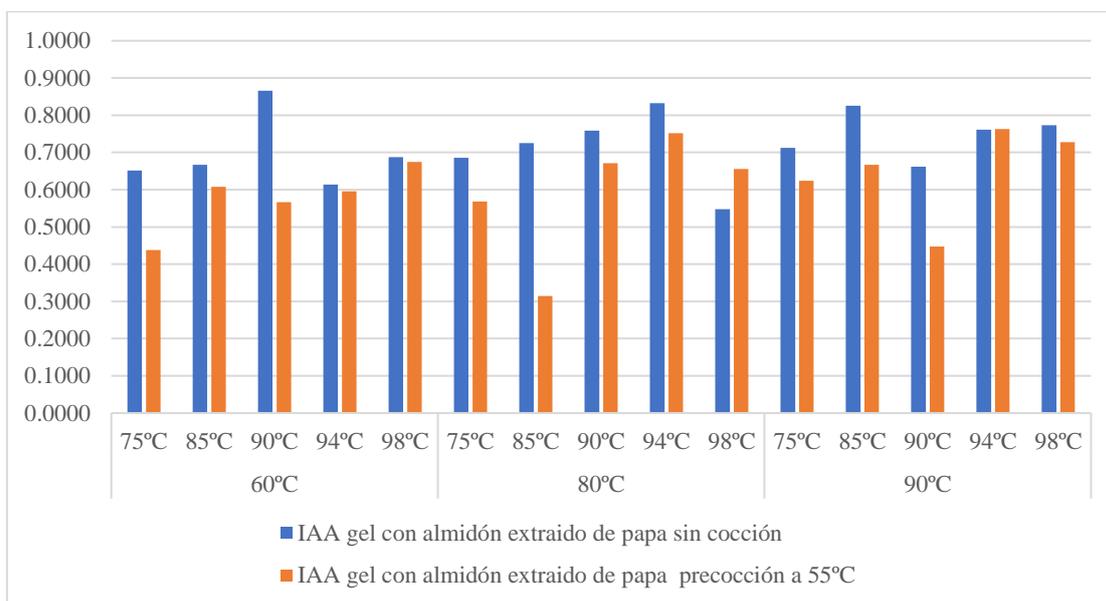


En la figura 14, se observa que en los tres procesos de baño de maría a 60, 80 y 90°C, el mayor valor de índice de solubilidad de agua (ISA) se obtuvo a los 85°C para los geles con almidón extraído con precocción, siendo igual a 17.47 g/g, 19.76 g/g y 16.18 g/g mientras que para los geles extraídos sin cocción resultó a las temperaturas de 94°C y, registrándose un valor de 2.78 g/g (baño de maría a 60°C) y 8.05 g/g (baño de maría a 90°C), mientras baño de maría de 80°C, el mayor de ISA fue a 98°C resultando igual a 7.78 g/g. Se observa, además, que el ISA de los geles con almidón sin precocción arroja valores más bajos en comparación con los obtenidos con el proceso de precocción..

A continuación, en la figura 15 se muestra el comportamiento del IAA de los geles.

Figura 15

IAA del gel con almidón extraído de papa sin cocción y precocción a 55°C



En la figura 15, se observa que el índice de absorción de agua (IAA) varía en función a proceso de baño de maría y la temperatura gelatinización y retrogradación, observándose mayor valor en el IAA en los geles extraído de la papa sin cocción, en el cual resultado igual a 0,8607 (baño de maría 60°C) a 90°C, de 0,8323 (baño de maría 80°C) a 94°C y de 0,8500 (baño de maría 85°C) a 85°C. Los valores de IAA en los geles extraído de la papa con precocción resultó iguales a 0,6742 (baño de maría 60°C) a 98°C, de 0,7518 (baño de maría 80°C) a 94°C y de 0,7628 (baño de maría 85°C) a 85°C.

Con la finalidad de verificar el efecto de la temperatura de gelatinización y retrogradación y el proceso de baño de maría, se presenta el análisis del ANOVA, de acuerdo al arreglo del diseño de bloque complementado al azar (DBCA) que se ilustra en el anexo 1. El análisis estadístico se llevó a cabo haciendo uso del software SSPS v.26, en la tabla 8, se presente el análisis de normalidad del conjunto de datos.

Tabla 8*Prueba de normalidad*

Tratamiento térmico		Shapiro-Wilk		
		Satisfice	df	Sig.
75 °C	T1 (60°C)	0,885	3	0,340
	T2 (80°C)	0,927	3	0,478
	T3 (90°C)	0,799	3	0,113
80 °C	T1 (60°C)	0,767	3	0,038
	T2 (80°C)	1,000	3	0,963
	T3 (90°C)	0,987	3	0,783
85 °C	T1 (60°C)	0,753	3	0,008
	T2 (80°C)	0,777	3	0,060
	T3 (90°C)	0,982	3	0,746
90 °C	T1 (60°C)	0,982	3	0,744
	T2 (80°C)	0,852	3	0,245
	T3 (90°C)	1,000	3	0,999
94 °C	T1 (60°C)	0,866	3	0,284
	T2 (80°C)	0,949	3	0,564
	T3 (90°C)	0,857	3	0,259
98 °C	T1 (60°C)	0,903	3	0,396
	T2 (80°C)	0,836	3	0,205
	T3 (90°C)	0,977	3	0,712

Se puede observar que en cada uno de los tratamientos y bloque la significación resultado mayor a 0.05, indicativo de que el conjunto de datos tiene un comportamiento normal, por lo que se procede a realizar el análisis de la varianza (Anova) a los IAA determinados en los geles de almidón de papa extraído con cocción y precocción. En la tabla 9, se observa el ANOVA para los valores de IAA sin cocción.

Tabla 9

Anova para IAA de los geles de almidón extraído de papa sin cocción

Descripción	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de la suma de cuadrados	F	Sig.
Modelo corregido	0.337 ^a	17	0.020	0.968	0.511
Intercepto	27.951	1	27.951	1366.933	0.000
Baño de maría	0.026	2	0.013	0.629	0.539
Tratamiento térmico	0.084	5	0.017	0.824	0.541
Baño de maría * Tratamiento térmico	0.227	10	0.023	1.108	0.383
Error	0.736	36	0.020		
Total	29.024	54			

Nota. a. $R^2= 0.314$ (ajuste de $R^2= -0.010$)

Se observa en la tabla 9, que para el factor tratamiento térmico (gelatinización – retrogradación) (75, 80, 85,90,94 y 98°C) la significancia resulto igual a 0.541 y el factor baño de maría (60,80 y 90°C), fue de 0.539. Se observa que es mayor a 0.05, en consecuencia, no hay diferencias significativas entre los factores analizados sobre el IAA, es decir, la temperatura de gelatinización y retrogradación no influye significativamente sobre el IAA de los geles de almidón extraído de papa sin cocción.

Tabla 10

Anova para IAA de los geles de almidón extraído de papa con precocción a 55°C

Descripción	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de la suma de cuadrados	F	Sig.
Modelo corregido	.704 ^a	17	.041	0.411	0.973
Intercepto	19.863	1	19.863	197.144	0.000
Baño de maría	.030	2	0.015	0.147	0.864
Tratamiento térmico	.247	5	0.049	0.489	0.782
Baño de maría * Tratamiento térmico	.428	10	0.043	0.425	0.925
Error	3.627	36	0.101		
Total	24.194	54			

Nota. a. $R^2= 0.163$ (ajuste de $R^2= -0.233$)

Se observa en la tabla 10, que para el factor tratamiento térmico (75, 80, 85,90,94 y 98°C) la significancia resulto igual a 0.784 y el factor “baño de maría (60,80 y90°C)”, fue de 0.864. Se observa que es mayor a 0.05, en consecuencia, no hay diferencias significativas entre los factores analizados sobre el IAA, es decir la temperatura de gelatinización y retrogradación no influye sobre el IAA de los geles de almidón extraído de papa con precocción.

Peña Carrasco (2017), los almidones de raíces como yuca y papa, junto a los céreos el proceso de gelatinización espesan más pronto, que los cereales a temperaturas más baja de los 60-71 °C , no obstante, depende de la cantidad presente de agua, pH, azúcar, sal, grasas o proteínas. En la investigación, se evidencio que la papa Yungay (*Solanum tuberosum*) presenta mayor contenido de humedad, fibras, grasas y cenizas que otras variedades, y es posible que se haya minimizado el efecto de la temperatura, ya que probablemente haya retardado las modificaciones en la estructura del almidón, ya que hace que se hinche más rápido, dañando los gránulos y mostrando aparentemente menor temperatura de gelatinización. Por su parte Adame (2019), cuyo IAA fue de 1.86 % para almidones de papa obtenido por calentamiento óhmico, la humedad si influyó en el proceso de gelatinización, cuya morfología presentó características diferentes al almidón extraído por procedimientos con la papa nativa.

V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A partir del estudio se verificó la evaluación del efecto de la gelatinización y retrogradación en las características funcionales y reológicas de almidones de papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) nativa y precocida, en la cual se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los almidones de papa sin cocción y con cocción alcanzaron hasta 85°C y 90°C de gelatinización respectivamente y ambos hasta 98°C en la etapa de retrogradación.
- Los almidones gelatinizados y retrogradados de papa (*Solanum tuberosum*, var. Yungay) precocida, presentaron mayor índice de comportamiento de flujo (n) que los almidones de papa nativa, presentando ambos, valores menores a 1, reflejaron comportarse como fluido pseudoplástico.
- Conforme aumentó la concentración (3.5%, 4.5%, 6.5% y 8.5%) y temperatura (25°C a 85°C), los índices de comportamiento de flujo (n) de los almidones gelatinizados y retrogradados disminuyeron, siendo en mayor magnitud en los almidones de papa nativa que los precocidos.
- Estadísticamente, la temperatura de gelatinización y retrogradación (75, 80, 85, 90, 94 y 98°C), no influye sobre los índices de solubilidad e índice de absorción del agua (significancia mayor al 0.05), tanto para los geles de almidón extraído de papa sin cocción como los extraído con precocción a 55°C.

5.2 Recomendaciones

- Evaluar la temperatura de gelatinización y de retrogradación de almidones de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) nativa y precocida, a concentraciones superiores a 4%.
- Determinar el comportamiento reológico de los almidones de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) precocida gelatinizados y retrogradados aplicando diferentes modelos de reológico de los alimentos pseudoplásticos.
- Analizar el factor concentración en el diseño experimental propuesto para observar el impacto de la concentración sobre las características funcionales de los geles almidones de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adame, B. (2019). *Obtención de almidones de papa (Solanum Tuberosum) pregelatinizados usando calentamiento óhmico* [Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Querétano]. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1497>
- Barraza, G., Soriano, J., Obregón, J., Martínez, P., Peña, F., Velezmoro, C., Siche, R., y Claudio, A. (2020). Propiedades fisicoquímicas, funcionales y estructurales de almidones obtenidos de cinco variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum* L.). *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28789>
- Castro, V. (2021). *Propiedades reológicas de los geles a partir de almidón de las variedades de papa (Solanum Tuberosum), Yungay Chata, Huevo de Indio y Peruana* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional del Santa.
- Chamorro, F., Quilumbaquin, B. A. L., y Lucas, M. (2022). Caracterización fisicoquímica y funcional de almidón de papa súperchola y su utilización en la formulación de salchicha tipo Frankfurt. *SATHIRI*, 17(2), Article 2. <https://doi.org/10.32645/13906925.1137>
- Cuba, A. (2021). *Caracterización físicoquímica y funcional de almidones de Papa y Tunta de tres variedades nativas amargas procedentes de Ilave—Puno* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4607>
- Hernández, R. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, Cualitativa y mixta* (Primera). MacGraw Hill.
- León, G., León, D., Monroy, M. R., Espriella, S. D. L., y Barros, A. H.-. (2020). *Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4263410>

- Mejía, D., Latorre, L., Chaves, D., Trejo, D., y Valencia, L. (2021). *Cartilla usos almidón de papa* -. Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/7446/>
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica* (Primera). Page Publishing Inc. https://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=SmdxEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT45&dq=metodologia+de+la+investigacion&ots=O-aAAAJcl-&sig=XmRxy8Y_Gj-hq1B8b2XuHK-uVRo&redir_esc=y#v=onepage&q=metodologia%20de%20la%20investigacion&f=false
- Salgado, R., Paternina, A., Cohen, C., y Rodríguez, J. A. (2019). Análisis de las Curvas de Gelatinización de Almidones Nativos de tres Especies de Ñame: Criollo (*Dioscorea alata*), Espino (*Dioscorea rotundata*) y Diamante 22. *Información tecnológica*, 30(4), 93-102. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400093>
- Silva, M. (2020). *Cultivo de papa: Conoce cuando se siembra y se cosecha* [Agrotendencia.tv]. <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-papa/>
- Solarte, J., Díaz, A., Osorio, O., y Mejía, D. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6), 35-44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Vargas, G., Martínez, P., y Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(SPE), 223-230. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>
- Vargas, N., y Flores, N. (2021). *Evaluación fisicoquímica y de las propiedades funcionales del almidón del araq papa (Solanum tuberosum) procedente del Distrito y Provincia de Acobamba – Huancavelica* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3854>

- Vera, A., y Chavarría, M. (2020). Extracción y caracterización del almidón de papa (*solanum tuberosum*) variedad leona blanca. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 10(2), 26-34. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i2.10550>
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., Torres, J., Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., y Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

VII. Anexos

Anexo 1. Arreglo del diseño de bloque complementante al azar (DBCA)

CARACTERÍSTICAS	Temperatura	PAPA YUNGAY (SIN TRATAMIENTO)			PAPA YUNGAY PRECOCIDA (CON TRATAMIENTO A 55 °C)		
		BAÑO MARIA			BAÑO MARIA		
		60 °C	80°C	90°C	60 °C	80°C	90°C
Índice de Absorción de Agua (IAA)	75 °C	0,691	0,758	0,772	0,192	0,192	0,168
		0,672	0,666	0,605	0,172	0,620	0,915
		0,590	0,633	0,761	0,951	0,894	0,790
	80 °C	0,869	0,729	0,676	0,378	0,351	0,319
		0,563	0,560	0,995	0,974	0,450	0,999
		0,570	0,887	0,804	0,473	0,142	0,683
	85 °C	0,771	0,704	0,677	0,429	0,383	0,346
		0,450	0,928	0,560	0,985	0,998	0,834
		0,773	0,712	0,749	0,726	0,211	0,163
	90 °C	0,767	0,689	0,736	0,261	0,196	0,427
		0,849	0,802	0,956	0,495	0,821	0,689
		0,981	0,786	0,516	0,945	0,997	0,683
	94 °C	0,541	0,701	0,682	0,325	0,965	0,553
		0,490	0,864	0,632	0,948	0,310	0,839
		0,810	0,933	0,971	0,515	0,980	0,897
	98 °C	0,626	0,390	0,549	0,474	0,487	0,575
		0,778	0,641	0,960	0,566	0,680	0,837
		0,659	0,612	0,809	0,982	0,801	0,771
Índice de Solubilidad en Agua (ISA)	75 °C	1,669	2,599	0,947	19,172	23,184	17,386
		1,109	1,789	1,990	13,966	13,978	12,829
		1,237	2,891	1,911	19,261	10,056	12,749
	80 °C	1,496	2,499	1,409	15,719	19,339	13,171
		1,967	6,196	5,613	17,415	16,640	19,817
		1,483	1,388	1,861	14,364	23,317	15,365
	85 °C	1,365	2,555	0,993	10,973	12,497	16,781
		1,392	1,048	4,861	13,258	13,370	18,121
		1,114	1,123	5,843	8,912	19,472	10,202
	90 °C	0,906	2,702	0,684	16,558	7,362	13,952
		1,095	9,769	3,995	13,878	7,142	10,316
		1,193	1,350	4,881	15,613	9,625	12,061
	94 °C	1,535	2,922	6,874	2,692	14,322	7,397
		2,035	2,961	7,561	10,364	24,130	19,648
		4,777	5,540	9,730	10,163	12,255	19,506
	98 °C	2,087	13,196	4,250	5,855	11,023	5,777
		1,471	8,204	5,861	6,343	12,160	27,756
		3,220	1,053	9,804	14,795	11,505	5,869

Anexo 2. Estadísticos descriptivos del diseño de bloque complementado al azar (DBCA)

	Baño de maría	Estadístico	Error estándar		
IAA papa nativa	T1 (60°C)	Media	,69161	,033767	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,62037	
			Límite superior	,76285	
		Media recortada al 5%	,68893		
		Mediana	,68150		
		Varianza	,021		
		Desviación estándar	,143262		
	T2 (80°C)	Media	,72186	,032039	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,65426	
			Límite superior	,78946	
		Media recortada al 5%	,72860		
		Mediana	,70800		
		Varianza	,018		
Desviación estándar		,135930			
T3 (90°C)	Media	,74490	,035422		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,67017		
		Límite superior	,81964		
	Media recortada al 5%	,74373			
	Mediana	,74300			
	Varianza	,023			
	Desviación estándar	,150285			
IAA papa precocida 55°C	T1 (60°C)	Media	,59939	,069626	
		Límite inferior	,45249		

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	,74629	
	Media recortada al 5%		,60174	
	Mediana		,50475	
	Varianza		,087	
	Desviación estándar		,295397	
T2 (80°C)	Media		,58203	,074303
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,42526	
		Límite superior	,73879	
	Media recortada al 5%		,58336	
	Mediana		,55350	
	Varianza		,099	
	Desviación estándar		,315241	
T3 (90°C)	Media		,63806	,060737
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,50991	
		Límite superior	,76620	
	Media recortada al 5%		,64440	
	Mediana		,68575	
	Varianza		,066	
	Desviación estándar		,257687	

	Tratamiento térmico	Estadístico	Error estándar		
IAA papa nativa	75 °C	Media	,68294	,022735	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,63052	
		Límite superior	,73537		
		Media recortada al 5%	,68319		
		Mediana	,67200		
		Varianza	,005		
		Desviación estándar	,068206		
	80 °C	Media	,73917	,053240	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,61640	
			Límite superior	,86194	
			Media recortada al 5%	,73491	
			Mediana	,72900	
			Varianza	,026	
			Desviación estándar	,159719	
	85 °C	Media	,70256	,045208	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,59831	
			Límite superior	,80680	
			Media recortada al 5%	,70406	
			Mediana	,71200	
			Varianza	,018	
			Desviación estándar	,135623	
90 °C					

		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,67955	
			Límite superior	,89445	
		Media recortada al 5%		,79128	
		Mediana		,78600	
		Varianza		,020	
		Desviación estándar		,139785	
94 °C		Media		,73583	,056420
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,60573	
			Límite superior	,86594	
		Media recortada al 5%		,73645	
		Mediana		,70050	
		Varianza		,029	
		Desviación estándar		,169261	
98 °C		Media		,66925	,054582
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,54338	
			Límite superior	,79512	
		Media recortada al 5%		,66864	
		Mediana		,64150	
		Varianza		,027	
		Desviación estándar		,163745	
IAA papa precocida 55°C	75 °C	Media		,54361	,119025
			Límite inferior	,26914	

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	,81808	
	Media recortada al 5%		,54185	
	Mediana		,62000	
	Varianza		,128	
	Desviación estándar		,357076	
80 °C	Media		,52978	,098600
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,30241	
		Límite superior	,75715	
	Media recortada al 5%		,52525	
	Mediana		,45000	
	Varianza		,087	
	Desviación estándar		,295799	
85 °C	Media		,56383	,108570
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,31347	
		Límite superior	,81420	
	Media recortada al 5%		,56198	
	Mediana		,42850	
	Varianza		,106	
	Desviación estándar		,325709	
90 °C	Media		,61239	,095526
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,39210	
		Límite superior	,83267	

	Media recortada al 5%		,61418	
	Mediana		,68250	
	Varianza		,082	
	Desviación estándar		,286579	
94 °C	Media		,70350	,092587
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,48999	
		Límite superior	,91701	
	Media recortada al 5%		,71000	
	Mediana		,83850	
	Varianza		,077	
	Desviación estándar		,277761	
98 °C	Media		,68583	,057946
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,55221	
		Límite superior	,81946	
	Media recortada al 5%		,68112	
	Mediana		,68000	
	Varianza		,030	
	Desviación estándar		,173838	

Anexo 3. Equipos empleados

Reómetro de Cilindro coaxial R/S-CC.



Water Jacket, Chambers y Coaxial Cylinder Spindles.



- **Baño termostático.**

Marca: Lauda

Modelo: Ecoline RE-204 para el control de temperatura en la cámara de Porta muestra del Reómetro

Baño termostático. Marca: Lauda; Modelo: Ecoline

RE-204



- **Baño Maria**

Marca: AquaBath

Modelo: Ecoline RE-204



- **Centrifuga Refrigerada**

Marca: Sigma

Modelo: 2-16PK Startorius



- **Agitador magnético con calefacción y placa calefactora de vitrocerámica.**

Marca: IKA

Modelo: C-MAG HS 4 digital



- **Estufa**



Anexo 4. Esfuerzo cortante de los geles de almidona a diferentes concentraciones variando la temperatura

[] 3.5%		1000															
Numero	Tiempo (s)	Papa Yungay 25°C				Papa Yungay 45°C				Papa Yungay 65°C				Papa Yungay 85°C			
		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)														
1	4	2,8	2.800	1	1,808	1.808	1,01	1.010	1,598	1.598	1	1,289	1.289	1			
2	8	6,964	6.964	8	4,945	4.945	8,081	8.081	4,368	4.368	8	3,767	3.767	8			
3	12	9,433	9.433	15	6,656	6.656	15,15	15.150	5,874	5.874	15	5	5.000	15			
4	16	11,525	11.525	22	8,106	8.106	22,219	22.219	7,079	7.079	22	5,972	5.972	22			
5	20	13,426	13.426	29	9,463	9.463	29,284	29.284	8,025	8.025	29	6,752	6.752	29			
6	24	15,26	15.260	36	10,601	10.601	36,363	36.363	8,956	8.956	36	7,462	7.462	36			
7	28	16,923	16.923	43	11,467	11.467	43,428	43.428	9,792	9.792	43	8,13	8.130	43			
8	32	18,528	18.528	50	12,509	12.509	50,499	50.499	10,577	10.577	50	8,719	8.719	50			
9	36	20,057	20.057	58	13,518	13.518	57,569	57.569	11,365	11.365	58	9,301	9.301	58			
10	40	21,485	21.485	65	14,467	14.467	64,64	64.640	12,085	12.085	65	9,869	9.869	65			
11	44	22,767	22.767	72	15,442	15.442	71,709	71.709	12,793	12.793	72	10,393	10.393	72			
12	48	23,971	23.971	79	16,306	16.306	78,78	78.780	13,465	13.465	79	10,912	10.912	79			
13	52	25,083	25.083	86	17,275	17.275	85,849	85.849	14,14	14.140	86	11,413	11.413	86			
14	56	26,126	26.126	93	18,211	18.211	92,918	92.918	14,789	14.789	93	11,906	11.906	93			
15	60	27,123	27.123	100	19,008	19.008	99,989	99.989	15,442	15.442	100	12,376	12.376	100			
1	64	27,219	27.219	100	18,949	18.949	99,987	99.987	15,199	15.199	99.989	12,212	12.212	99.989			
2	68	26,233	26.233	92.918	18,276	18.276	92,92	92.920	14,717	14.717	92.918	11,782	11.782	92.920			
3	72	25,256	25.256	85.849	17,473	17.473	85,851	85.851	14,103	14.103	85.849	11,291	11.291	85.849			
4	76	24,2	24.200	78.780	16,678	16.678	78,78	78.780	13,436	13.436	78.780	10,772	10.772	78.780			
5	80	23,028	23.028	71.709	15,777	15.777	71,709	71.709	12,728	12.728	71.709	10,217	10.217	71.709			
6	84	21,789	21.789	64.638	14,895	14.895	64,64	64.640	12,005	12.005	64.640	9,674	9.674	64.640			

7	88	20,444	20.444	57.569	13,909	13.909	57,571	57.571	11,274	11.274	57.571	9,054	9.054	57.569
8	92	19,02	19.020	50.499	12,915	12.915	50,499	50.499	10,488	10.488	50.499	8,458	8.458	50.499
9	96	17,496	17.496	43.428	11,909	11.909	43,43	43.430	9,658	9.658	43.430	7,78	7.780	43.430
10	100	15,793	15.793	36.361	10,807	10.807	36,359	36.359	8,792	8.792	36.359	7,135	7.135	36.359
11	104	13,999	13.999	29.290	9,685	9.685	29,29	29.290	7,868	7.868	29.290	6,355	6.355	29.290
12	108	12,059	12.059	22.219	8,374	8.374	22,219	22.219	6,838	6.838	22.219	5,545	5.545	22.219
13	112	9,838	9.838	15.150	6,847	6.847	15,15	15.150	5,636	5.636	15.150	4,566	4.566	15.150
14	116	7,16	7.160	8.081	5,017	5.017	8,081	8.081	4,144	4.144	8.079	3,375	3.375	8.079
15	120	2,841	2.841	1.010	1,845	1.845	1,01	1.010	1,507	1.507	1.010	1,251	1.251	1.010

[] 4.5%

Numero	Tiempo (s)	Papa Yungay 25°C			Papa Yungay 45°C			Papa Yungay 65°C			Papa Yungay 85°C		
		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	
1	4	7,71	7.710	1	5,951	5.951	1	4,508	4.508	1	4,154	4.154	1
2	8	19,038	19.038	8	15,129	15.129	8	11,452	11.452	8	10,03	10.030	8
3	12	25,325	25.325	15	20,054	20.054	15	15,159	15.159	15	12,955	12.955	15
4	16	30,478	30.478	22	24,039	24.039	22	18,095	18.095	22	15,331	15.331	22
5	20	34,819	34.819	29	27,451	27.451	29	20,648	20.648	29	17,286	17.286	29
6	24	38,582	38.582	36	30,513	30.513	36	22,927	22.927	36	18,939	18.939	36
7	28	41,852	41.852	43	33,315	33.315	43	25,015	25.015	43	20,551	20.551	43
8	32	44,843	44.843	50	35,822	35.822	50	27,013	27.013	50	22,002	22.002	50
9	36	47,556	47.556	58	38,125	38.125	58	28,875	28.875	58	23,379	23.379	58
10	40	49,993	49.993	65	40,252	40.252	65	30,63	30.630	65	24,739	24.739	65
11	44	52,269	52.269	72	42,194	42.194	72	32,288	32.288	72	25,992	25.992	72
12	48	54,394	54.394	79	44,133	44.133	79	33,875	33.875	79	27,16	27.160	79
13	52	56,408	56.408	86	45,934	45.934	86	35,391	35.391	86	28,326	28.326	86
14	56	58,232	58.232	93	47,666	47.666	93	36,799	36.799	93	29,49	29.490	93
15	60	59,983	59.983	100	49,251	49.251	100	38,137	38.137	100	30,516	30.516	100
1	64	60,397	60.397	100	49,007	49.007	99.989	37,826	37.826	99.987	30,098	30.098	99.989
2	68	58,28	58.280	93	47,293	47.293	92.918	36,617	36.617	92.918	29,12	29.120	92.918
3	72	56,326	56.326	86	45,667	45.667	85.847	35,226	35.226	85.849	27,957	27.957	85.849
4	76	54,365	54.365	79	43,863	43.863	78.780	33,701	33.701	78.780	26,74	26.740	78.780
5	80	52,284	52.284	72	42,024	42.024	71.709	32,156	32.156	71.711	25,429	25.429	71.709
6	84	50,121	50.121	65	39,97	39.970	64.638	30,47	30.470	64.640	24,132	24.132	64.640
7	88	47,732	47.732	58	37,841	37.841	57.571	28,708	28.708	57.571	22,733	22.733	57.569
8	92	45,16	45.160	50	35,457	35.457	50.502	26,879	26.879	50.499	21,287	21.287	50.502

9	96	42,321	42.321	43	32,956	32.956	43.430	24,907	24.907	43.430	19,754	19.754	43.428
10	100	39,122	39.122	36	30,182	30.182	36.359	22,733	22.733	36.361	18,128	18.128	36.361
11	104	35,546	35.546	29	27,142	27.142	29.290	20,428	20.428	29.290	16,371	16.371	29.290
12	108	31,468	31.468	22	23,746	23.746	22.219	17,906	17.906	22.221	14,342	14.342	22.221
13	112	26,178	26.178	15	19,723	19.723	15.152	14,848	14.848	15.150	12,143	12.143	15.150
14	116	19,611	19.611	8	14,725	14.725	8.079	11,071	11.071	8.081	9,1	9.100	8.079
15	120	7,967	7.967	1	5,741	5.741	1.010	4,335	4.335	1.010	3,749	3.749	1.010

[] 6.5%

Numero	Tiempo (s)	Papa Yungay 25°C			Papa Yungay 45°C			Papa Yungay 65°C			Papa Yungay 85°C		
		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	
1	4	31,806	31.806	0,993	23,268	23.268	0,993	14,789	14.789	0,993	13,009	13.009	0,993
2	8	85,923	85.923	8	61,973	61.973	8	38,7	38.700	8	34,319	34.319	8
3	12	113,296	113.296	15	82,155	82.155	15	51,66	51.660	15	45,372	45.372	15
4	16	133,915	133.915	22	96,634	96.634	22	61,498	61.498	22	53,489	53.489	22
5	20	150,504	150.504	29	108,294	108.294	29	69,378	69.378	29	60,096	60.096	29
6	24	165,06	165.060	36	118,155	118.155	36	76,537	76.537	36	65,893	65.893	36
7	28	177,652	177.652	43	126,515	126.515	43	82,754	82.754	43	70,829	70.829	43
8	32	188,87	188.870	50	134,006	134.006	50	88,359	88.359	50	75,491	75.491	50
9	36	198,926	198.926	58	140,602	140.602	58	93,451	93.451	58	79,46	79.460	58
10	40	208,259	208.259	65	146,726	146.726	65	98,201	98.201	65	83,071	83.071	65
11	44	216,867	216.867	72	152,282	152.282	72	102,616	102.616	72	86,695	86.695	72
12	48	224,804	224.804	79	157,309	157.309	79	106,798	106.798	79	89,635	89.635	79
13	52	232,377	232.377	86	162,189	162.189	86	110,763	110.763	86	92,64	92.640	86
14	56	239,295	239.295	93	165,424	165.424	93	114,335	114.335	93	95,362	95.362	93
15	60	246,082	246.082	100	169,698	169.698	100	117,903	117.903	100	97,803	97.803	100
1	64	245,309	245.309	100.002	168,032	168.032	100.002	117,712	117.712	100.001	96,589	96.589	100.001
2	68	236,75	236.750	93	161,882	161.882	92.929	113,768	113.768	92.929	92,906	92.906	92.929
3	72	228,426	228.426	86	155,759	155.759	85.857	109,657	109.657	85.857	89,296	89.296	85.858
4	76	219,962	219.962	79	149,973	149.973	78.786	105,59	105.590	78.785	85,753	85.753	78.786
5	80	211,126	211.126	72	143,702	143.702	71.714	101,419	101.419	71.714	81,982	81.982	71.714
6	84	201,99	201.990	65	137,198	137.198	64.642	96,83	96.830	64.642	77,932	77.932	64.642
7	88	192,335	192.335	58	130,421	130.421	57.570	92,135	92.135	57.570	73,729	73.729	57.570
8	92	182,105	182.105	50	123,369	123.369	50.496	86,765	86.765	50.497	69,378	69.378	50.497

9	96	171,051	171.051	43	115,873	115.873	43.425	81,206	81.206	43.425	64,652	64.652	43.425
10	100	158,708	158.708	36	107,225	107.225	36.353	75,095	75.095	36.355	59,391	59.391	36.353
11	104	145,214	145.214	29	97,571	97.571	29.281	68,244	68.244	29.281	53,55	53.550	29.282
12	108	129,375	129.375	22.210	86,643	86.643	22.210	60,062	60.062	22.210	47,33	47.330	22.210
13	112	109,904	109.904	15.137	73,016	73.016	15.138	50,663	50.663	15.138	39,632	39.632	15.138
14	116	83,933	83.933	8.066	55,047	55.047	8.065	37,904	37.904	8.066	29,726	29.726	8.066
15	120	32,136	32.136	0,994	20,802	20.802	0,994	14,648	14.648	0,994	11,803	11.803	0,994

[] 8.5%														
1000														
Papa Yungay 25°C														
Papa Yungay 45°C														
Papa Yungay 65°C														
Papa Yungay 85°C														
Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)			ritmo cortante (1/s)			Esfuerzo cortante (Pa)			ritmo cortante (1/s)			
1	4	39,294	39.294	0,99	37,462	37.462	0,991	28,411	28.411	0,994	30,358	30.358	0,993	
2	8	96,555	96.555	8	87,412	87.412	8	64,82	64.820	8	67,271	67.271	8	
3	12	123,545	123.545	15	111,949	111.949	15	82,976	82.976	15	85,551	85.551	15	
4	16	143,033	143.033	22	129,739	129.739	22	96,159	96.159	22	97,885	97.885	22	
5	20	159,272	159.272	29	144,069	144.069	29	107,512	107.512	29	108,092	108.092	29	
6	24	173,156	173.156	36	156,508	156.508	36	117,097	117.097	36	116,886	116.886	36	
7	28	186,153	186.153	43	167,096	167.096	43	125,373	125.373	43	124,484	124.484	43	
8	32	197,616	197.616	50	176,699	176.699	50	133,295	133.295	50	131,067	131.067	50	
9	36	208,372	208.372	58	185,378	185.378	58	140,612	140.612	58	137,219	137.219	58	
10	40	218,543	218.543	65	193,574	193.574	65	146,942	146.942	65	142,585	142.585	65	
11	44	227,804	227.804	72	200,863	200.863	72	152,852	152.852	72	147,41	147.410	72	
12	48	236,726	236.726	79	208,15	208.150	79	158,436	158.436	79	152,002	152.002	79	
13	52	245,075	245.075	86	214,573	214.573	86	164,582	164.582	86	156,259	156.259	86	
14	56	252,88	252.880	93	220,603	220.603	93	171,605	171.605	93	160,148	160.148	93	
15	60	260,797	260.797	100	226,42	226.420	100	176,813	176.813	100	164,177	164.177	100	
1	64	260,909	260.909	100.002	223,39	223.390	100.001	175,368	175.368	100.000	159,19	159.190	100.001	
2	68	253,591	253.591	92.929	216,483	216.483	92.929	170,044	170.044	92.929	153,408	153.408	92.930	
3	72	245,808	245.808	85.857	209	209.000	85.858	164,592	164.592	85.857	147,424	147.424	85.858	
4	76	237,791	237.791	78.785	201,305	201.305	78.785	158,597	158.597	78.786	140,927	140.927	78.786	
5	80	229,521	229.521	71.712	193,278	193.278	71.714	152,1	152.100	71.712	135,367	135.367	71.711	
6	84	220,573	220.573	64.642	184,748	184.748	64.643	145,557	145.557	64.642	130,68	130.680	64.642	
7	88	210,652	210.652	57.570	176,043	176.043	57.570	138,32	138.320	57.570	123,462	123.462	57.571	
8	92	200,341	200.341	50.497	166,698	166.698	50.499	130,867	130.867	50.497	116,297	116.297	50.497	

9	96	189,015	189.015	43.425	156,585	156.585	43.424	122,763	122.763	43.425	108,729	108.729	43.427
10	100	176,432	176.432	36.353	145,114	145.114	36.355	113,858	113.858	36.353	100,369	100.369	36.353
11	104	162,38	162.380	29.281	132,885	132.885	29.282	103,896	103.896	29.281	91,535	91.535	29.284
12	108	145,358	145.358	22.209	118,062	118.062	22.210	92,473	92.473	22.209	81,308	81.308	22.210
13	112	125,396	125.396	15.138	101,167	101.167	15.138	79,03	79.030	15.138	69,529	69.529	15.137
14	116	97,296	97.296	8.066	77,758	77.758	8.067	61,016	61.016	8.065	53,697	53.697	8.066
15	120	41,275	41.275	0,994	33,553	33.553	0,993	26,51	26.510	0,994	23,689	23.689	0,993

Anexo 5. Esfuerzo cortante de los geles de almidones a diferentes temperaturas variando la concentración.

25°C		1.000													
Numero	Tiempo (s)	Papa Yungay [] 3.5%				Papa Yungay [] 4.5%				Papa Yungay [] 6.5%				Papa Yungay [] 8.5%	
		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)												
1	4	2,8	2.800	1	8	7.710	1	32	31.806	0,993	39	39.294	0,99		
2	8	6,964	6.964	8	19	19.038	8	86	85.923	8	97	96.555	8		
3	12	9,433	9.433	15	25	25.325	15	113	113.296	15	124	123.545	15		
4	16	11,525	11.525	22	30	30.478	22	134	133.915	22	143	143.033	22		
5	20	13,426	13.426	29	35	34.819	29	151	150.504	29	159	159.272	29		
6	24	15,26	15.260	36	39	38.582	36	165	165.060	36	173	173.156	36		
7	28	16,923	16.923	43	42	41.852	43	178	177.652	43	186	186.153	43		
8	32	18,528	18.528	50	45	44.843	50	189	188.870	50	198	197.616	50		
9	36	20,057	20.057	58	48	47.556	58	199	198.926	58	208	208.372	58		
10	40	21,485	21.485	65	50	49.993	65	208	208.259	65	219	218.543	65		
11	44	22,767	22.767	72	52	52.269	72	217	216.867	72	228	227.804	72		
12	48	23,971	23.971	79	54	54.394	79	225	224.804	79	237	236.726	79		
13	52	25,083	25.083	86	56	56.408	86	232	232.377	86	245	245.075	86		
14	56	26,126	26.126	93	58	58.232	93	239	239.295	93	253	252.880	93		
15	60	27,123	27.123	100	60	59.983	100	246	246.082	100	261	260.797	100		
1	64	27,219	27.219	100	60	60.397	100	245	245.309	100.002	261	260.909	100.002		
2	68	26,233	26.233	93	58	58.280	93	237	236.750	92.929	254	253.591	92.929		
3	72	25,256	25.256	86	56	56.326	86	228	228.426	85.858	246	245.808	85.857		
4	76	24,2	24.200	79	54	54.365	79	220	219.962	78.785	238	237.791	78.785		
5	80	23,028	23.028	72	52	52.284	72	211	211.126	71.712	230	229.521	71.712		

6	84	21,789	21.789	65	50	50.121	65	202	201.990	64.642	221	220.573	64.642
7	88	20,444	20.444	58	48	47.732	58	192	192.335	57.568	211	210.652	57.570
8	92	19,02	19.020	50	45	45.160	50	182	182.105	50.497	200	200.341	50.497
9	96	17,496	17.496	43	42	42.321	43	171	171.051	43.424	189	189.015	43.425
10	100	15,793	15.793	36	39	39.122	36	159	158.708	36.353	176	176.432	36.353
11	104	13,999	13.999	29	36	35.546	29	145	145.214	29.281	162	162.380	29.281
12	108	12,059	12.059	22	31	31.468	22	129	129.375	22.210	145	145.358	22.209
13	112	9,838	9.838	15	26	26.178	15	110	109.904	15.137	125	125.396	15.138
14	116	7,16	7.160	8	20	19.611	8	84	83.933	8.066	97	97.296	8.066
15	120	2,841	2.841	1	8	7.967	1	32	32.136	0,994	41	41.275	0,994

45°C		1.000															
Numero	Tiempo (s)	Papa Yungay [] 3.5%				Papa Yungay [] 4.5%				Papa Yungay [] 6.5%				Papa Yungay [] 8.5%			
		Esfuerzo cortante (Pa)		ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)		ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)		ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)		ritmo cortante (1/s)	
1	4	1,808	1.808	1,01	1.010	5,951	5.951	1	23,268	23.268	0,993	37,462	37.462				
2	8	4,945	4.945	8,081	8.081	15,129	15.129	8	61,973	61.973	8	87,412	87.412				
3	12	6,656	6.656	15,15	15.150	20,054	20.054	15	82,155	82.155	15	111,949	111.949				
4	16	8,106	8.106	22,219	22.219	24,039	24.039	22	96,634	96.634	22	129,739	129.739				
5	20	9,463	9.463	29,284	29.284	27,451	27.451	29	108,294	108.294	29	144,069	144.069				
6	24	10,601	10.601	36,363	36.363	30,513	30.513	36	118,155	118.155	36	156,508	156.508				
7	28	11,467	11.467	43,428	43.428	33,315	33.315	43	126,515	126.515	43	167,096	167.096				
8	32	12,509	12.509	50,499	50.499	35,822	35.822	50	134,006	134.006	50	176,699	176.699				
9	36	13,518	13.518	57,569	57.569	38,125	38.125	58	140,602	140.602	58	185,378	185.378				
10	40	14,467	14.467	64,64	64.640	40,252	40.252	65	146,726	146.726	65	193,574	193.574				
11	44	15,442	15.442	71,709	71.709	42,194	42.194	72	152,282	152.282	72	200,863	200.863				
12	48	16,306	16.306	78,78	78.780	44,133	44.133	79	157,309	157.309	79	208,15	208.150				
13	52	17,275	17.275	85,849	85.849	45,934	45.934	86	162,189	162.189	86	214,573	214.573				
14	56	18,211	18.211	92,918	92.918	47,666	47.666	93	165,424	165.424	93	220,603	220.603				
15	60	19,008	19.008	99,989	99.989	49,251	49.251	100	169,698	169.698	100	226,42	226.420				
1	64	18,949	18.949	99,987	99.987	49,007	49.007	99.989	168,032	168.032	100.002	223,39	223.390				
2	68	18,276	18.276	92,92	92.920	47,293	47.293	92.918	161,882	161.882	92.929	216,483	216.483				
3	72	17,473	17.473	85,851	85.851	45,667	45.667	85.847	155,759	155.759	85.857	209	209.000				
4	76	16,678	16.678	78,78	78.780	43,863	43.863	78.780	149,973	149.973	78.786	201,305	201.305				
5	80	15,777	15.777	71,709	71.709	42,024	42.024	71.709	143,702	143.702	71.714	193,278	193.278				
6	84	14,895	14.895	64,64	64.640	39,97	39.970	64.638	137,198	137.198	64.642	184,748	184.748				
7	88	13,909	13.909	57,571	57.571	37,841	37.841	57.571	130,421	130.421	57.570	176,043	176.043				
8	92	12,915	12.915	50,499	50.499	35,457	35.457	50.502	123,369	123.369	50.496	166,698	166.698				

9	96	11,909	11.909	43,43	43.430	32,956	32.956	43.430	115,873	115.873	43.425	156,585	156.585
10	100	10,807	10.807	36,359	36.359	30,182	30.182	36.359	107,225	107.225	36.353	145,114	145.114
11	104	9,685	9.685	29,29	29.290	27,142	27.142	29.290	97,571	97.571	29.281	132,885	132.885
12	108	8,374	8.374	22,219	22.219	23,746	23.746	22.219	86,643	86.643	22.210	118,062	118.062
13	112	6,847	6.847	15,15	15.150	19,723	19.723	15.152	73,016	73.016	15.138	101,167	101.167
14	116	5,017	5.017	8,081	8.081	14,725	14.725	8.079	55,047	55.047	8.065	77,758	77.758
15	120	1,845	1.845	1,01	1.010	5,741	5.741	1.010	20,802	20.802	0,994	33,553	33.553

65°C		1.000											
Numero	Tiempo (s)	Papa Yungay [] 3.5%			Papa Yungay [] 4.5%			Papa Yungay [] 6.5%			Papa Yungay [] 8.5%		
		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	
1	4	1,598	1.598	1	4,508	4.508	1	14,789	14.789	0,993	28,411	28.411	0,994
2	8	4,368	4.368	8	11,452	11.452	8	38,7	38.700	8	64,82	64.820	8
3	12	5,874	5.874	15	15,159	15.159	15	51,66	51.660	15	82,976	82.976	15
4	16	7,079	7.079	22	18,095	18.095	22	61,498	61.498	22	96,159	96.159	22
5	20	8,025	8.025	29	20,648	20.648	29	69,378	69.378	29	107,512	107.512	29
6	24	8,956	8.956	36	22,927	22.927	36	76,537	76.537	36	117,097	117.097	36
7	28	9,792	9.792	43	25,015	25.015	43	82,754	82.754	43	125,373	125.373	43
8	32	10,577	10.577	50	27,013	27.013	50	88,359	88.359	50	133,295	133.295	50
9	36	11,365	11.365	58	28,875	28.875	58	93,451	93.451	58	140,612	140.612	58
10	40	12,085	12.085	65	30,63	30.630	65	98,201	98.201	65	146,942	146.942	65
11	44	12,793	12.793	72	32,288	32.288	72	102,616	102.616	72	152,852	152.852	72
12	48	13,465	13.465	79	33,875	33.875	79	106,798	106.798	79	158,436	158.436	79
13	52	14,14	14.140	86	35,391	35.391	86	110,763	110.763	86	164,582	164.582	86
14	56	14,789	14.789	93	36,799	36.799	93	114,335	114.335	93	171,605	171.605	93
15	60	15,442	15.442	100	38,137	38.137	100	117,903	117.903	100	176,813	176.813	100
1	64	15,199	15.199	99.989	37,826	37.826	99.987	117,712	117.712	100.001	175,368	175.368	100.000
2	68	14,717	14.717	92.918	36,617	36.617	92.918	113,768	113.768	92.929	170,044	170.044	92.929
3	72	14,103	14.103	85.849	35,226	35.226	85.849	109,657	109.657	85.857	164,592	164.592	85.857
4	76	13,436	13.436	78.780	33,701	33.701	78.780	105,59	105.590	78.785	158,597	158.597	78.786
5	80	12,728	12.728	71.709	32,156	32.156	71.711	101,419	101.419	71.714	152,1	152.100	71.712
6	84	12,005	12.005	64.640	30,47	30.470	64.640	96,83	96.830	64.642	145,557	145.557	64.642
7	88	11,274	11.274	57.571	28,708	28.708	57.571	92,135	92.135	57.570	138,32	138.320	57.570
8	92	10,488	10.488	50.499	26,879	26.879	50.499	86,765	86.765	50.497	130,867	130.867	50.497

9	96	9,658	9.658	43.430	24,907	24.907	43.430	81,206	81.206	43.425	122,763	122.763	43.425
10	100	8,792	8.792	36.359	22,733	22.733	36.361	75,095	75.095	36.355	113,858	113.858	36.353
11	104	7,868	7.868	29.290	20,428	20.428	29.290	68,244	68.244	29.281	103,896	103.896	29.281
12	108	6,838	6.838	22.219	17,906	17.906	22.221	60,062	60.062	22.210	92,473	92.473	22.209
13	112	5,636	5.636	15.150	14,848	14.848	15.150	50,663	50.663	15.138	79,03	79.030	15.138
14	116	4,144	4.144	8.079	11,071	11.071	8.081	37,904	37.904	8.066	61,016	61.016	8.065
15	120	1,507	1.507	1.010	4,335	4.335	1.010	14,648	14.648	0,994	26,51	26.510	0,994

85°C		Papa Yungay [] 3.5%			Papa Yungay [] 4.5%			Papa Yungay [] 6.5%			Papa Yungay [] 8.5%		
Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)		Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	
1	4	1,289	1.289	1	4,154	4.154	1	13,009	13.009	0,993	30,358	30.358	0,993
2	8	3,767	3.767	8	10,03	10.030	8	34,319	34.319	8	67,271	67.271	8
3	12	5	5.000	15	12,955	12.955	15	45,372	45.372	15	85,551	85.551	15
4	16	5,972	5.972	22	15,331	15.331	22	53,489	53.489	22	97,885	97.885	22
5	20	6,752	6.752	29	17,286	17.286	29	60,096	60.096	29	108,092	108.092	29
6	24	7,462	7.462	36	18,939	18.939	36	65,893	65.893	36	116,886	116.886	36
7	28	8,13	8.130	43	20,551	20.551	43	70,829	70.829	43	124,484	124.484	43
8	32	8,719	8.719	50	22,002	22.002	50	75,491	75.491	50	131,067	131.067	50
9	36	9,301	9.301	58	23,379	23.379	58	79,46	79.460	58	137,219	137.219	58
10	40	9,869	9.869	65	24,739	24.739	65	83,071	83.071	65	142,585	142.585	65
11	44	10,393	10.393	72	25,992	25.992	72	86,695	86.695	72	147,41	147.410	72
12	48	10,912	10.912	79	27,16	27.160	79	89,635	89.635	79	152,002	152.002	79
13	52	11,413	11.413	86	28,326	28.326	86	92,64	92.640	86	156,259	156.259	86
14	56	11,906	11.906	93	29,49	29.490	93	95,362	95.362	93	160,148	160.148	93
15	60	12,376	12.376	100	30,516	30.516	100	97,803	97.803	100	164,177	164.177	100
1	64	12,212	12.212	99.989	30,098	30.098	99.989	96,589	96.589	100.001	159,19	159.190	100.001
2	68	11,782	11.782	92.920	29,12	29.120	92.918	92,906	92.906	92.929	153,408	153.408	92.930
3	72	11,291	11.291	85.849	27,957	27.957	85.849	89,296	89.296	85.858	147,424	147.424	85.858
4	76	10,772	10.772	78.780	26,74	26.740	78.780	85,753	85.753	78.786	140,927	140.927	78.786
5	80	10,217	10.217	71.709	25,429	25.429	71.709	81,982	81.982	71.714	135,367	135.367	71.711
6	84	9,674	9.674	64.640	24,132	24.132	64.640	77,932	77.932	64.642	130,68	130.680	64.642
7	88	9,054	9.054	57.569	22,733	22.733	57.569	73,729	73.729	57.570	123,462	123.462	57.571
8	92	8,458	8.458	50.499	21,287	21.287	50.502	69,378	69.378	50.497	116,297	116.297	50.497

EFFECTO DE GELATINIZACIÓN Y RETROGRADACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y REOLÓGICAS DE ALMIDONES DE PAPA (*Solanum Tuberosum*) PRECOCIDAS

por Chris Guzmán

Fecha de entrega: 26-oct-2023 07:40p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2208504855

Nombre del archivo: TESIS_Chris_Guzman-V_final_18.10.23._revisado.docx (2.46M)

Total de palabras: 16823

Total de caracteres: 88663

9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
13	revistasdigitales.upec.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	revistasnicaragua.net.ni Fuente de Internet	<1 %
15	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
19	agrotendencia.tv Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unaj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
22	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.uti.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	quimicoglobal.mx Fuente de Internet	<1 %
26	www.sabiia.cnptia.embrapa.br Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Católica Santa María la Antigua Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
29	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
30	1library.co Fuente de Internet	<1 %
31	doku.pub Fuente de Internet	<1 %

32	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
33	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
34	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
35	revistas.udea.edu.co Fuente de Internet	<1 %
36	revistas.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.riuc.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.upsjb.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
40	www.authorstream.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

9	96	7,78	7.780	43.430	19,754	19.754	43.428	64,652	64.652	43.425	108,729	108.729	43.427
10	100	7,135	7.135	36.359	18,128	18.128	36.361	59,391	59.391	36.353	100,369	100.369	36.353
11	104	6,355	6.355	29.290	16,371	16.371	29.290	53,55	53.550	29.282	91,535	91.535	29.284
12	108	5,545	5.545	22.219	14,342	14.342	22.221	47,33	47.330	22.210	81,308	81.308	22.210
13	112	4,566	4.566	15.150	12,143	12.143	15.150	39,632	39.632	15.138	69,529	69.529	15.137
14	116	3,375	3.375	8.079	9,1	9.100	8.079	29,726	29.726	8.066	53,697	53.697	8.066
15	120	1,251	1.251	1.010	3,749	3.749	1.010	11,803	11.803	0,994	23,689	23.689	0,993