

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades de yuca
(*Manihot Esculenta*)”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Autores:

Bach. Colchao García, Juno Alain

Bach. Paz Salinas, Roberto Alonso

Asesor:

Dr. Castro Zavaleta, Víctor Augusto

DNI: 17859760

Código ORCID: 0000-0003-3214-2698

Nuevo Chimbote – Perú

2023



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo, Dr. VÍCTOR AUGUSTO CASTRO ZAVALETA, mediante la presente, certifico mi asesoramiento de la tesis titulada: **“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA (*Manihot esculenta*)”**, perteneciente a los bachilleres COLCHAO GARCÍA JUNO ALAIN con código N° 0200612026, y PAZ SALINAS ROBERTO ALONSO con código N° 0200612020; para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta
Asesor
DNI: 17859760
Código ORCID: 0000-0003-3214-2698

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado “Evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta*)”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres, **Colchao García Juno Alain** y **Paz Salinas Roberto Alonso**, que tiene como asesor al **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**, designado por resolución N° 252-2021-UNS-FI, ha sido revisado y aprobado el día 13 de diciembre del 2023, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N° 725-2023-UNS-CFI.

Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Presidente

DNI: 32975182

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726

Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta
Secretario

DNI: 17859760

Código ORCID: 0000-0003-3214-2698

Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Integrante

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 17:30 horas del día trece de diciembre del dos mil veintitrés, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 725-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

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

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta)”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **JUNO ALAIN COLCHAO GARCÍA**
- **ROBERTO ALONSO PAZ SALINAS**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**.

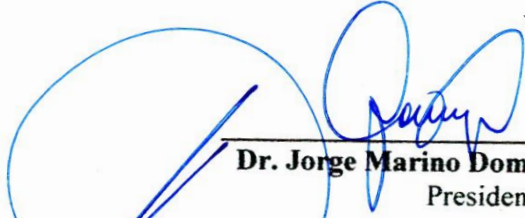
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos 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:


NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
JUNO ALAIN COLCHAO GARCÍA	18	BUENO

Siendo las 18:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

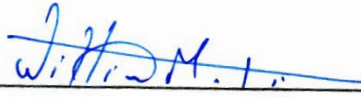
Nuevo Chimbote, 13 de diciembre del 2023.



Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Presidente



Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta
Secretario



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 17:30 horas del día trece de diciembre del dos mil veintitrés, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 725-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

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

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta)”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **JUNO ALAIN COLCHAO GARCÍA**
- **ROBERTO ALONSO PAZ SALINAS**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**.

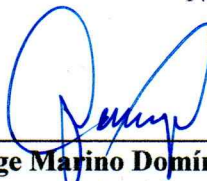
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos 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:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
ROBERTO ALONSO PAZ SALINAS	18	BUENO

Siendo las 18:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 13 de diciembre del 2023.



Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Presidente



Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta
Secretario



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
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: Juno - Roberto
Título del ejercicio: juno
Título de la entrega: Evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades...
Nombre del archivo: TESIS_REOLOG_A_EN_GELES_DE_ALMIDON_DE_YUCA.pdf
Tamaño del archivo: 2.5M
Total páginas: 92
Total de palabras: 17,918
Total de caracteres: 91,898
Fecha de entrega: 21-dic.-2023 12:30p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2263749120

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



"Evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades de yuca
(*Manihot Esculenta*)"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Autores:

Bach. Colchao García, Juno Alain
Bach. Paz Salinas, Roberto Alonso

Asesor:

Dr. Castro Zavaleta, Víctor Augusto
DNI: 17859760
Código ORCID: 0000-0003-3214-2698

Nuevo Chimbote – Perú
2023

Evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades de yuca (Manihot Esculenta)

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad de San Buenaventura Trabajo del estudiante	1%
4	revistacta.agrosavia.co Fuente de Internet	1%
5	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.uezo.rj.gov.br Fuente de Internet	<1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A Dios quien día a día nos da la vida y fuerza de voluntad para seguir adelante y poder cumplir con todas nuestras metas.

A mi esposa, Juana Luz Villalobos Cipriano, quien me brinda su apoyo incondicional en todo momento y me impulsa a seguir creciendo.

A mis padres, Francisco y Matilde, quienes me dieron la vida y su apoyo a lo largo de mi formación.

Colchao García Juno Alain

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a todas las personas que han sido parte fundamental de este viaje académico.

A mi familia, por su inquebrantable apoyo, amor y paciencia, sin los cuales no habría llegado hasta aquí.

A mis amigos y compañeros de estudio, por su valiosa colaboración y amistad, que ha enriquecido esta experiencia.

A mis profesores y asesores, por su guía, conocimientos compartidos y confianza en mis capacidades.

Finalmente, a todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a mi crecimiento académico y personal. Este logro es un tributo a todos ustedes. ¡Gracias!"

Paz Salinas Roberto Alonso

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A nuestros amigos y compañeros de estudio, les debo un agradecimiento especial. Sus discusiones, debates y el intercambio de ideas fueron esenciales para el desarrollo de este trabajo. Gracias por estar siempre dispuestos a escuchar y brindar su perspectiva valiosa.

A nuestro asesor Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta, quien nos dio su orientación, consejos expertos y dedicación incansable hicieron posible que este proyecto alcanzara su máximo potencial.

Por último, agradecer a cada persona que contribuyó en este proyecto, y a quienes brindaron palabras de aliento en los momentos de duda.

Juno & Roberto

ÍNDICE

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 LA YUCA	13
2.2 ALMIDÓN.....	15
2.3 REOLOGÍA	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 REQUERIMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPO.....	25
3.2 MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA.....	26
3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS VARIEDADES DE YUCA AMARILLA Y BLANCA.....	27
3.4 ANÁLISIS REOLÓGICO DE LOS GELES DE ALMIDONES	28
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE YUCA BLANCA Y AMARILLA.....	30
4.2 EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA	32
4.3 DETERMINACIÓN DE LOS REOGRAMAS (VELOCIDADES DE DEFORMACIÓN VS. ESFUERZO DE CORTE) DE LOS GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES YUCA A CONCENTRACIONES DE 3, 6 Y 9% EVALUADAS A DIFERENTES TEMPERATURAS.	35
4.4 MODELAMIENTO EL COMPORTAMIENTO AL FLUJO DE LOS GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA, APLICANDO AJUSTE DE CURVAS LINEAL O NO LINEAL A MODELOS TEÓRICOS.....	42
4.5 EVALUACIÓN LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA.	51
V. CONCLUSIONES	55
VI. RECOMENDACIONES	56
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
VIII. ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fluidos de comportamiento plástico newtoniano, pseudoplástico, dilatante y de Bingham como casos especiales del modelo de Herschel-Bulkley.....	22
Tabla 2: Características Físicas de las dos variedades de yuca (Blanca y Amarilla)	30
Tabla 3: Composición Proximal de las dos variedades de yuca (Blanca y Amarilla)...	31
Tabla 4: Proceso de extracción de almidón de yuca blanca y amarilla.	33
Tabla 5: Composición proximal de almidón extraído de yuca blanca y yuca amarilla.	34
Tabla 6: Parámetros del modelo pseudoplastico de los geles de almidón de yuca blanca.	43
Tabla 7: Parámetros del modelo pseudoplastico de los geles de almidón de yuca amarilla.....	44
Tabla 8: Análisis de Varianza para Índice Consistencia (Pa.sn) del almidón de yuca..	46
Tabla 9: Análisis de Varianza para Índice comportamiento al flujo del almidón de yuca	48
Tabla 10: Parámetros amilográficos de almidón de yuca.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de amilosa y amilopectina en un gránulo de almidón	16
Figura 2: Ensayos oscilatorios.....	21
Figura 3: Modelos reológicos.....	23
Figura 4: Reogramas (Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte) a diferentes concentraciones y Temperatura para geles de almidón de Yuca Blanca.....	36
Figura 5: Relación de la viscosidad y la velocidad de deformación a diferentes concentraciones y Temperatura para geles de almidón de Yuca Blanca.....	37
Figura 6: Reogramas (Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte) a diferentes concentraciones y Temperatura para geles de almidón de Yuca Amarilla..	39
Figura 7: Relación de la viscosidad y la velocidad de deformación a diferentes concentraciones y Temperatura para geles de almidón de Yuca Amarilla..	40
Figura 8: Efecto de la Concentración y temperatura en los parámetros reológicos del modelo pseudoplastico de geles de almidón de yuca blanca y yuca amarilla.	49
Figura 9: Propiedades funcionales de almidón de yuca blanca y yuca amarilla.	52
Figura 10: Amilograma de almidón de yuca blanca y yuca amarilla.	54

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA BLANCA Y AMARILLA.	65
ANEXO 2: OBTENCIÓN DEL GEL.....	70
ANEXO 3: ANÁLISIS REOLÓGICO DE LOS GELES DE ALMIDÓN DE YUCA BLANCA Y AMARILLA.....	73
ANEXO 4: ANALISIS DE VARIANZA LA COMPOSICION PROXIMAL PARA VARIEDADES DE YUCA	75
ANEXO 5: ANALISIS DE VARIANZA LA COMPOSICION PROXIMAL DEL ALMIDON SEGUN VARIEDADES DE YUCA.....	78
ANEXO 6: REPORTE DE ANÁLISIS REOLÓGICOS.....	81
ANEXO 7: REOGRAMAS DE GELES DE ALMIDÓN DE YUCA.....	93

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento al flujo de los geles de almidón de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta*) *blanca* y *amarilla*. Las variaciones en la composición química y las propiedades reológicas sugieren una diversidad inherente entre las variedades, ofreciendo oportunidades para aplicaciones específicas en la industria alimentaria. La extracción y análisis del almidón revelaron perfiles únicos de proteínas, grasas y humedad, destacando su valor nutricional y versatilidad en productos alimenticios. Los reogramas mostraron patrones distintivos en relación con la velocidad de deformación y el esfuerzo de corte para los geles de almidón de ambas variedades, proporcionando información vital sobre su comportamiento reológico. Además, los modelos teóricos demostraron propiedades pseudoplásticas en estos geles. Las diferencias en la capacidad de absorción, solubilidad y poder de hinchamiento subrayan las distintas aplicaciones potenciales en la industria alimentaria. Estos hallazgos sugieren áreas clave para futuras investigaciones, incluida la optimización de los procesos de extracción y la exploración de aplicaciones específicas en productos alimenticios. En conjunto, esta investigación proporciona una base sólida para el desarrollo de productos innovadores y procesos mejorados, aprovechando las características únicas de las variedades de yuca blanca y amarilla en diversas industrias.

Palabras claves: Reología, almidón, Propiedades funcionales, pseudoplastic.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the flow behavior of starch gels from two varieties of white and yellow cassava (*Manihot esculenta*). Variations in chemical composition and rheological properties suggest inherent diversity among varieties, offering opportunities for specific applications in the food industry. Starch extraction and analysis revealed unique protein, fat and moisture profiles, highlighting its nutritional value and versatility in food products. The rheograms showed distinctive patterns in relation to strain rate and shear stress for the starch gels of both varieties, providing vital information on their rheological behavior. Furthermore, theoretical models demonstrated pseudoplastic properties in these gels. The differences in absorption capacity, solubility and swelling power underline the different potential applications in the food industry. These findings suggest key areas for future research, including optimizing extraction processes and exploring specific applications in food products. Together, this research provides a solid foundation for the development of innovative products and improved processes, taking advantage of the unique characteristics of white and yellow cassava varieties in various industries.

Keywords: Rheology, starch, Functional properties, pseudoplastic.

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación reológica de geles de almidón es un área de investigación importante para comprender las propiedades y características de los geles formados a partir de diferentes variedades de yuca. El almidón de yuca es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones alimentarias y no alimentarias debido a sus propiedades únicas y funcionales. Sin embargo, las variedades de yuca pueden tener composiciones y características distintas, lo que puede influir en las propiedades reológicas de los geles de almidón que forman.

La evaluación reológica es un enfoque científico utilizado para estudiar el comportamiento del material en respuesta a la aplicación de fuerzas mecánicas. En el caso de los geles de almidón, la evaluación reológica proporciona información valiosa sobre su viscosidad, elasticidad, flujo y capacidad de formar redes tridimensionales. Estas propiedades reológicas están estrechamente relacionadas con la textura, estabilidad y funcionalidad de los productos a base de almidón de yuca.

En este estudio, se busca comparar las propiedades reológicas de los geles de almidón de dos variedades de yuca seleccionadas. Para ello, se utilizarán técnicas reológicas específicas, como la reología de corte oscilatorio y la reología de cizallamiento. Estas técnicas permitirán evaluar el comportamiento viscoelástico de los geles, la respuesta frente a diferentes condiciones de deformación y la capacidad de recuperación elástica.

La comprensión de las propiedades reológicas de los geles de almidón de diferentes variedades de yuca contribuirá al desarrollo de nuevos productos y procesos en la industria alimentaria y otras áreas de aplicación. Además, este estudio puede proporcionar información relevante para la selección y mejora de variedades de yuca con propiedades reológicas específicas para aplicaciones particulares.

En resumen, la evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades de yuca es fundamental para comprender las propiedades y características de estos geles. Los resultados obtenidos en este estudio pueden tener implicaciones significativas en la

industria alimentaria y otras áreas que utilizan el almidón de yuca como ingrediente clave.

La reología es una ciencia que permite abordar importantes investigaciones en el campo de la caracterización del comportamiento al flujo, que muestran los fluidos frente a la acción de un esfuerzo de corte, ocasionado principalmente por instrumentos cuyo diseño les da la denominación de reómetros. Las propiedades reológicas son importantes en el diseño del proceso, el control de calidad, el almacenamiento y la "vida útil" y en la estabilidad del procesamiento (Abu-Jdayil et al., 2017).

En esta investigación los intereses de la ciencia y la tecnología esta fundamentada en el hecho teórico del fenómeno de transporte planteándose como objeto central la evaluación reológica de geles de almidón gelatinizados de yuca en las variedades blanca y amarilla usando un reómetro digital de cilindros concéntricos.

El almidón de yuca, con un porcentaje relativamente alto de amilosa, es utilizado por la industria alimentaria debido a la alta claridad y textura cohesiva de la pasta, baja tendencia a la retrogradación y buena estabilidad del gel. Otras características ventajosas son el rango de temperatura de gelatinización bajo (65 a 70° C) y el rápido aumento de la viscosidad durante la gelatinización (Karam et al., 2015). Además, sus ventajas son su extensa producción en Brasil y la disponibilidad de información en la literatura sobre sus propiedades químicas y fisicoquímicas (Marques et al., 2016).

El motivo de evaluación de productos como el mencionado y la tecnología utilizada nos plantea la siguiente formulación del problema ¿Cuál es el comportamiento al flujo que tienen los geles de almidón de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta*) a diferentes temperaturas?

En este trabajo también planteo como objetivo general la de Evaluar el comportamiento al flujo de los geles de almidón de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta*). Mientras sus objetivos específicos planteados fueron determinar las características fisicoquímica de la yuca blanca y amarilla, extraer y determinar la composición proximal del almidón extraído de yuca blanca y amarilla, determinar

los reogramas (velocidades de deformación Vs. Esfuerzo de corte) de los geles de almidón de dos variedades yuca a concentraciones de 3, 6 y 9% evaluadas a diferentes temperaturas, modelar el comportamiento al flujo de los geles de almidón de dos variedades de yuca, aplicando ajuste de curvas lineal o no lineal a modelos teóricos y evaluar las propiedades funcionales del almidón de dos variedades de yuca.

Así mismo se planteó la siguiente hipótesis Los geles de almidón de las dos variedades de yuca se ajustan a un modelo potencial sin umbral de fluencia con un comportamiento pseudoplástico y sus parámetros reológicos son influenciadas con la temperatura.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 LA YUCA

La yuca es una planta de la familia Euphorbiaceae y, según Moraes Dallaqua & Coral (2002), la raíz adventicia de esta planta presenta el patrón anatómico normal de desarrollo hasta el inicio del proceso de tuberización, estableciendo una mayor diferenciación de las células parenquimáticas del xilema por acumulación de granos de almidón.

La planta de yuca tiene un ciclo de desarrollo compuesto por cinco fases fisiológicas principales, cuatro de las cuales son activas y una de reposo vegetativo. En la primera fase, denominada brotación de la maniva, en condiciones favorables de humedad y temperatura, aparecen las primeras raíces fibrosas después del 7º día de siembra. En la segunda fase, se sigue formando el sistema radicular, formado por raíces fibrosas, como el de cualquier otra planta. Esta fase dura aproximadamente 70 días.

En la tercera fase, la parte aérea se desarrolla y dura 90 días. Durante esta fase, el engrosamiento de algunas raíces fibrosas se produce simultáneamente debido a la acumulación de almidón. Es de destacar que cuanto más tiempo permanezca la hoja de yuca en la planta, menor cantidad de productos de la fotosíntesis se destinarán a la formación de nuevos ápices de crecimiento y, en consecuencia, se podrá transportar más energía para ser almacenada en la raíz de reserva, que será traducido en una mayor productividad del almidón.

La cuarta fase es el engrosamiento de las raíces de reserva, que corresponde a la migración de sustancias de reserva a las raíces de almacenamiento que comienza en la fase anterior y aumenta en el quinto mes. En esta etapa, ya no hay crecimiento de raíces en longitud, pero de diámetro, por la deposición del almidón. En la quinta y última fase, la llamada fase de reposo, la planta pierde naturalmente su follaje, terminando su actividad vegetativa, dejando solo la migración de sustancias de reserva a las raíces. Es durante esta fase que la planta de yuca almacena la máxima reserva de almidón en las raíces. Luego de este

período de descanso, comienza una nueva fase de crecimiento, cuando se reinicia la formación de ramas y hojas, que inicialmente ocurre a expensas del almidón almacenado en las raíces y ramas durante la fase de crecimiento anterior (Ternes, 2018).

Las raíces de yuca tienen una composición promedio de 68,2% de humedad, 30% de almidón, 2% de ceniza, 1,3% de proteína, 0,2% de lípidos y 0,3 de fibra (Albuquerque et al., 2009). Las raíces de yuca son, por tanto, esencialmente energéticas, con altos niveles de carbohidratos, principalmente polisacáridos.

a. Hidratos de carbono de reserva y estructurales

Los alimentos que contienen carbohidratos como componentes principales son comunes a todas las dietas. Los carbohidratos varían desde monosacáridos como glucosa y fructosa hasta polisacáridos de alto peso molecular como almidón amilosa y amilopectina y celulosa. Muchos de los polisacáridos están compuestos por un solo tipo de monómero, como amilosa, amilopectina y celulosa. Otros están compuestos por diferentes monómeros, como las hemicelulosas. Los polisacáridos son importantes en la estructura que proporciona una textura deseable en muchos alimentos. Los carbohidratos, particularmente los polisacáridos, son susceptibles a cambios degradantes que ocurren a menudo durante el procesamiento. Los principales cambios químicos que afectan la textura durante el procesamiento de alimentos ricos en carbohidratos incluyen la gelatinización del almidón, la hidrólisis de polisacáridos y la acción de ciertos carbohidratos (Lineback, 2016).

Otro cambio químico que puede ocurrir con el avance de la maduración en los vegetales y que se refleja en la textura es la lignificación, caracterizada por la impregnación de ligninas en los espacios interfibrilares de la pared celular, aumentando la resistencia mecánica, especialmente a la presión, y simultáneamente promoviendo la pérdida de elasticidad. Por incrustación con lignina, también hay una reducción en el paso de agua a través de las paredes celulares (Nultsch, 2010).

2.2 ALMIDÓN

La mayor reserva de energía de todas las plantas es el almidón, que abunda en semillas, raíces y tubérculos. De todos los polisacáridos, el almidón es el único que se produce en pequeños agregados individuales llamados gránulos. Se sintetizan en las células de cada planta, que adquieren el tamaño y la forma prescritos por el sistema biosintético de la planta y por las condiciones físicas impuestas por el contorno del tejido (Whistler & Daniel, 2013). El almidón es el producto con almidón extraído de las partes aéreas comestibles de las hortalizas (semillas). El almidón es el producto con almidón extraído de las partes comestibles subterráneas de las verduras (tubérculos, raíces y rizomas) (Brasil, 2015).

La síntesis de almidón se procesa en vegetales y su función es similar a la del glucógeno en el cuerpo humano. Para llevar a cabo las reacciones de síntesis de este carbohidrato se requiere la presencia de energía lumínica, que se someterá a la fotosíntesis y generará energía bioquímica en forma de triosa-fosfato (triosa-P), sintetizada en los primeros pasos del Ciclo de Calvin, que tiene lugar en el cloroplasto (Rêgo, 2013).

Se distribuye ampliamente en varias especies vegetales como carbohidrato de reserva, siendo abundante en granos de cereales, raíces y tubérculos. Es la fuente más importante de carbohidratos en la nutrición humana y representa del 80% al 90% de todos los polisacáridos de la dieta. También es el principal responsable de las propiedades tecnológicas que caracterizan a gran parte de los productos procesados (Walter Et Al., 2015).

Los gránulos de almidón tienen diferentes tamaños y formas, que van de 1 a 100 μm según su fuente botánica. Los gránulos de almidón de arrurruz y el almidón de yuca tienen diferentes tamaños, con predominio de los gránulos de 20 a 40 μm de diámetro para el almidón de arrurruz y de los gránulos de 15 y 20 μm de diámetro para el almidón de yuca (Leonel, 2007). El almidón de maíz, por otro lado, tiene gránulos pequeños, esféricos y ovoides con un diámetro variable que varía de 2 a 30 μm y un tamaño de partícula promedio de 17 μm (Walter et al., 2015).

El almidón está constituido básicamente por amilosa y amilopectina, que representan del 97 al 99% de su peso seco (Galliard & Bowler, 2007). Según Rego (2013), estos dos componentes del almidón se diferencian entre sí en términos de peso molecular, grado de polimerización de sus cadenas y disposición dentro del gránulo. La amilosa forma geles firmes después del enfriamiento y tiene una fuerte tendencia a precipitar, mientras que la amilopectina presenta gelificación lenta o inexistente, precipitación lenta y una textura pegajosa y cohesiva.

El almidón está constituido estructuralmente por cadenas lineales de glucosa (amilosa) y ramificadas (amilopectina). La amilosa está formada por unidades de glucosa unidas por enlaces glicosídicos α (1 \rightarrow 4) formando una estructura lineal y la amilopectina por unidades de glucosa unidas en α (1 \rightarrow 4) y α (1 \rightarrow 6), formando una estructura ramificada (Wang & White, 1994).

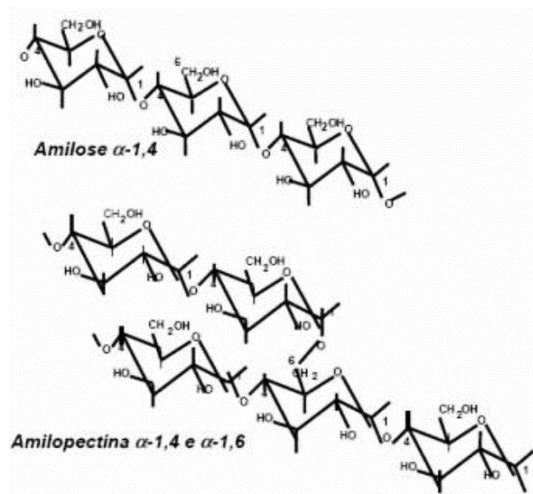


Figura 1: Estructura de amilosa y amilopectina en un gránulo de almidón fuente: Wong, (2009).

El almidón de yuca tiene aproximadamente un 17-18% de contenido de amilosa y un 82-83% de amilopectina. El almidón de maíz tiene un contenido de 27% de amilosa y 73% de amilopectina (Bobbio, 1995). El almidón de arrurruz tiene un

contenido de amilosa entre 21,9-23,9% y un contenido de amilopectina entre 78,1-76,1% (Peroni, 2013).

Es un parámetro importante para la consistencia y textura de los alimentos, así como el tipo de almidón, es decir, la fuente que se extrae. El almidón se ha utilizado como sustituto de grasas en alimentos hipocalóricos, así como su uso tradicional como estabilizador o emulsionante en la matriz de alimentos industrializados (Belloperéz & Montealvo & Acevedo, 2016).

a. Gelatinización y Retrogradación de Almidón:

Cuando el almidón entra en contacto con agua fría, los gránulos se hinchan levemente (10 a 20%) debido a la difusión y absorción de agua en las regiones amorfas, pero este proceso es reversible por secado (FAO, 2005). Sin embargo, cuando los gránulos se calientan en agua, se hinchan irreversiblemente en un fenómeno llamado gelatinización, en el que se produce una pérdida de organización estructural (pérdida de birrefringencia), con fusión de los cristales. La gelatinización comienza en el hilio y se expande rápidamente hacia la periferia, ocurriendo principalmente en regiones amorfas debido a la fragilidad de los enlaces de hidrógeno en estas áreas, a diferencia de lo que ocurre en las regiones cristalinas (Singh et al., 2013), y a medida que los gránulos continúan expandiéndose, la amilosa se lixivia de la fase intergranular a la fase acuosa, lo que da como resultado un aumento sustancial de las propiedades reológicas del sistema. El conjunto de cambios que implican la ruptura de la estructura granular, hinchamiento, hidratación y solubilización de las moléculas de almidón se define como el final de la gelatinización (Tharanathan, 2018).

Después de la gelatinización del almidón (formación de pasta), cuando la temperatura de la solución de almidón se reduce a temperatura ambiente o menos, se forma un gel, dependiendo de la concentración de las soluciones y la velocidad de enfriamiento. Las soluciones concentradas enfriadas rápidamente tienden a formar geles, mientras que las soluciones más

diluidas, dejadas en reposo, tienden a precipitar (Hizukuri et al., 1981; Eliasson, 1996). Estos precipitados se forman debido a la tendencia a formar enlaces intermoleculares de la fracción lineal, lo que no ocurre tan fácilmente con la amilopectina, en la que esta asociación se ve obstaculizada por sus ramificaciones. Este proceso se denomina retrogradación del almidón y se acelera al congelar sus soluciones acuosas (Henry, 1985). El proceso de retrogradación tiene una influencia directa en el contenido de amilosa, que cuanto más alto, más rápido sucederá. Debido a su estructura lineal, la cadena de amilosa está más disponible para volver a asociarse, lo que provoca una mayor pérdida de agua (aumento de la sinéresis) en el producto final (Munhoz Et al., 2016).

La retrogradación es un fenómeno complejo y varía según varios factores, tales como: temperatura y tiempo de almacenamiento, pH, fuente de almidón, presencia de otros componentes (lípidos, electrolitos y azúcares) y condiciones de procesamiento. La principal influencia de la retrogradación se observa en la textura, aceptabilidad y digestibilidad de los alimentos que contienen almidón (Eliasson, 2014; Tharanathan, 2018; Eliasson, 2016).

2.3 REOLOGÍA

El primer uso de la palabra reología se le atribuye al profesor Eugene Bingham de la Universidad de Lehigh (1928), quien también vinculó el lema de la asignatura con el término griego "panta rhei", de las obras de un filósofo griego presocrático llamado Heráclito, que significa "Todo fluye" (Reiner, 2015)

La reología es la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia, en principio, la reología incluye todo lo relacionado con el comportamiento del flujo: aeronáutica, hidráulica, dinámica de fluidos, incluida la mecánica de sólidos, sin embargo, en la práctica, la reología encuentra que generalmente se restringe al estudio de relaciones fundamentales, conocidas como relaciones constitutivas, entre fuerza y deformación en materiales, principalmente en líquidos (Macosko, 2014). Refleja la forma en que los materiales responden a la tensión aplicada o la deformación, todos los materiales tienen propiedades

reológicas siendo el área relevante en varios campos de estudio tales como: procesamiento de plásticos (Dealy, 2015), polímeros y composites (Yanovsky, 2013), bioingeniería (Skalak, 2017). La reversibilidad en los procesos de tensión-deformación está ligada a la idealidad, los sólidos ideales se deforman elásticamente, la energía requerida para la deformación se recupera por completo cuando se eliminan las tensiones, por otro lado, el concepto de fluido ideal (flujo sin pérdida de energía) es hipotético, fluidos viscosos deforman irreversiblemente, fluyen, la energía requerida para la deformación se disipa a través del fluido en forma de calor y no se puede recuperar cuando se eliminan las tensiones, las propiedades reológicas de las sustancias reales pueden depender en relación con el tiempo, la velocidad de cizallamiento o varían con la continuidad de la aplicación de la tensión (Barnes, 2011).

Para realizar la caracterización de fluidos no newtonianos, es necesario determinar no solo la viscosidad, sino también la elasticidad de las sustancias. En este contexto, la reología se presenta como una herramienta eficiente para explorar las propiedades estructurales e interacciones moleculares de diferentes materiales, con el fin de promover la caracterización macroscópica, proporcionando una forma accesible de correlacionar la microestructura de un sistema con sus respuestas reológicas particulares. Dado que las pruebas reológicas dinámicas se utilizan generalmente para describir estados de agregación en sistemas coloidales (Bird, 2015; Galindo-Rosales, 2010).

Los hidrocoloides con características polielectrolíticas presentan comportamiento pseudoplástico, la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de cizallamiento, presentando componentes tanto elásticos como viscosos en su composición, resultando en respuestas mecánicas diferenciadas al compararlas con las obtenidas de un fluido newtoniano (Machado, 2012).

Schramm (2016) ilustra el desarrollo de un modelo teórico para estudiar la viscoelasticidad, utilizando el resorte para representar un sólido ideal, vinculado a la ley de Hooke, en el que la deformación es directamente proporcional al esfuerzo cortante y la pendiente de la ecuación corresponde al complejo módulo (la parte real del módulo complejo corresponde al módulo de

almacenamiento y la parte imaginaria del módulo complejo corresponde al módulo de pérdidas). Como la deformación es finita y reversible, para representar el fluido viscoso, el modelo utilizado es el amortiguador, ligado a la ley de Newton, en el que el esfuerzo cortante es directamente proporcional al gradiente de velocidad y el coeficiente angular de la ecuación corresponde a la viscosidad dinámica del fluido. Luego la deformación infinita e irreversible, donde los componentes de los modelos pueden unirse en serie, en paralelo o mediante una combinación de estas asociaciones. (Schramm, 2016).

El modelo de Maxwell, ligado al fluido viscoelástico, combinado con modelos de resorte y amortiguador. Mediante una disposición en serie, representando un fluido con límite de flujo, al aplicar la tensión sobre el fluido, este se comporta como un sólido y se deforma linealmente al aumentar la tensión, hasta llegar a un punto donde se produce una ruptura de las estructuras internas del fluido; se establece un flujo constante. En este momento, se produce un cambio brusco en la pendiente de la línea de deformación en función de la tensión, ya que se produce una migración de comportamiento sólido a fluido, donde se observa una deformación finita y reversible a deformación infinita e irreversible. (Schramm, 2016).

El modelo de Kelvin-Voigt vinculado al sólido viscoelástico, combina los modelos de resorte y amortiguador mediante una disposición paralela, como se muestra en la Figura 2, esta asociación provoca una respuesta retardada del material, mientras que en un sólido ideal (resorte) cuando la tensión es eliminado, la energía utilizada en la deformación se devuelve instantáneamente al sistema (respuesta elástica) en el retorno de energía sólida viscoelástica al sistema se retrasa por la presencia del amortiguador en paralelo. (Schramm, 2016).

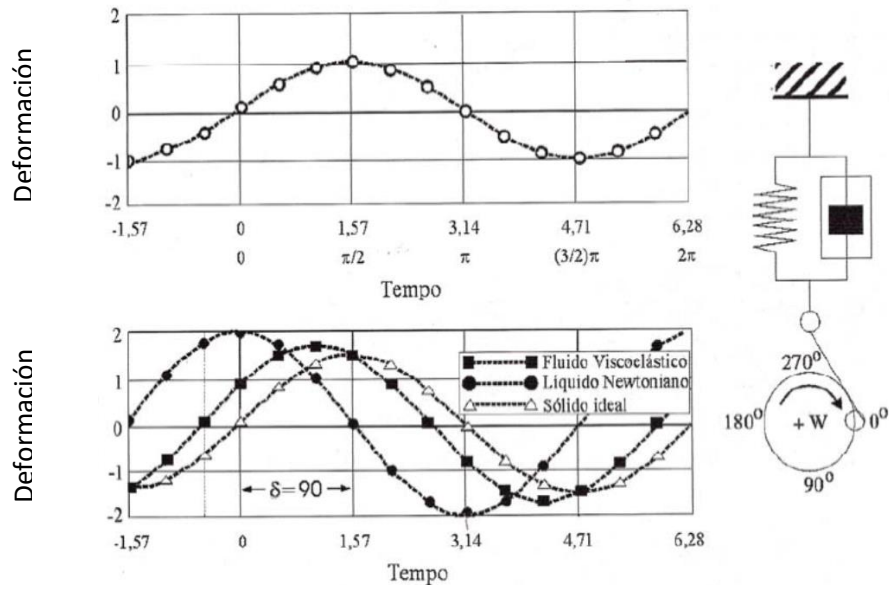


Figura 2: Ensayos oscilatorios con: a) fluido viscoelástico considerando el modelo de Kelvin-Voigt; b) líquido newtoniano; yc) sólido elástico ideal (Schramm, 2016).

Cómo la reología estudia la deformación y el flujo de materiales bajo la influencia de tensiones. En este contexto, la materia puede estar en estado líquido, sólido o gaseoso (Breta, 2015; Dak, 2017). Los fluidos se pueden clasificar en: viscoelásticos, dependientes del tiempo e independientes del tiempo.

La viscosidad de un fluido es función del esfuerzo cortante y la velocidad de corte, la relación entre ellos se establece a través de datos experimentales. El comportamiento reológico se visualiza en un gráfico de tensión versus velocidad de corte y la curva resultante (curva de flujo o reograma) se modela matemáticamente usando varias relaciones funcionales. El tipo de fluido más simple es el newtoniano, en el que el esfuerzo (τ) es directamente proporcional a la velocidad de corte ($\dot{\gamma}$) y la relación entre ellos se llama viscosidad absoluta o dinámica (μ), de acuerdo con la Ecuación 1. En otras palabras, viscosidad absoluta mide la resistencia de un fluido newtoniano a fluir. Es constante e independiente de la velocidad de corte. (Steffe, 2016).

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \dots \dots \dots \text{ecuacion 1}$$

Todos los fluidos que no presentan este comportamiento se denominan no newtonianos. Una relación general que describe el comportamiento de los fluidos no newtonianos es el modelo de Herschel-Bulkley, representado en la Ecuación 2, (Steffe, 2016).

$$\tau = K'(\dot{\gamma})^n + \tau_0$$

donde K' es el coeficiente de consistencia, n es el índice de comportamiento del flujo y τ_0 es el límite de tensión de fluencia. Este modelo es adecuado para muchos fluidos ya que describe diferentes comportamientos: newtoniano, pseudoplástico, dilatante y plástico de Bingham. La Tabla 1 muestra cómo estos comportamientos pueden considerarse casos especiales descritos por el modelo de Herschel-Bulkley, y se visualizan gráficamente en la Figura 3. (Steffe, 2016).

Tabla 1: Fluidos de comportamiento plástico newtoniano, pseudoplástico, dilatante y de Bingham como casos especiales del modelo de Herschel-Bulkley.

Modelo	K'	n	τ_0
Herschel-Bulkley	> 0	$0 < n < \alpha$	> 0
Newtoniano	> 0	1	0
Pseudoplásticos	> 0	$0 < n < 1$	0
Dilatante	> 0	$0 < n < \alpha$	0
Plástico de Bingham	> 0	1	> 0

FUENTE: (Steffe, 2016).

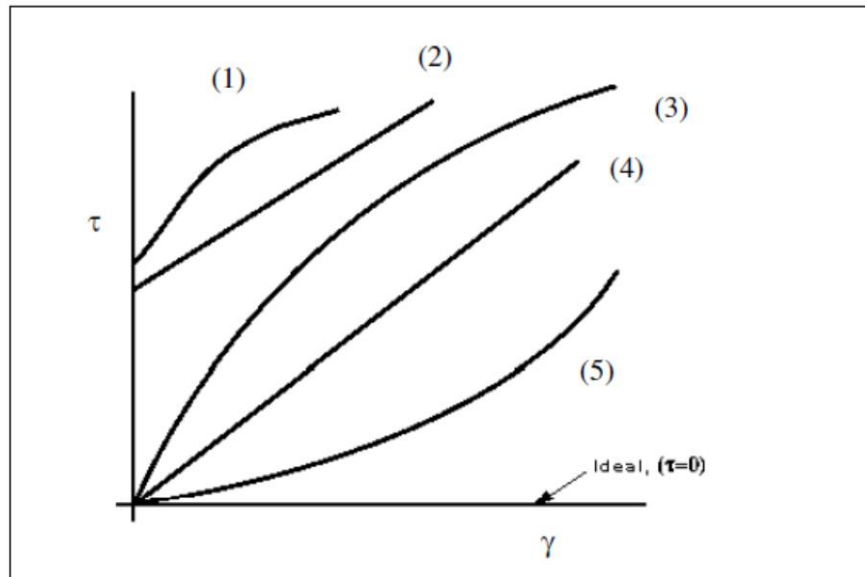


Figura 3: Modelos reológicos: (1) Herschel-Bulkley; (2) plástico Bingham; (3) pseudoplástico; (4) newtoniano; (5) Dilatación (Steffe, 2016).

Según Schramm (2016), los sólidos ideales se deforman elásticamente y la energía requerida para la deformación se recupera por completo cuando se elimina la tensión. Los fluidos ideales, como los líquidos y los gases, se deforman irreversiblemente, fluyen y, en este caso, la energía necesaria para la deformación se disipa en el fluido en forma de calor y no se puede recuperar simplemente eliminando las tensiones.

La reología considera dos materiales como ideales: el sólido elástico y el líquido viscoso. En los sólidos elásticos, la propiedad de mayor interés es la elasticidad, es decir, un material con una forma definida cuando se deforma por una fuerza externa, dentro de ciertos límites, volverá a su forma y dimensiones originales, después de la eliminación de esta fuerza. En el líquido viscoso, la propiedad de mayor interés es la viscosidad, que tiene la característica de no tener una forma definida, fluyendo irreversiblemente con la aplicación de una fuerza externa (Bretas, 2015).

Los líquidos pseudoplásticos muestran una disminución de la viscosidad con el aumento de la velocidad de deformación, que depende principalmente de la orientación / alineación de las moléculas o partículas en la dirección del flujo, superando el movimiento browniano de las moléculas. A velocidades de

deformación muy bajas, el movimiento browniano de las moléculas las mantiene en un orden interno irregular, sin alterar significativamente la estructura tridimensional, a pesar de los efectos iniciales de la orientación de cizallamiento. De esta forma, el líquido presenta un comportamiento similar al de los líquidos newtonianos, con la viscosidad independiente de la velocidad de deformación. Cuando el cizallamiento excede el efecto aleatorio del movimiento browniano, la viscosidad cae drásticamente al inducir a las moléculas a alinearse en la dirección del flujo. A velocidades de deformación extremadamente altas, la viscosidad se acerca a un nivel constante finito (Vriesmann, 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 REQUERIMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPO

3.1.1 Materia Prima

Se utilizaron 2 tipos de yuca, la yuca amarilla y la yuca blanca, que se almacenaron hasta ser utilizado, la materia prima se adquirió, en el mercado Mayorista de Perla

3.1.2 Equipos e Instrumentos

A. Equipos en general

- Balanza Analítica Precisa sensibilidad 0,0001g, modelo: 220 A, serie: 321LX; procedencia Suiza
- Bureta digital
- Termómetro con medida de 0-100°C
- Esterilizador, marca Pol Eko Aparatura Modelo: sw; procedencia Polonia
- Centrífuga, marca: SIGMA, modelo: 2-16; Procedencia USA

B. Equipos para el análisis Reológico.

- Refractómetro digital - Rudolph Research Analytical J157 AB; procedencia USA
- Reómetro de cilindros Concéntricos Marca Brookfield R/S Plus.
- Baño termostático Marca Lauda Modelo Ecoline RE-204 para el control de temperatura en la cámara de Porta muestra del Reómetro.

C. Equipos para la obtención de almidón

- Secador de bandejas: Marca: Torr. Modelo: SBT-10X10.
- Tamizadora de laboratorio AS 400 – RETSCH

3.1.3 Material de vidrio

- Matraces Erlenmeyer de 250 y 500 ml
- Pipetas graduadas de 1, 2, 5 y 10 ml
- Probetas de 25 y 100 ml
- Vasos de precipitación de 50, 100, 500 y 1000 ml

3.1.4 Otros

- Bagueta
- Espátula
- Cuchillos
- Cocina eléctrica

3.2 MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA.

El método de extracción de almidón está basado según lo aplicado por Velásquez-Barreto & Velezmoro, (2018).

- Se emplearon 10 kg de yucas, por cada variedad, de las cuales se descartarán impurezas y tubérculos dañados.
- Los tubérculos intactos se lavaron, pelaron y cortaron en trozos pequeños de 2 a 3 cm.
- Los trozos de las tres variedades de yuca fueron remojados durante 2 horas en una solución de agua destilada con bisulfito de sodio 0,075 % (1:1).
- Los trozos de las tres variedades de yuca se procesaron utilizando un extractor de zumo centrífugo (modelo FPSTJE318C-053, Oster, Perú).
- La suspensión de almidón recogida, se filtró a través de un tamiz de 250 μm .
- La suspensión de almidón filtrada se dejó sedimentar durante 40 minutos, después se retiró el sedimento y se volvió a suspender en agua destilada, se filtró a través de un tamiz de 100 μm .
- La suspensión de almidón filtrada se dejó sedimentar nuevamente durante 40 minutos y se separó la capa superior.

- El almidón se secó a 40 °C durante 48 h en una estufa (modelo 800, Memmert, Alemania). (Velásquez-Barreto & Velezmoro, 2018)

3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS VARIEDADES DE YUCA AMARILLA Y BLANCA

- Contenido de humedad:
Metodología oficial: ASTM E1756-01
Procedimiento: La muestra de almidón se pesa y se coloca en un horno a una temperatura específica (generalmente entre 105-110 °C) hasta alcanzar un peso constante. Luego, se calcula la pérdida de peso como porcentaje de la muestra inicial.
- Contenido de cenizas:
Metodología oficial: AOAC 942.05
Procedimiento: La muestra de almidón se incinera en un horno a alta temperatura (aproximadamente 550 °C) hasta que se queme completamente y se obtengan cenizas. Las cenizas se pesan y se expresan como porcentaje de la muestra original.
- Contenido de proteínas:
Metodología oficial: A.O.A.C. 12.1.07 (método Kjeldahl)
Procedimiento: En el método Kjeldahl, las proteínas se descomponen mediante digestión ácida y posterior destilación del amoníaco liberado. El amoníaco se recoge y se titula con una solución ácida para determinar su concentración. Luego, se calcula el contenido de proteínas utilizando un factor de conversión específico.
- Contenido de lípidos:
Metodología oficial: A.O.A.C. 31.4.02,
Procedimiento: En el método de extracción con solventes, se utiliza un solvente lipofílico (como hexano) para extraer los lípidos de la muestra de almidón. Luego, el solvente se evapora y se pesa la cantidad residual de lípidos. Se expresa como porcentaje de la muestra original..

3.4 ANÁLISIS REOLÓGICO DE LOS GELES DE ALMIDONES

Se ajusto la temperatura según los parámetros establecidos para los análisis reológicos 30, 45, 60 y 75°C, se coloca la muestra en el equipo, se hace circular el agua por la chaqueta del equipo según las condiciones establecidas. Se inserta el husillo en el fluido hasta tapar el husillo. Se selecciona la velocidad de recorrido y se calcula la constante de velocidad de corte (SRC) y la constante del multiplicador de husillo (SMC), con las ecuaciones siguientes y el valor de torque (TK), del reómetro se calcula:

$$SMC = \frac{\text{Viscosidad de toda la escala} \times rpm}{TK \times 10000}$$
$$SRC = \frac{\text{Viscosidad de corte}}{rpm}$$

Se puede seleccionar las velocidades entre 0.01 – 512 min⁻¹, lo que nos permite obtener valores de la gradiente de velocidad y esfuerzo cortante

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los datos obtenidos, fueron tabulados y ordenados de acuerdo a las diferentes condiciones previstas en la investigación. Una vez obtenido se procedió a ajustar los datos haciendo uso de la hoja de cálculo Excel 2019 y Statgraphics Centurion XVI.I

Los valores experimentales del comportamiento de curvas de flujo se ajustaron a los siguientes modelos reológicos: ley de potencia, Herschel-Bulkley, Casson y Mizrahi-Berk, para los cuales n es el índice de flujo, K es el coeficiente de consistencia (Pa.sn), σ es el esfuerzo cortante (Pa) y σ_o es el esfuerzo mínimo para iniciar el flujo (Augusto, Cristianini, & Ibarz, 2012).

Se establecio un diseño factorial variando los niveles de temperatura, concentración de almidón y variedades de yuca. Los datos obtenidos se ajustaron por regresión no lineal a los modelos reológicos propuestos, y se tendra en cuenta parámetros estadísticos como el coeficiente de determinación (R²), el cuadrado

medio del error (CME) y la prueba de Fischer para el nivel de significancia del modelo. Se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey para la comparación de medias a un nivel de significancia del 5% mediante el software Statgraphics versión XVI.I

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE YUCA BLANCA Y AMARILLA.

La tabla 2 proporciona datos sobre las características principales de dos variedades de yuca: longitud (en cm), diámetro (en cm) y peso (en g). La yuca blanca tiende a ser más larga que la yuca amarilla en promedio, pero también tiene una variabilidad mayor en términos de longitud. Ambas variedades tienen dimensiones de diámetro bastante similares, con la yuca blanca siendo ligeramente más grande en términos de diámetro, pero la diferencia es mínima. La yuca blanca es más pesada en promedio que la yuca amarilla, pero también tiene una mayor variabilidad en términos de peso. En resumen, mientras que la yuca blanca tiende a ser más larga y pesada en promedio, la yuca amarilla tiene dimensiones más consistentes en términos de longitud y peso. Estas diferencias pueden influir en su uso culinario y en la preferencia del consumidor, dependiendo de la receta y el propósito específico (Navarro, et al 2017).

Tabla 2: Características Físicas de las dos variedades de yuca (Blanca y Amarilla)

Característica	Yuca Blanca (<i>Manihot esculenta</i>)	Yuca Amarilla (<i>Manihot esculenta</i> var. <i>flabellifolia</i>)
Color de la Piel	Marrón oscuro a marrón claro	Marrón claro a amarillo
Color de la Pulpa	Blanco opaco	Amarillo claro a amarillo intenso
Forma	Cilíndrica o cónica	Cilíndrica o ligeramente cónica
Tamaño	Varía en tamaño, generalmente grande	Similar al tamaño de la yuca común
Sabor	Neutro, suave	Similar al de la yuca común, a veces ligeramente más dulce
Textura	Harinosa y crujiente cuando se cocina bien	Harinosa y crujiente cuando se cocina adecuadamente
Usos Culinarios	Consumida en varios platos tradicionales y procesada para hacer harina y almidón	Se utiliza para hacer harina y almidón en algunas regiones
Longitud máxima (cm)	31.6	27.6
Longitud mínima (cm)	39.6	34.6
Longitud promedio (cm)	19.8±5.7	17.3±4.9
Diámetro máximo (cm)	6.1	5.2
Diámetro Longitud mínima (cm)	7.7	6.7
Diámetro promedio (cm)	4.7±1.2	4.1±1.1
Peso máximo (g)	589.5	514.9
Peso mínimo (g)	865.8	756.3
Peso promedio (g)	303.1±95.4	264.8±70.7

Calculo en base a 15 unidades

La Tabla 3 proporciona datos sobre la composición proximal de dos variedades de yuca: Yuca Blanca y Yuca Amarilla. Los valores dados están en porcentajes y representan la cantidad promedio de diferentes componentes en estas variedades. La Yuca Blanca tiene un contenido de humedad significativamente mayor en comparación con la Yuca Amarilla. Esto puede influir en su textura y frescura, siendo la Yuca Blanca posiblemente más jugosa debido a su mayor contenido de agua. La diferencia en el contenido de proteínas entre las dos variedades es pequeña pero notable. La Yuca Blanca tiene un contenido ligeramente superior de proteínas en comparación con la Yuca Amarilla. La diferencia en el contenido de lípidos es pequeña pero consistente. La Yuca Amarilla tiene un contenido de grasas ligeramente mayor en comparación con la Yuca Blanca. La cantidad de cenizas, que representa los minerales presentes en la yuca, es prácticamente idéntica en ambas variedades. No hay una diferencia significativa en este aspecto.

Estas diferencias son relativamente pequeñas y pueden no tener un impacto significativo en el sabor o la textura, pero podrían ser relevantes para aplicaciones culinarias específicas o consideraciones dietéticas Enríquez et al (2013).

Tabla 3: Composición Proximal de las dos variedades de yuca (Blanca y Amarilla)

Característica	Yuca Blanca (Manihot esculenta)	Yuca Amarilla (Manihot esculenta var. flabellifolia)
Humedad	70.22±0.49 ^a	66.21±0.58 ^b
Proteínas	1.62±0.19 ^c	1.52±0.23 ^d
Lípidos	0.22±0.03 ^e	0.26±0.02 ^e
Cenizas	1.41±0.04 ^f	1.39±0.03 ^g

Significancia estadística (95% de confiabilidad) basado en 3 réplicas.

Letras diferente en fila hay diferencia significativa. Letras iguales en fila sin diferencias significativa.

4.2 EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA

En la investigación sobre la extracción de almidón de yuca blanca y amarilla, se llevaron a cabo diversas etapas para evaluar las diferencias entre las dos variedades. Los datos obtenidos de tabla 4 se revelan información valiosa sobre el proceso.

En la etapa inicial, se observó que la masa inicial de yuca blanca fue de 10.12 kg con un margen de error de ± 0.34 kg, mientras que la yuca amarilla tenía una masa inicial ligeramente mayor, 12.43 kg con un margen de error de ± 0.51 kg. Después de pelar, la masa de ambas variedades disminuyó, siendo la yuca blanca de 8.52 kg (± 0.23 kg) y la yuca amarilla de 10.38 kg (± 0.12 kg). Este paso marcó una reducción significativa en la masa, con la yuca blanca mostrando una disminución ligeramente mayor. La masa triturada también fue evaluada, y se encontró que la yuca blanca tenía una masa de 7.57 kg (± 0.14 kg), mientras que la yuca amarilla tenía una masa de 9.53 kg (± 0.32 kg). La yuca amarilla mostró una masa triturada más alta, lo que implicaba una mayor cantidad de material disponible para la extracción.

En términos de rendimiento de almidón, se encontró que la yuca blanca tenía un rendimiento del 45.07% ($\pm 0.42\%$) y la yuca amarilla tenía un rendimiento del 42.56% ($\pm 0.31\%$). A pesar de la mayor masa triturada de la yuca amarilla, la eficiencia de extracción de almidón fue ligeramente menor en comparación con la yuca blanca.

En cuanto al tiempo de extracción, se observó que la yuca blanca requería 2.21 horas (± 0.12 horas), mientras que la yuca amarilla necesitaba 2.59 horas (± 0.23 horas). Esto indicaba que la yuca blanca se procesaba de manera más eficiente en términos de tiempo.

Los resultados indican que la yuca blanca demostró un rendimiento ligeramente superior en términos de eficiencia de extracción y tiempo necesario para el proceso. Aunque la yuca amarilla tenía una masa triturada inicial más alta, la

yuca blanca mostró una mayor eficiencia en la transformación de masa en almidón (Mollega, et al 2011).

Tabla 4: Proceso de extracción de almidón de yuca blanca y amarilla.

Etapa	Almidón de Yuca Blanca (Manihot esculenta)	Almidón de Yuca Amarilla (Manihot esculenta var. flabellifolia)
Masa Inicial (kg)	10.12±0.34	12.43±0.51
Masa Después de Pelar (kg)	8.52±0.23	10.38±0.12
Masa Triturada (kg)	7.57±0.14	9.53±0.32
Cantidad de Almidón (kg)	4.51±0.11	5.29±0.49
Rendimiento de Almidón (%)	45.07±0.42	42.56±0.31
Tiempo de Extracción (horas)	2.21±0.12	2.59±0.23

En resultados de la tabla 5, de la composición proximal del almidón extraído de yuca blanca y yuca amarilla, se analizaron varios componentes clave para entender las diferencias entre las dos variedades. En cuanto a la humedad, se encontró que el almidón de yuca blanca contenía un 10.560% ($\pm 0.51\%$) de humedad, mientras que el almidón de yuca amarilla tenía un contenido ligeramente inferior, con un 9.505% ($\pm 0.340\%$). La yuca blanca mostró un nivel de humedad ligeramente superior en comparación con la yuca amarilla.

En lo que respecta a las proteínas, el almidón de yuca blanca tenía un contenido de proteínas de 0.064% ($\pm 0.013\%$), mientras que el almidón de yuca amarilla tenía un contenido ligeramente inferior de 0.054% ($\pm 0.021\%$). La diferencia en los niveles de proteínas fue pequeña pero notable, siendo el almidón de yuca blanca ligeramente más rico en proteínas.

En cuanto a los lípidos, se observó que el almidón de yuca blanca contenía un 0.199% ($\pm 0.041\%$) de lípidos, mientras que el almidón de yuca amarilla tenía un contenido ligeramente menor de lípidos, con un 0.168% ($\pm 0.058\%$). La variación

en los niveles de lípidos fue pequeña, pero indicaba una ligera diferencia en la composición de grasas entre las dos variedades.

Al analizar las cenizas, se encontró que el almidón de yuca blanca tenía un contenido de cenizas del 0.332% ($\pm 0.038\%$), mientras que el almidón de yuca amarilla tenía un contenido ligeramente menor de cenizas, con un 0.280% ($\pm 0.041\%$). La yuca blanca mostró un contenido de cenizas ligeramente superior en comparación con la yuca amarilla.

Los resultados revelan diferencias sutiles pero significativas en la composición proximal del almidón extraído de yuca blanca y yuca amarilla. Aunque las variaciones en humedad, proteínas, lípidos y cenizas son relativamente pequeñas, estas diferencias podrían tener implicaciones en términos de calidad y usos industriales del almidón. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para entender las propiedades nutricionales y funcionales de las variedades de yuca y podrían ser útiles para aplicaciones específicas en la industria alimentaria y otros campos relacionados (Chisenga, et al, 2019).

Tabla 5: Composición proximal de almidón extraído de yuca blanca y yuca amarilla.

Componente	Almidón de Yuca Blanca (Manihot esculenta)	Almidón de Yuca Amarilla (Manihot esculenta var. flabellifolia)
Humedad	10.560 \pm 0.51 ^a	9.505 \pm 0.340 ^b
Proteínas	0.064 \pm 0.013 ^c	0.054 \pm 0.021 ^d
Lípidos	0.199 \pm 0.041 ^e	0.168 \pm 0.058 ^e
Cenizas	0.332 \pm 0.038 ^f	0.280 \pm 0.041 ^g

Significancia estadística (95% de confiabilidad) basado en 3 réplicas.

Letras diferente en fila hay diferencia significativa. Letras iguales en fila sin diferencias significativa.

4.3 DETERMINACIÓN DE LOS REOGRAMAS (VELOCIDADES DE DEFORMACIÓN VS. ESFUERZO DE CORTE) DE LOS GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES YUCA A CONCENTRACIONES DE 3, 6 Y 9% EVALUADAS A DIFERENTES TEMPERATURAS.

En la figura 4 y 5, se presentan los reogramas del comportamiento reológico de los geles de almidón extraído de la yuca blanca, se llevaron a cabo evaluaciones exhaustivas a diferentes concentraciones y temperaturas, observando un comportamiento fluido pseudoplástico. Los resultados obtenidos proporcionan una comprensión profunda de cómo las propiedades reológicas del almidón varían en respuesta a diversas condiciones.

A una concentración del 3%, se observaron fluctuaciones significativas en los valores de esfuerzo cortante y viscosidad a diferentes temperaturas y ritmos de corte. A 30°C, a un ritmo de corte de 1.010 1/s, el esfuerzo cortante fue de 2.518 Pa, lo que se traduce en una viscosidad de 2.597 Pa·s. Sin embargo, cuando el ritmo de corte aumentó a 99.989 1/s, el esfuerzo cortante disminuyó a 20.557 Pa, representando una viscosidad mucho menor de 0.214 Pa·s. Este patrón se mantuvo constante a 45°C, 60°C y 75°C, demostrando una clara relación inversamente proporcional entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, como es típico en los fluidos pseudoplásticos. Además, a medida que aumentaba la temperatura, los valores de esfuerzo cortante y viscosidad descendían, lo que indica una mayor fluidez del almidón a temperaturas más altas (Leite, et al, 2012).

En concentraciones más elevadas, como en el caso del 6% y 9%, se observaron patrones similares de comportamiento pseudoplástico. A medida que la concentración aumentaba, los valores de esfuerzo cortante y viscosidad se incrementaban tanto a bajas como a altas velocidades de deformación. A 30°C, a un ritmo de corte de 0.994 1/s y una concentración del 9%, el esfuerzo cortante alcanzó los 83.544 Pa, lo que se tradujo en una viscosidad de 84.043 Pa·s. Al aumentar la temperatura a 75°C, estos valores se reducían a 47.880 Pa para el esfuerzo cortante y 48.166 Pa·s para la viscosidad, indicando una disminución en la cohesión del gel a temperaturas más altas, como es esperado en sistemas pseudoplásticos.

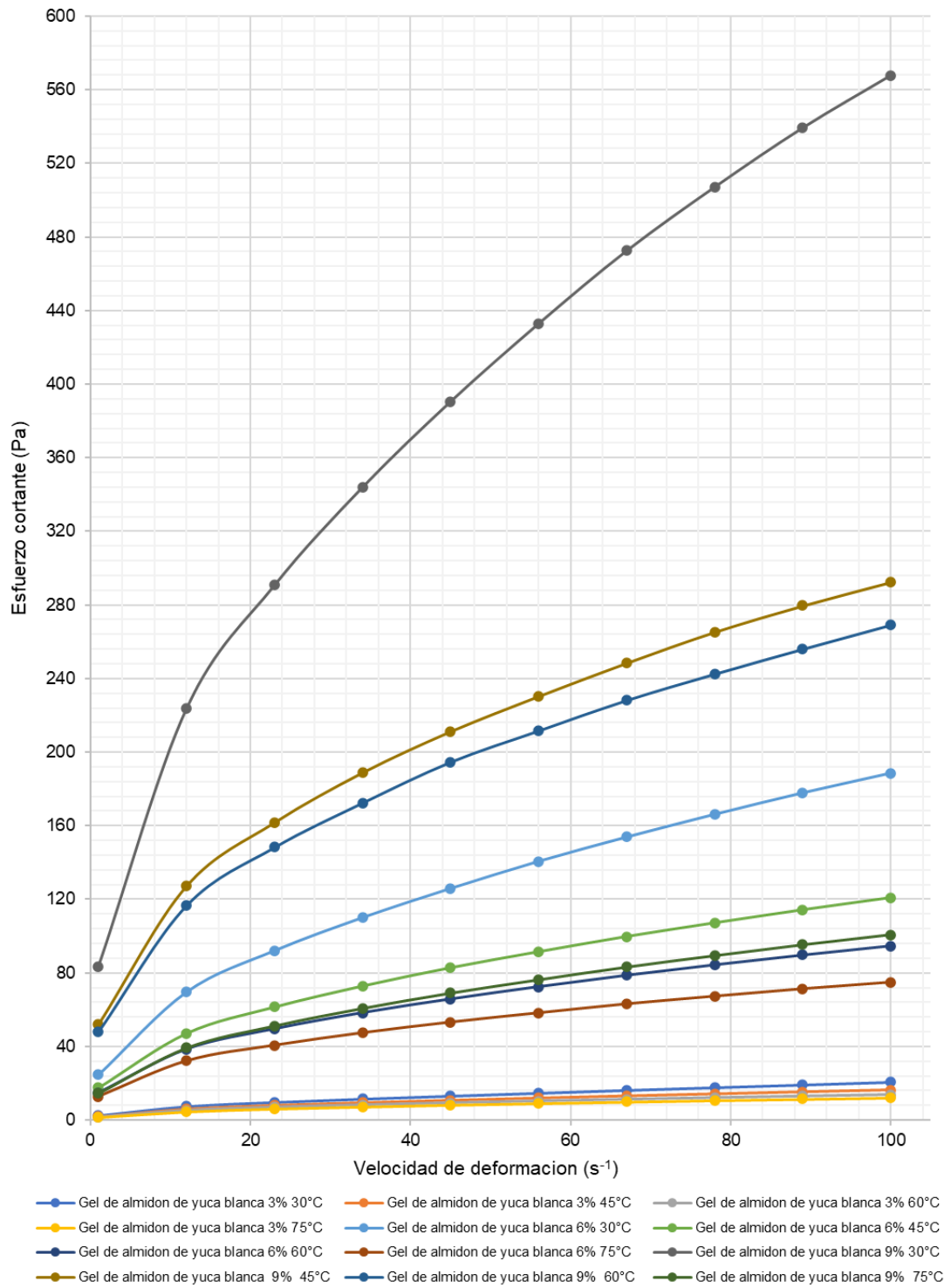


Figura 4: Reogramas (Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte) a diferentes concentraciones y Temperatura para gels de almidón de Yuca Blanca.

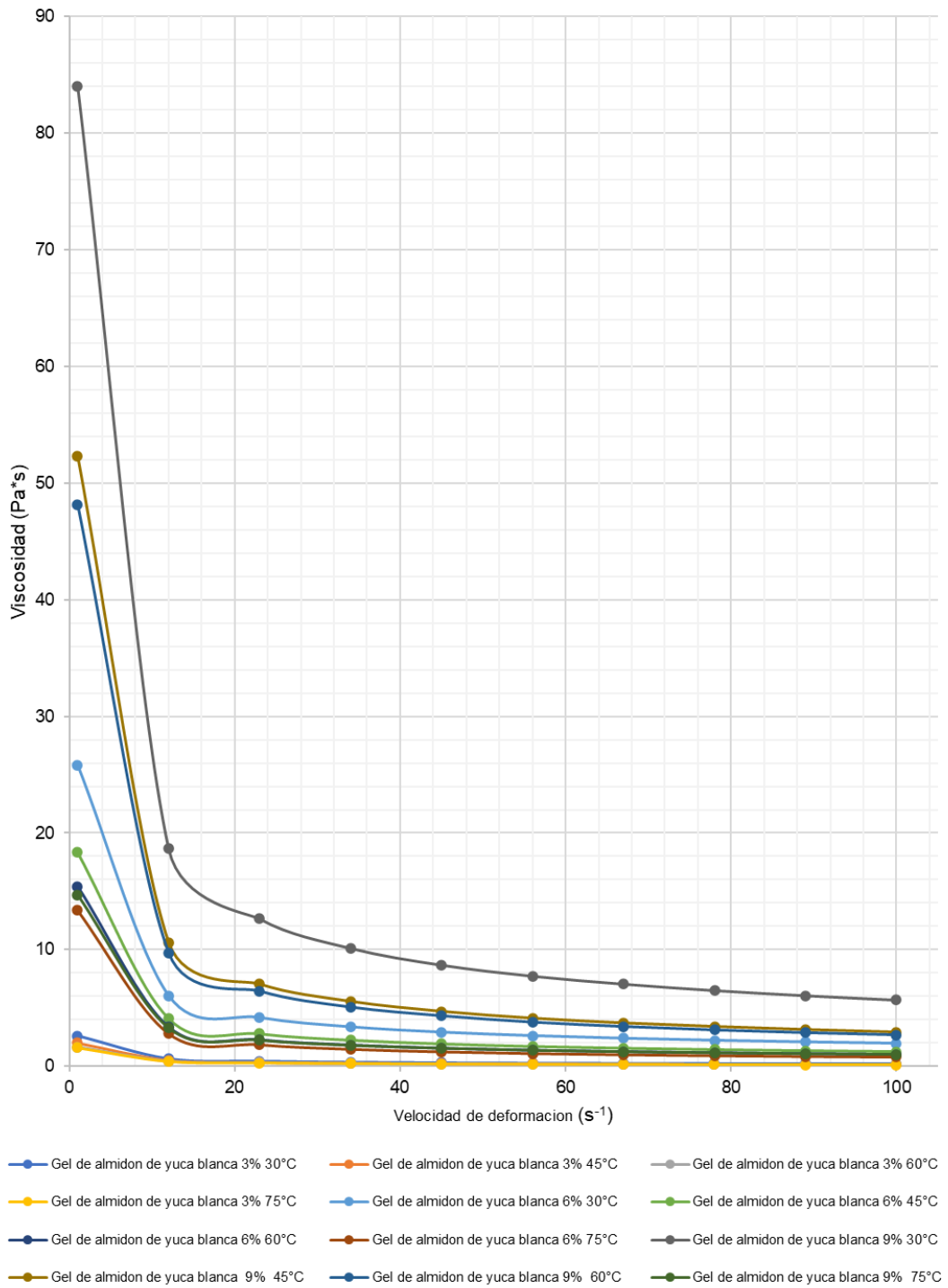


Figura 5: Relación de la viscosidad y la velocidad de deformación a diferentes concentraciones y Temperatura para geles de almidón de Yuca Blanca.

Según la figura 6 y 7, para el almidón de yuca amarilla, a una concentración del 3%, se observaron fluctuaciones notables en los valores de esfuerzo cortante y viscosidad a diferentes temperaturas y velocidades de deformación. A 30°C, a un ritmo de corte de 1.010 1/s, el esfuerzo cortante fue mínimo, registrando 0.752 Pa y una viscosidad de 0.777 Pa·s. Sin embargo, al aumentar la velocidad de deformación a 99.989 1/s, el esfuerzo cortante se incrementó significativamente a 12.690 Pa, con una viscosidad correspondiente de 0.132 Pa·s. A 45°C y 60°C, se observaron patrones similares, con valores mínimos y máximos de esfuerzo cortante y viscosidad en función de la velocidad de deformación.

En concentraciones más altas, como en el caso del 6% y 9%, se observaron patrones comparables de comportamiento pseudoplástico. A medida que aumentaba la concentración, los valores de esfuerzo cortante y viscosidad también se incrementaban, tanto a bajas como a altas velocidades de deformación. A 30°C, a un ritmo de corte de 0.994 1/s y una concentración del 9%, el esfuerzo cortante alcanzaba los 58.650 Pa, mientras que la viscosidad correspondiente era de 61.458 Pa·s. Al aumentar la temperatura a 75°C, estos valores disminuían, pero seguían siendo significativamente superiores en comparación con concentraciones más bajas.

Estos resultados ilustran claramente la naturaleza pseudoplástica del almidón de yuca amarilla. La relación inversamente proporcional entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación demuestra el comportamiento típico de un fluido pseudoplástico, donde la viscosidad disminuye a medida que la tasa de deformación aumenta. Además, el aumento del esfuerzo cortante y la viscosidad con el aumento de la concentración indican una mayor cohesión en los geles de almidón a concentraciones más altas. (Li, Ye, Zhou, Lei y Zhao, 2019).

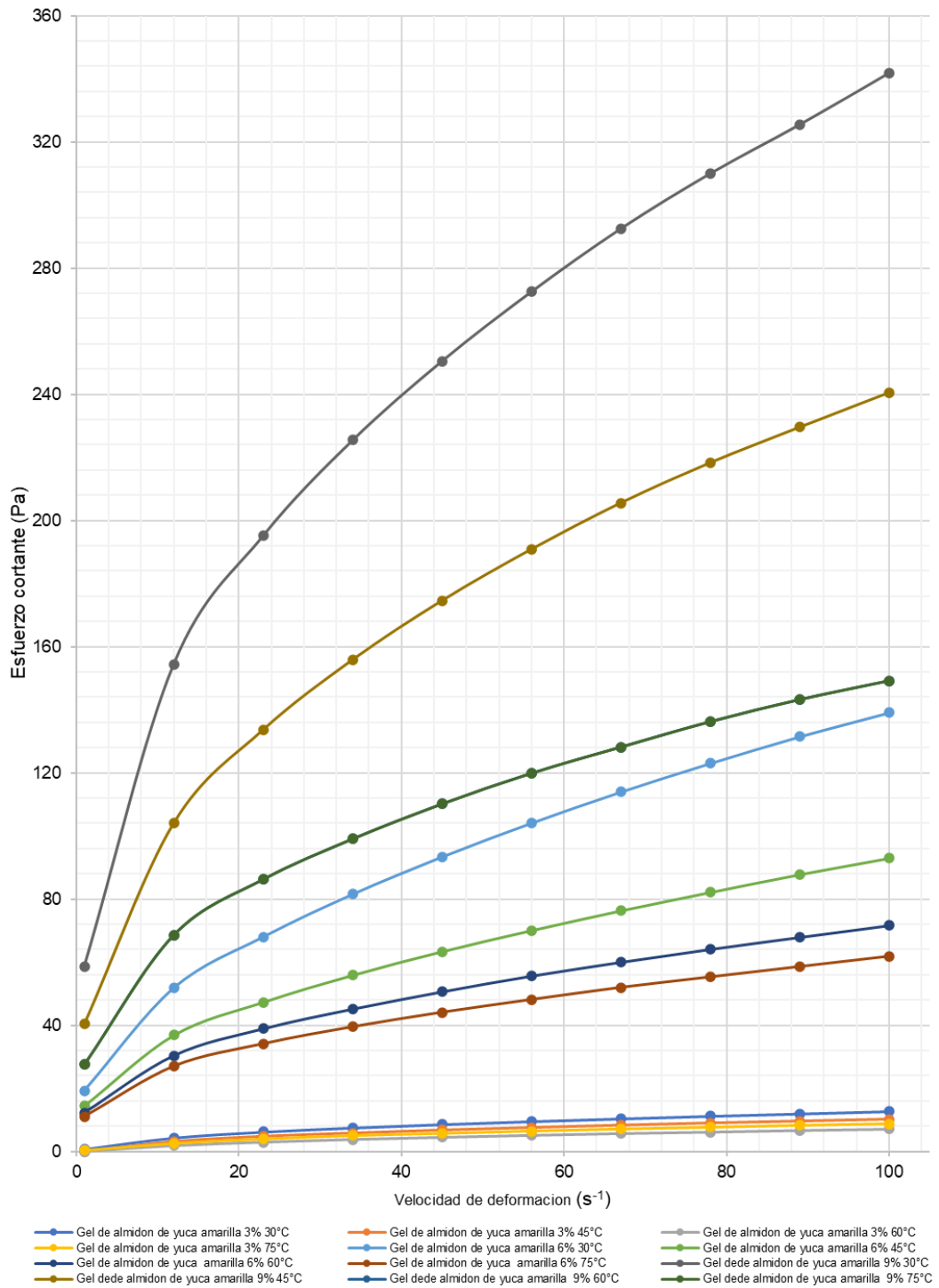


Figura 6: Reogramas (Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte) a diferentes concentraciones y Temperatura para geles de almidón de Yuca Amarilla.

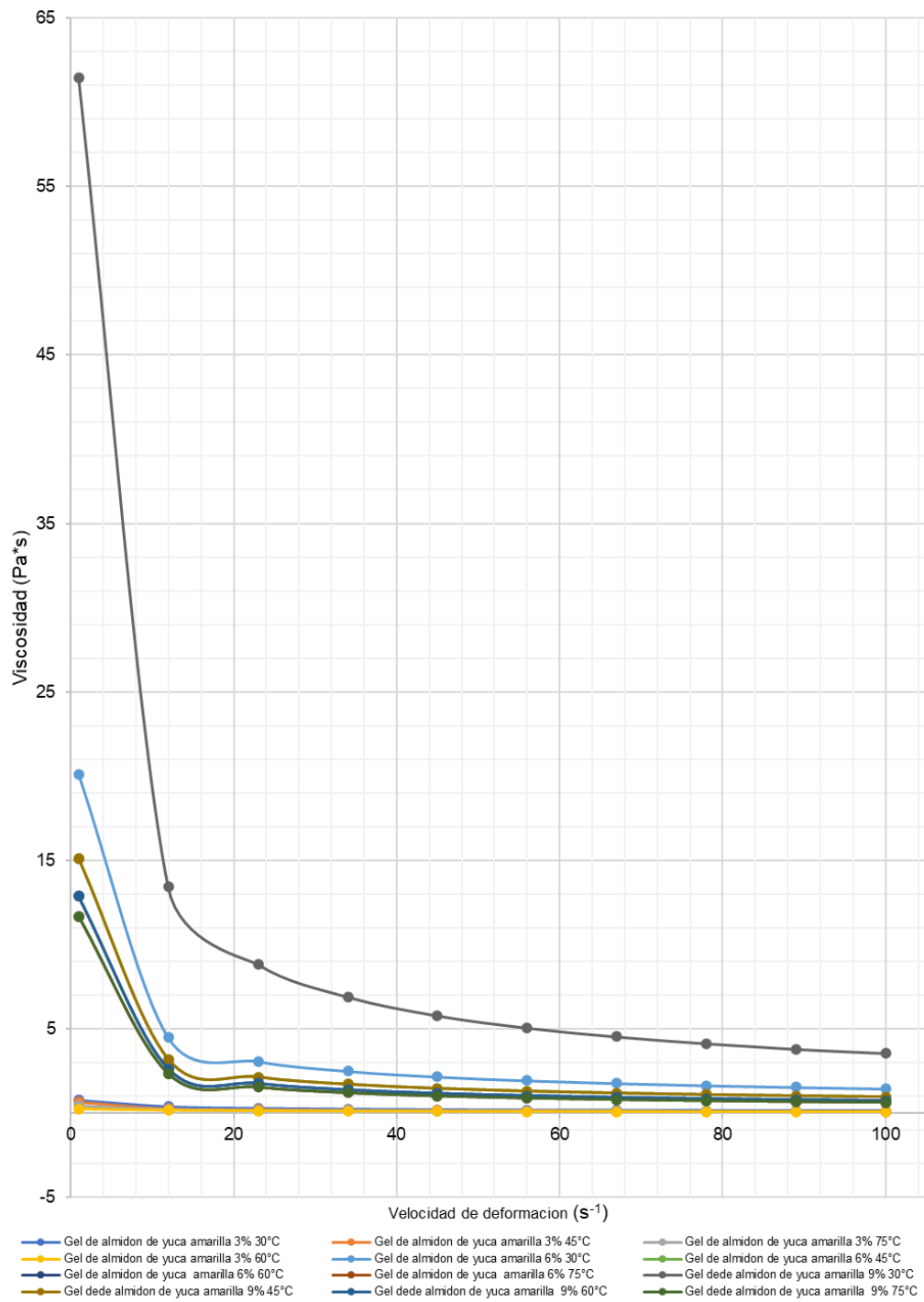


Figura 7: Relación de la viscosidad y la velocidad de deformación a diferentes concentraciones y Temperatura para geles de almidón de Yuca Amarilla.

Comparando los resultados de ambas variedades, se puede concluir que tanto la yuca blanca como la amarilla exhibieron comportamientos pseudoplásticos típicos de muchos polímeros y geles. Sin embargo, se observaron diferencias en los valores numéricos, lo que sugiere variaciones en las propiedades reológicas entre las dos variedades. La yuca blanca mostró mayores valores de esfuerzo cortante y viscosidad en comparación con la amarilla, especialmente a concentraciones más altas.

Estas diferencias podrían deberse a las variaciones en la composición química y estructural de las moléculas de almidón en las dos variedades. Además, la variabilidad en las condiciones de crecimiento y el procesamiento también podría haber influido en las diferencias observadas. Estos resultados subrayan la importancia de comprender las propiedades reológicas específicas de cada variedad de yuca, especialmente en aplicaciones industriales donde estas diferencias pueden afectar la calidad y el rendimiento de los productos finales (Sanchez, Dufour, Moreno y Ceballos, 2010).

Se puede observar que a medida que aumenta la concentración del almidón, tanto el esfuerzo cortante como la viscosidad también aumentan en ambas variedades de yuca. Esto indica que a concentraciones más altas, las interacciones moleculares en el gel de almidón son más fuertes, lo que resulta en una mayor resistencia al flujo y una mayor viscosidad.

Ambas variedades de yuca mostraron una disminución en los valores de esfuerzo cortante y viscosidad a medida que aumentaba la temperatura. Esta tendencia es común en muchos polímeros y geles y se debe a que a temperaturas más altas, las moléculas tienen más energía cinética y, por lo tanto, tienen una mayor capacidad para moverse, lo que reduce la viscosidad del gel (Beninca, et al, 2013).

Ambas variedades de yuca exhibieron una sensibilidad a la velocidad de deformación, mostrando una disminución en la viscosidad a medida que aumentaba la velocidad de deformación. Esta característica es importante en aplicaciones donde la tasa de corte varía, como en la industria alimentaria durante el mezclado y el proceso de flujo.

Podría ser interesante comparar estos resultados con los de otras fuentes de almidón, como la papa, maíz o tapioca, para comprender cómo las propiedades reológicas difieren entre diferentes fuentes de almidón y cómo estas diferencias pueden afectar las aplicaciones específicas en la industria alimentaria y otros sectores (Ojewumi, 2018).

Las diferencias en las propiedades reológicas entre las variedades de yuca tienen implicaciones significativas en la industria alimentaria, especialmente en la formulación y procesamiento de productos. Por ejemplo, una mayor viscosidad a concentraciones específicas podría indicar una mayor estabilidad en ciertos productos, como salsas y sopas. Comprender estas diferencias es fundamental para garantizar la consistencia y calidad del producto final (Osundahunsi y Mueller, 2011).

4.4 MODELAMIENTO EL COMPORTAMIENTO AL FLUJO DE LOS GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA, APLICANDO AJUSTE DE CURVAS LINEAL O NO LINEAL A MODELOS TEÓRICOS.

En la evaluación reológica de los geles de almidón de yuca blanca, se llevaron a cabo ajustes del modelo reológico pseudoplástico para analizar las propiedades de flujo del material en diferentes condiciones de concentración y temperatura. En la tabla 6 y tabla 7, presentan los resultados obtenidos, revelaron patrones significativos que ofrecen una visión detallada de las características reológicas de los geles de almidón de yuca blanca. Estos valores indican que a esta concentración y temperatura, el gel de almidón de yuca blanca mostró una fluidez moderada, con una tendencia a comportarse de manera pseudoplástica. A medida que aumentaba la temperatura a 45°C, 60°C y 75°C, se observaron disminuciones progresivas en el índice de consistencia y el índice de comportamiento al flujo, lo que sugiere una mayor fluidez a temperaturas más altas.

Cuando la concentración se incrementó al 6%, los geles de almidón de yuca blanca exhibieron una mayor consistencia. A medida que aumentaba la temperatura, el índice de comportamiento al flujo disminuyó, indicando un

comportamiento más pseudoplástico a temperaturas elevadas. Una tendencia similar se observó en la concentración del 9%, que disminuyeron conforme aumentaba la temperatura, sugiriendo un comportamiento fluido más pronunciado a temperaturas más altas.

Tabla 6: Parámetros del modelo pseudoplástico de los geles de almidón de yuca blanca.

Concentración	Temperatura	Índice de Consistencia (Pa.s ⁿ)	Índice de Consistencia (Pa.s ⁿ)	Índice de comportamiento al flujo	Índice de comportamiento al flujo	R ²
3	30	2.432	2.432±0.564	0.451	0.451±0.011	0.9971
		2.996		0.462		
		1.868		0.440		
6	30	23.902	23.902±0.204	0.441	0.441±0.012	0.9982
		24.106		0.453		
		23.698		0.429		
9	30	81.419	81.419±0.284	0.416	0.416±0.004	0.9984
		81.703		0.420		
		81.135		0.412		
3	45	1.865	1.865±0.046	0.466	0.466±0.007	0.9975
		1.911		0.473		
		1.819		0.459		
6	45	15.238	15.238±1.742	0.447	0.447±0.014	0.9989
		16.980		0.461		
		13.496		0.433		
9	45	12.698	12.698±1.887	0.447	0.447±0.055	0.9989
		14.585		0.502		
		10.811		0.392		
3	60	1.644	1.644±0.22	0.459	0.459±0.008	0.9990
		1.864		0.467		
		1.424		0.451		
6	60	13.103	13.103±1.442	0.427	0.427±0.006	0.9987
		14.545		0.433		
		11.661		0.421		
9	60	47.193	47.193±2.638	0.395	0.395±0.022	0.9995
		49.831		0.417		
		44.555		0.373		
3	75	1.520	1.52±0.12	0.447	0.447±0.014	0.9998
		1.640		0.461		
		1.400		0.433		
6	75	12.540	12.849±1.749	0.383	0.383±0.004	0.9989
		14.732		0.387		
		11.275		0.379		
9	75	46.950	46.95±1.265	0.375	0.375±0.004	0.9989
		48.215		0.379		
		45.685		0.371		

El coeficiente de determinación (R²) cercano a 1 en todas las condiciones de concentración y temperatura indica una excelente calidad del ajuste del modelo pseudoplástico a los datos experimentales. Estos resultados son fundamentales para comprender el comportamiento de flujo del almidón de yuca blanca y tienen implicaciones significativas en diversas aplicaciones industriales, especialmente

en la industria alimentaria, donde las propiedades reológicas son esenciales para garantizar la consistencia y calidad de los productos finales. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones tecnológicas en el campo de la reología de almidones (Precha-Atsawan, Uttapap y Sagis, 2018).

Tabla 7: Parámetros del modelo pseudoplastico de los geles de almidón de yuca amarilla.

Concentración	Temperatura	Índice de Consistencia (Pa.sn)	Índice de Consistencia (Pa.sn)	Índice de comportamiento al flujo	Índice de comportamiento al flujo	R ²
3	30	0.834	0.834±0.12	0.607	0.607±0.014	0.9908
		1.398		0.618		
6	30	0.270	18.469±0.12	0.596	0.431±0.004	0.9970
		18.469		0.431		
9	30	18.673	59.104±1.265	0.443	0.381±0.004	0.9999
		18.265		0.419		
3	45	59.104	0.827±0.564	0.381	0.549±0.011	0.9971
		59.388		0.556		
6	45	58.820	12.058±0.204	0.542	0.44±0.012	0.9976
		0.827		0.440		
9	45	0.873	38.683±0.284	0.454	0.397±0.004	0.9999
		0.781		0.426		
3	60	12.058	0.394±0.046	0.397	0.632±0.007	0.9971
		13.800		0.640		
6	60	10.316	10.943±1.742	0.624	0.405±0.014	0.9989
		38.683		0.405		
9	60	40.570	27.707±1.887	0.411	0.378±0.055	0.9995
		36.796		0.399		
3	75	0.394	0.468±0.22	0.378	0.652±0.008	0.9938
		0.614		0.666		
6	75	0.174	9.945±0.12	0.638	0.37±0.006	0.9988
		10.943		0.370		
9	75	11.063	26.589±2.638	0.374	0.365±0.022	0.9999
		10.823		0.366		
3	75	27.707	0.365	0.365	0.361	
		30.345		0.369		
6	75	25.069	0.361	0.361		
		0.468				

Se realizó el análisis de varianza para determinar la significancia estadística, del efecto de la concentración y temperatura en los parámetros reológicos del modelo pseudoplastico, índice de consistencia e índice de comportamiento al flujo. En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza para la variable índice de

consistencia. En el análisis retrospectivo de los datos, se pudo observar que varios factores ejercieron una influencia significativa en el Índice de Consistencia de los geles de almidón de yuca. En primer lugar, se encontró que el tipo de almidón desempeñó un papel crucial en las propiedades reológicas de los geles. La variación en el tipo de almidón mostró un impacto considerable en el Índice de Consistencia, lo que indica que diferentes variedades de yuca tienen comportamientos reológicos distintos (Wang et al, 2018).

Además, tanto la concentración de almidón como la temperatura también demostraron tener efectos significativos. A medida que se variaba la concentración de almidón y la temperatura, se observaron cambios notables en el Índice de Consistencia, lo que sugiere que la cantidad de almidón y la temperatura de procesamiento son factores cruciales para determinar las propiedades reológicas de los geles de yuca.

Adicionalmente, las interacciones entre estas variables fueron evaluadas y se encontró que ciertas combinaciones de tipo de almidón, concentración y temperatura tenían un efecto conjunto en el Índice de Consistencia. Por ejemplo, las interacciones entre el tipo de almidón y la concentración, así como entre el tipo de almidón y la temperatura, demostraron tener influencias significativas en las propiedades reológicas observadas (Araújo, 2020).

Este análisis exhaustivo del Índice de Consistencia mediante el método de Análisis de Varianza no solo confirmó la relevancia de factores específicos, como el tipo de almidón, la concentración y la temperatura, en las propiedades reológicas de los geles de yuca, sino que también resaltó la complejidad de las interacciones entre estas variables. Estos hallazgos proporcionan una comprensión más profunda del comportamiento reológico de los geles de almidón de yuca y son fundamentales para aplicaciones industriales que requieren un control preciso de la consistencia y viscosidad del producto final (Omotioma, 2012).

Tabla 8: Análisis de Varianza para Índice Consistencia (Pa.sn) del almidón de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de almidón	375.269	1	375.269	11.97	0.0011
B:Concentracion de almidón	21323.6	2	10661.8	340.14	0.0000
C:Temperatura	3328.87	3	1109.62	35.40	0.0000
INTERACCIONES					
AB	194.805	2	97.4023	3.11	0.0528
AC	850.008	3	283.336	9.04	0.0001
BC	3709.35	6	618.225	19.72	0.0000
RESIDUOS	1692.64	54	31.3452		
TOTAL (CORREGIDO)	31474.5	71			

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

En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza para la variable índice de comportamiento al flujo. En el análisis de varianza llevado a cabo sobre el índice de comportamiento al flujo de los geles de almidón de yuca, se revelaron patrones significativos sobre las variables que impactan en estas propiedades reológicas. Los resultados indicaron que el tipo de almidón, la concentración y la temperatura, así como sus interacciones, desempeñaron roles cruciales en las variaciones observadas en el índice de comportamiento al flujo. En primer lugar, se encontró que el tipo de almidón ejerció una influencia notable. Los datos mostraron una suma de cuadrados significativa para este factor, con un valor F de 55.35 y un valor p menor a 0.00001. Esto sugiere que diferentes tipos de almidón tuvieron un impacto considerable en el comportamiento al flujo de los geles de yuca.

La concentración de almidón también se reveló como un factor significativo. Los análisis indicaron una suma de cuadrados considerable para esta variable, con un valor F de 289.03 y un valor p menor de 0.00001. Este hallazgo señala que las variaciones en la concentración de almidón jugaron un papel crucial en las

propiedades reológicas, afectando el comportamiento al flujo de manera significativa.

Además, la temperatura se identificó como un factor relevante. Los resultados mostraron una suma de cuadrados significativa para la temperatura, con un valor F de 5.08 y un valor p de 0.0036. Esto implica que las variaciones en la temperatura también contribuyeron a las diferencias observadas en el índice de comportamiento al flujo de los geles de almidón de yuca.

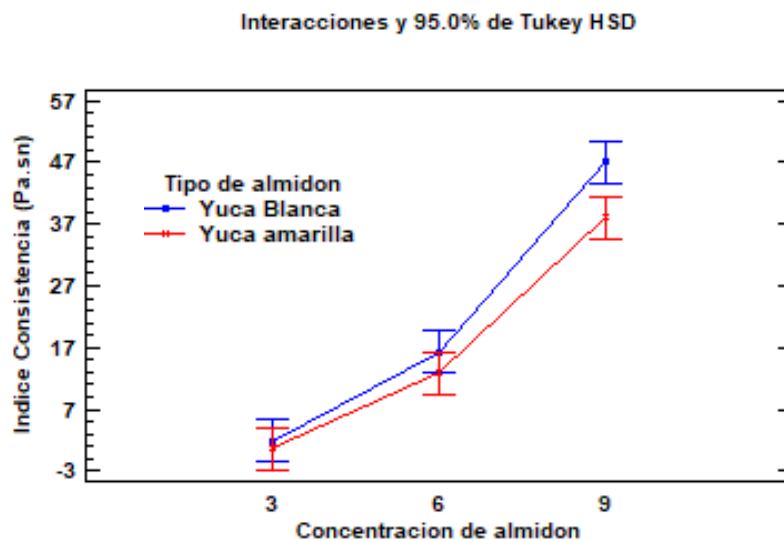
Las interacciones entre las variables también se evaluaron y se encontró que las combinaciones específicas de tipo de almidón, concentración y temperatura tenían un impacto conjunto en el índice de comportamiento al flujo. Estas interacciones fueron particularmente notables en las combinaciones AB y BC, donde se observaron valores F altos y valores p bajos, indicando influencias significativas.

A pesar de la explicación proporcionada por estas variables y sus interacciones, aún quedaba cierta variabilidad sin explicar, como se evidenció en la suma de cuadrados de los residuos. Sin embargo, en general, este análisis de varianza proporcionó una comprensión detallada de cómo el tipo de almidón, la concentración y la temperatura, así como sus interacciones, afectaron el índice de comportamiento al flujo de los geles de almidón de yuca. Estos hallazgos son fundamentales para comprender mejor las propiedades reológicas de estos materiales y tienen implicaciones significativas en diversas aplicaciones industriales (Shahzad, 2019).

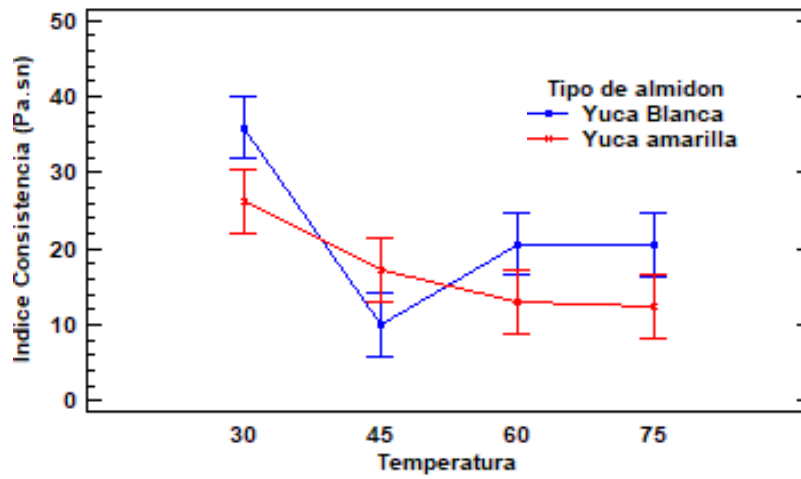
Tabla 9: Análisis de Varianza para Índice comportamiento al flujo del almidón de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tipo de almidón	0.02529	1	0.025294	55.35	0.0000
B: Concentración de almidón	0.26415	2	0.132078	289.03	0.0000
C: Temperatura	0.00696	3	0.002321	5.08	0.0036
INTERACCIONES					
AB	0.12300	2	0.061503	134.59	0.0000
AC	0.00649	3	0.002162	4.73	0.0053
BC	0.02438	6	0.004064	8.89	0.0000
RESIDUOS	0.02468	54	0.000457		

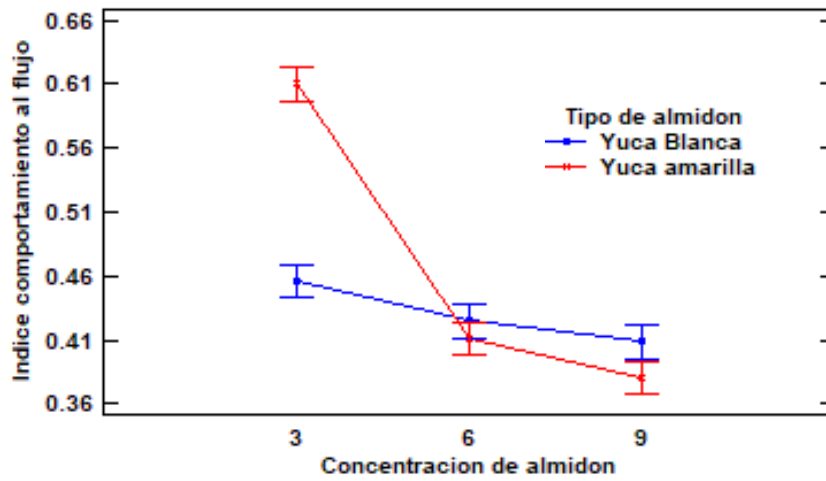
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



Interacciones y 95.0% de Tukey HSD



Interacciones y 95.0% de Tukey HSD



Interacciones y 95.0% de Tukey HSD

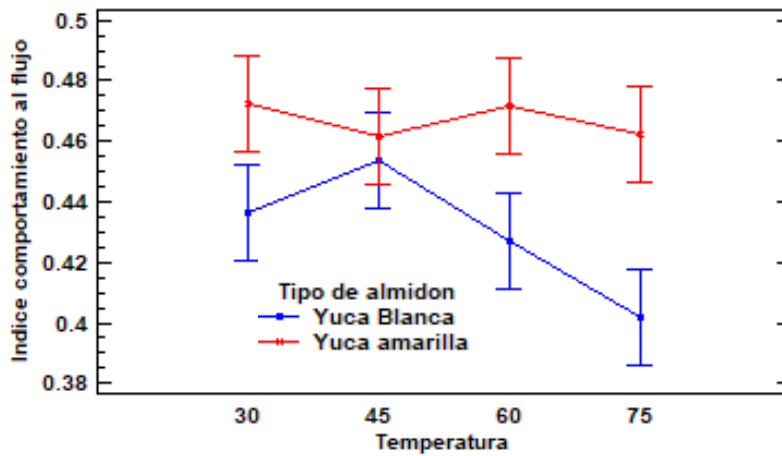


Figura 8: Efecto de la Concentración y temperatura en los parámetros reológicos del modelo pseudoplastico de geles de almidón de yuca blanca y yuca amarilla.

Según la figura 8, los resultados de los ajustes del modelo reológico pseudoplástico para los geles de almidón de yuca blanca y yuca amarilla, se observan diferencias notables en las propiedades de flujo de los dos materiales. A pesar de que ambas variedades de yuca comparten la misma especie botánica, las diferencias en los procesos de crecimiento, composición química y estructura de los almidones pueden influir en sus comportamientos reológicos. En general, los geles de almidón de yuca blanca mostraron índices de consistencia más altos en comparación con los de yuca amarilla. Esto indica que, a las mismas condiciones de concentración y temperatura, el gel de almidón de yuca blanca tenía una mayor resistencia al flujo en comparación con el de yuca amarilla. En términos del índice de comportamiento al flujo, ambos tipos de yuca exhibieron un comportamiento pseudoplástico, donde la viscosidad disminuye con el aumento de la velocidad de deformación. Sin embargo, los geles de yuca amarilla mostraron índices de comportamiento al flujo más altos en general, lo que indica una mayor sensibilidad a las variaciones en la velocidad de deformación en comparación con los geles de yuca blanca.

Ambas variedades de yuca mostraron una disminución en la viscosidad a medida que aumentaba la temperatura, lo que es coherente con el comportamiento pseudoplástico. Sin embargo, las variaciones en la viscosidad con respecto a la temperatura fueron más pronunciadas en los geles de yuca amarilla en comparación con los de yuca blanca. Esto sugiere que la yuca amarilla puede ser más sensible a los cambios de temperatura en términos de sus propiedades reológicas.

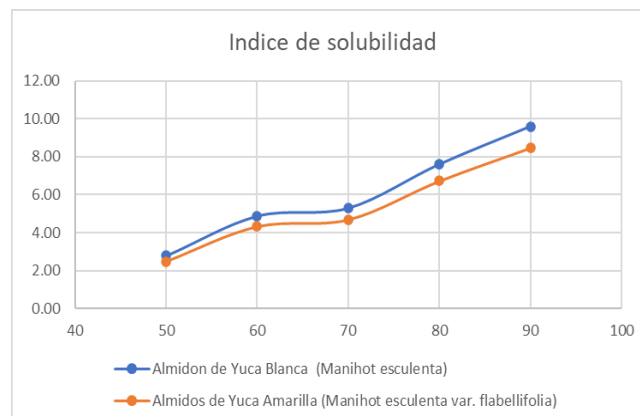
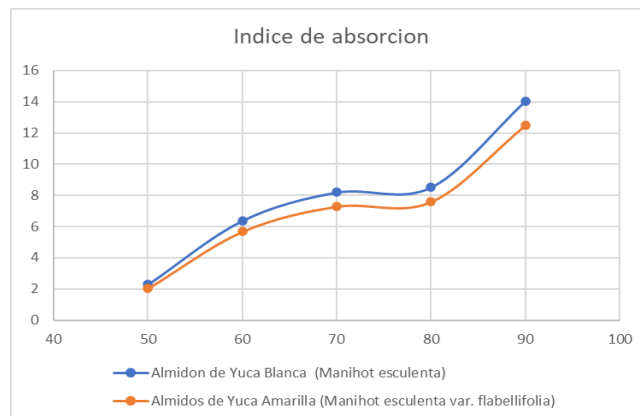
Ambas variedades presentaron altos valores de R^2 , indicando que el modelo pseudoplástico se ajustó bien a los datos experimentales para ambas muestras. Esto implica que el modelo utilizado es adecuado para describir el comportamiento reológico de los geles de almidón de ambas variedades de yuca.

Las diferencias en las propiedades reológicas entre las variedades de yuca tienen implicaciones prácticas en diversas aplicaciones, como la industria alimentaria. Por ejemplo, un gel de almidón con un índice de comportamiento al flujo más alto puede ser preferible en ciertos procesos de producción para garantizar una

consistencia específica del producto final. Mientras que ambas variedades de yuca exhiben comportamientos pseudoplásticos, las diferencias en los índices de consistencia y comportamiento al flujo indican variaciones significativas en sus propiedades reológicas. Estas diferencias deben considerarse cuidadosamente en aplicaciones industriales para garantizar la calidad y consistencia deseada en los productos finales. Además, estas variaciones ofrecen oportunidades para investigaciones adicionales para comprender mejor las razones detrás de estas diferencias y cómo se pueden aplicar en aplicaciones específicas (Sun y Yoo, 2015).

4.5 EVALUACIÓN LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA.

Se evaluaron las propiedades funcionales Índice de absorción, Índice de solubilidad y poder de hinchamiento para los almidones extraídos de yuca blanca y yuca amarilla.



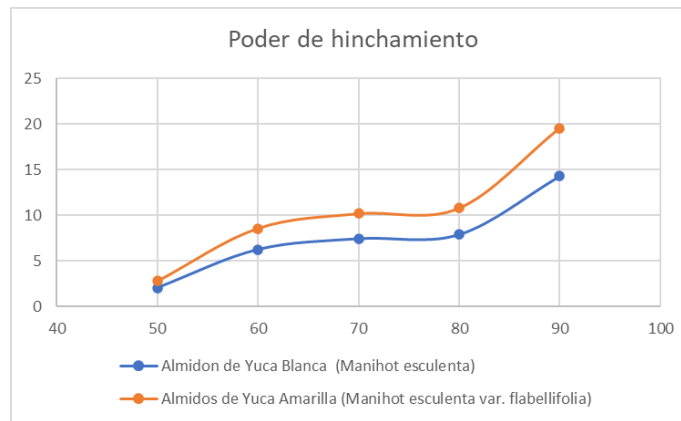


Figura 9: Propiedades funcionales de almidón de yuca blanca y yuca amarilla.

Para el índice de absorción del almidón de yuca, los resultados muestran consistentemente que el almidón de yuca blanca tenía una mayor capacidad de absorción en comparación con el de yuca amarilla a todas las temperaturas evaluadas. Estas diferencias en los índices de absorción pueden deberse a variaciones en la estructura química o en la composición de los almidones de las dos variedades de yuca, y tienen implicaciones importantes en diversas aplicaciones industriales, como la industria alimentaria y de procesamiento de alimentos (Vargas, Martínez y Velezmoro, 2016).

En el análisis de los índices de solubilidad de los almidones de yuca blanca (*Manihot esculenta*) y yuca amarilla (*Manihot esculenta* var. *flabellifolia*) a diversas temperaturas, se revelaron patrones interesantes que delinearon las diferencias entre estas variedades. Estos datos sugieren que el almidón de yuca blanca tenía una tendencia a ser ligeramente más soluble que el de yuca amarilla en estas temperaturas. El análisis de los índices de solubilidad reveló que el almidón de yuca blanca mostró una mayor solubilidad en comparación con el de yuca amarilla a todas las temperaturas evaluadas. Estas diferencias podrían atribuirse a variaciones en la estructura química o en la composición de los almidones de las dos variedades de yuca. Estos hallazgos son fundamentales para entender las propiedades funcionales de estos almidones y tienen implicaciones importantes en diversas aplicaciones industriales, como en la industria alimentaria y de procesamiento de alimentos (Solarte-Montúfar, et al 2019).

En el análisis del poder de hinchamiento de los almidones de yuca blanca (*Manihot esculenta*) y yuca amarilla (*Manihot esculenta* var. *flabellifolia*) a diversas temperaturas, a medida que la temperatura aumentaba, se observaron tendencias consistentes en las diferencias de hinchamiento. Reveló que el almidón de yuca amarilla mostró una tendencia a tener un mayor poder de hinchamiento en comparación con el de yuca blanca a todas las temperaturas evaluadas

En la tabla 9 se presentan los parámetros amilográficos para el almidón de yuca obtenido de cada variedad. En el análisis amilográfico de los almidones de yuca blanca (*Manihot esculenta*) y yuca amarilla (*Manihot esculenta* var. *flabellifolia*) utilizando un amilógrafo Brabender, se obtuvieron resultados que revelan diferencias significativas en las propiedades de gelatinización entre estas variedades. Para el almidón de yuca blanca, el inicio de la gelatinización se registró a una temperatura de 63.4 °C, mientras que para el almidón de yuca amarilla fue ligeramente menor, a 58.3 °C. Esto indica que el almidón de yuca amarilla comenzó a gelatinizar a una temperatura más baja en comparación con el de yuca blanca.

Tabla 10: Parámetros amilográficos de almidón de yuca

	Almidón de Yuca Blanca (<i>Manihot esculenta</i>)	Almidón de Yuca Amarilla (<i>Manihot esculenta</i> var. <i>flabellifolia</i>)
Inicio de la gelatinización	63.4 °C	58.3 °C
Temperatura de gelatinización	85.0 °C	89.5 °C
Máxima gelatinización	519 AU	371 AU

La temperatura de gelatinización, que representa el rango de temperaturas durante el cual el almidón se convierte en una pasta viscosa, también mostró diferencias notables. Para el almidón de yuca blanca, esta temperatura fue de 85.0 °C, mientras que para el almidón de yuca amarilla fue más alta, alcanzando los 89.5 °C. Esto indica que el almidón de yuca amarilla requirió temperaturas

más altas para gelatinizarse completamente en comparación con el almidón de yuca blanca.

Según la figura 10, el punto máximo de gelatinización, representado en unidades amilográficas (AU), también mostró variaciones significativas. El almidón de yuca blanca alcanzó un máximo de gelatinización de 519 AU, mientras que el de yuca amarilla alcanzó un máximo más bajo, de 371 AU. Esta diferencia en los valores máximos de gelatinización indica que el almidón de yuca blanca pudo formar una pasta más viscosa y con mayor capacidad de retención de agua en comparación con el almidón de yuca amarilla durante el proceso de gelatinización.

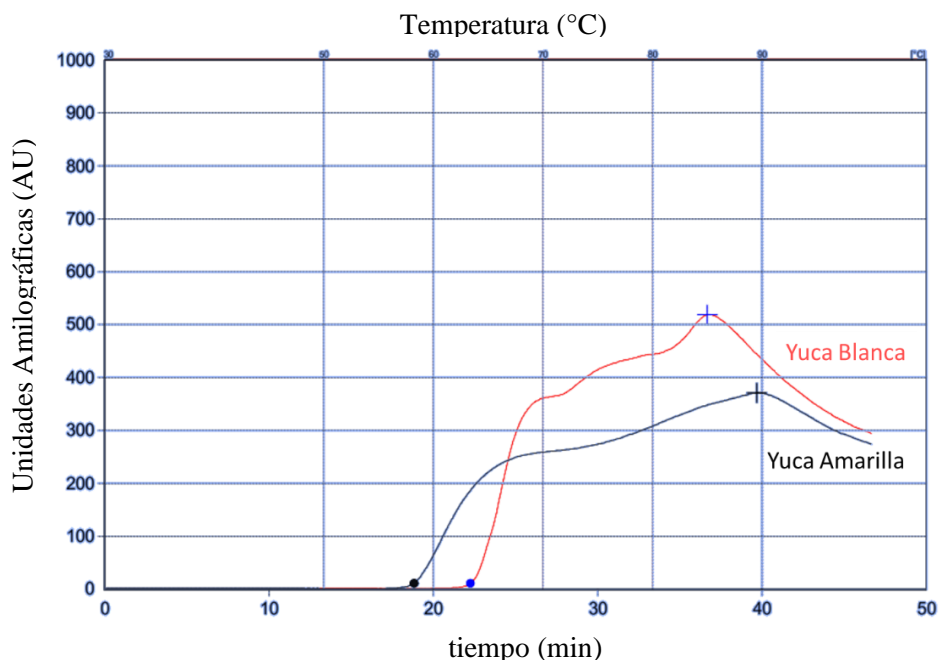


Figura 10: Amilograma de almidón de yuca blanca y yuca amarilla.

Los resultados del análisis amilográfico indican que el almidón de yuca blanca exhibió propiedades de gelatinización más favorables en términos de temperaturas más bajas de inicio de gelatinización, temperaturas más bajas de gelatinización completa y un mayor pico de viscosidad en comparación con el almidón de yuca amarilla. Estas diferencias son cruciales para entender las características funcionales de estos almidones y pueden influir en su aplicabilidad en diversas industrias, especialmente en la industria alimentaria (Meaño, Ciarfella y Dorta, 2014).

V. CONCLUSIONES

- En términos de características fisicoquímicas, se identificaron diferencias notables en su composición tales como, Humedad (70.22 %), Proteínas (1.62 %) y cenizas (1.41 %), en la variedad blanca, frente a la de la variedad amarilla; Humedad (66.21 %), Proteínas (1.52 %) y cenizas (1.39 %).
- La composición proximal del almidón extraído de ambas variedades, se observó una composición única en cada tipo de yuca. Siendo Humedad (10.56 %), Proteínas (0.064 %), Lípidos (0.199 %) y Ceniza (0.332 % para el almidón de yuca blanca; y Humedad (9.505 %), Proteínas (0.054 %), Lípidos (0.168 %) y Ceniza (0.280 %) para el almidón de yuca amarilla.
- La composición específica de proteínas, grasas, humedad y cenizas variaba entre las variedades, lo que demuestra su diversidad nutricional y su potencial para diferentes aplicaciones en la industria alimentaria.
- Los reogramas revelaron patrones específicos en relación con las velocidades de deformación y el esfuerzo de corte para los geles de almidón de yuca blanca y amarilla, evaluados a concentraciones de 3 %, 6 % y 9%; y temperaturas de 30 °C, 45 °C, 60 °C y 75 °C. siguen un comportamiento pseudoplástico..
- En términos de propiedades funcionales, se encontraron diferencias significativas entre el almidón de yuca blanca y amarilla. Estas diferencias en las propiedades funcionales, como la capacidad de absorción, la solubilidad y el poder de hinchamiento, tienen implicaciones directas en su aplicabilidad en diversas industrias, particularmente en la industria alimentaria, donde estas propiedades son fundamentales para determinar la calidad de los productos finales.
- Se determinaron los parámetros amilograficos del almidón de dos variedades de yuca, obteniendo Temperatura de gelatinización de 85 °C para almidón de yuca blanca y 89.5 °C para el almidón de yuca amarilla y una máxima gelatinización de 519 AU y 371 AU, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios más detallados que incluyan un mayor número de muestras de diferentes orígenes geográficos. Esto permitirá una comprensión más completa de la variabilidad intrínseca en estas variedades y ayudará a orientar prácticas agrícolas para mejorar la calidad del almidón.
- Optimización de los procesos de extracción del almidón de yuca blanca y amarilla para mejorar los rendimientos y la pureza del almidón extraído. Esto podría implicar el uso de diferentes técnicas de extracción y purificación para maximizar la calidad del almidón obtenido.
- Realizar estudios aplicados para evaluar las posibles aplicaciones industriales de estos almidones en la industria alimentaria y otras industrias relacionadas. Esto podría incluir investigaciones sobre la viabilidad de estos almidones en la producción de alimentos procesados, productos de panadería, productos de confitería, entre otros.
- Realizar estudios de estabilidad para evaluar cómo los productos elaborados con estos almidones se comportan durante el almacenamiento a diferentes condiciones (temperatura, humedad, etc.).

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Jdayill, B.; Mohameed, H.; Eassa, A. (2017) Rheology of wheat starch-milk-sugar-systems: effect of starch concentration, sugar type and concentration, and milk fat content. *Journal of Food Engineering*, v.
- Afonso, M., Araújo, M. (2017) Comportamento reológico e de textura de géis de Fécula de Araruta (*Maranta arundinaceaea* L.), Mandioca (*Manihote sculenta* Crantz) e Amido Milho (*Zea mays*).
- Albano, K. (2012). Comportamento reológico de géis de amido de mandiocinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza* B.).
- Albuquerque, T.; Miranda, L.; Salim, J.; Teles, F.; Quirino, J. (2009). Composição centesimal da raiz de 10 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivadas em Minas Gerais. *Revista Brasileira da Mandioca*, v.12, n.1, p.7-12.
- Amorim, A. (2012). Caracterização reológica da mistura de Carboximetilcelulose com amido de milho e Avaliação da microestrutura para estudo de viabilidade em aplicações tecnológicas. Trabalho de Graduação, UEZO.
- Araújo, M. S., da Rocha Afonso, M. V., Mendes, N. D. S. R., de Souza, A. R. M., Silveira, M. F. A., & de Moraes Carvalho, D. (2020). Rheological behavior and texture of corn starch gels (*Zea mays*), arrowroot (*Maranta arundinaceaea* L.) and cassava (*Manihote sculenta* Crantz). *Research, Society and Development*, 9(12), e16191210868-e16191210868.
- Barnes, H., Hutton, J., Walters, K. (2011). *An Introduction to Rheology; FirstEdition*, New York, USA; Elsevier.
- Bello-Pérez, L., Montealvo, M., Acevedo, E. (2016) Amidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO FM & MENEZES EW *Carboidratos em alimentos regional e ibero-americano*. São Paulo, Edusp. cap.1. p.17-46.
- Beninca, C., Colman, T. A. D., Lacerda, L. G., Carvalho Filho, M. A. S., Bannach, G., & Schnitzler, E. (2013). The thermal, rheological and structural properties of

- cassava starch granules modified with hydrochloric acid at different temperatures. *Thermochimica Acta*, 552, 65-69.
- Bird, R., Stewart, W., Lightfoot, E. (2005). *Fenômenos do Transporte*, Universidade de Wisconsin, edição internacional Wiley.
- Bobbio, F.; Bobbio, P. (1995) *Introdução à química dos alimentos*. 2ª ed. São Paulo, SP, Livraria Varela.
- Brasil (2015) Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2015. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. DOU 22/09/2015, Brasília, DF: ANVISA.
- Bretas, R.; D'ávila, M. (2015). *Reologia de polímeros fundidos*. 2. ed. São Carlos: Ed. UFSCar.
- Casali, V.; Sedyama, M. (1997). Origem e botânica da mandioca-salsa. *Informe Agropecuário*, v. 19, p. 13-14.
- Chisenga, S. M., Workneh, T. S., Bultosa, G., & Alimi, B. A. (2019). Progress in research and applications of cassava flour and starch: a review. *Journal of food science and technology*, 56, 2799-2813.
- Chramm, G. (2006). Em *Reologia e Reometria: Fundamentos teóricos e práticos*; Mothe, C.; Correia, D. Z.; Petri, H. M.; Goncalves, M.; Carestiato, T.. eds.; Artliber Ed. Ltda: Sao Paulo. caps. 1, 2 e 3.
- Dak, M.; Verma, R.; Jaafrey, S. (2017). Effect of temperature and concentration on rheological properties of “Kesar” mango juice. *Journal of Food Engineering, Davis*, v.80, p.1011–1015.
- Dak, M.; Verma, R.; Jaafrey, S. (2007). Effect of temperature and concentration on rheological properties of “Kesar” mango juice. *Journal of Food Engineering, Davis*, v.80, p.1011–1015.
- Dealy, J., Wissburn, K. (2015) *Melt Rheology and its role in processing- theory and applications*. News York: Van Nostrand Reinhold. P.332-336.

- Eliasson, A. (2014) Carbohydrates in food. New York: Marcel Dekker. 664p.
- Eliasson, A. (2016) Starch in food – Structure, function and applications. New York: Boca Raton, CRC. 605p.
- Enríquez C., Mario, Velasco M., Reinaldo, & Fernandez Q., Alejandro. (2013). Caracterización de almidones de yuca nativos y modificados para la elaboración de empaques biodegradables. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(spe), 21-30. Retrieved October 31, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000300003&lng=en&tlng=es.
- FAO. (2005). Statistical datas. Disponível em: <<http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl>>. Acessado em: 20 de Abril de 2021.
- Franco, C. (2001). Propriedades do Amido, In: *Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Propriedades Gerais do Amido*. Campinas: Fundação Cargill, v.1.
- Galindo-Rosales, F. (2010). Static and dynamic yield stresses of Aerosil 200 suspension in polypropylene glycol, *Applied Rheology* 20(2). 22787.
- Galliard, D.; Bowler, P. (2007) Morphology and composition of starch. In: *Starch properties and potential*. Chichester, Willey. p.55-78.
- Gozzo, A. (2008). Comportamento reologico e termico de sistemas amido de amaranto-caseinato de sodio: efeito da adição de açúcar e tempo de acidificação.
- Guerreiro, L. (2008). Estudo reologico dos amidos de amaranto, de mandioca e de suas misturas, sob condições de acidez e tratamento termico.
- Henry, R. (1985) A comparison of the non-stach carbohydrates in cereals grains. *Journal Science of Food Agriculture*, 36:1243-1253.
- Hizukuri, S., Takeda Y., Yasuda M. (1981) Multi- branched nature of amylose and the action of debranching enzymes. *Carbohydrate Research*, v. 94, p.205-213.

- Karam, L.; Grossmann, M.; Silva, R.; Ferrero, C.; Zaritzky, N. (2015) Gel textural characteristics of corn, cassava and yam starch blends: a mixture surface response methodology approach. *Starch/Stärke*, v. 57, p. 62-70.
- Leite, T. D., Nicoleti, J. F., Penna, A. L. B., & Franco, C. M. L. (2012). Effect of addition of different hydrocolloids on pasting, thermal, and rheological properties of cassava starch. *Food Science and Technology*, 32, 579-587.
- Li, S., Ye, F., Zhou, Y., Lei, L., & Zhao, G. (2019). Rheological and textural insights into the blending of sweet potato and cassava starches: In hot and cooled pastes as well as in fresh and dried gels. *Food Hydrocolloids*, 89, 901-911.
- Lineback, D. (2016). Textural attributes of carbohydrate: rich foods as influenced by chemical reactions during processing. In: Fennema, O.R.; Chang, W.H.; Lii, C.Y. *Role of chemistry in the quality of processed food*. Westport: Food & Nutrition Press. p.290-302.
- Machado, J. (2012). Reologia e escoamento de fluídos – ênfase na indústria de petróleo. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 21-43.
- Macosko, C. (2014) – *Rheology - Principles, Measurements and Applications*. New York, John Wiley & Sons Inc.
- Marques, P.; Pérego, C.; Le Meins, J.; Borsali, R.; Soldi, V. (2016) Study of gelatinization process and viscoelastic properties of cassava starch: effect of sodium hydroxide and ethylene glycol diacrylate as cross-linking agent. *Carbohydrate Polymers*, v. 66, n. 3, p. 396-407.
- Matsuguma (2009). Characterization of native and oxidized starches of two varieties of Peruvian carrot (*Arracacia Xanthorrhiza*, B.) from two production areas of Paraná state, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 52. p.701-713.
- Meaño Correa, N., Ciarfella Pérez, A. T., & Dorta Villegas, A. M. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber*, 26(2), 182-188.

- Mollega, Sebastián, barrios, Simón E, Feijoo, José L, Contreras, Jesús M, Müller, Alejandro J, & López-Carrasquero, Francisco. (2011). Modificación química de almidón de yuca nativo mediante la reacción de carboximetilación en medio acuoso. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 26(1), 117-128. Recuperado en 31 de octubre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652011000100012&lng=es&tlng=es.
- Moraes-Dallaqua, M. de.; Coral, D. (2002). Morfo-anatomía. In: Cereda, M. P. (Coord.). *Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas*. São Paulo: Fundação Cargill. 540p. (Série: culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas).
- Munhoz, M., Weber F., Chang Y. (2016) Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. n. 3, 24:403-406.
- Navarro, O. P., Chong, N. L., Suarez, E. G., & Valmaseda, C. V. (2017). Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados. *Afinidad*, 74(580).
- Nultsch, W. (2010) *Botânica geral*. 10.ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul. 489p.
- Ojewumi, M. E., Oyeyemi, K. G., Emeteri, M. E., & Okeniyi, J. O. (2018). Data on the rheological behavior of cassava starch paste using different models. *Data in Brief*, 19, 2163-2177.
- Omotioma, M., Mba, G. O., Okonkwo, O. F., & Okoye, C. O. (2012). Rheological characteristics of adhesive material produced from locally sourced cassava starch. *International Journal of Environmental Science, Management and Engineering Research*, 1(6), 211-213.
- Osundahunsi, O. F., & Mueller, R. (2011). Dynamic rheological and physicochemical properties of annealed starches from two cultivars of cassava. *Carbohydrate Polymers*, 83(4), 1916-1921.

- Paterson, J.; Hardacre, A.; Li, P.; Rao, M. (2001). Rheology and granule size distributions of corn starch dispersions from two genotypes and grown in four regions. *Food Hydrocolloids*, v. 15, p.453-459.
- Peroni, F. (2013) Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto, 118p.
- Peroni, F.; Rocha, T.; Franco, C. (2006). Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. *Food Science and Technology International*, v. 12, n. 6, p. 505-513.
- Precha-Atsawan, S., Uttapap, D., & Sagis, L. M. (2018). Linear and nonlinear rheological behavior of native and debranched waxy rice starch gels. *Food Hydrocolloids*, 85, 1-9.
- Rêgo C. (2013) Formação do amido.
- Reiner, M. (2015). The Deborah Number. *Physics Today*. January: 62.
- Rocha, T.; Demiate, I.; Franco, C. (2008). Características estruturais e físicoquímicas de Amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, p. 620-628.
- Sanchez, T., Dufour, D., Moreno, I. X., & Ceballos, H. (2010). Comparison of pasting and gel stabilities of waxy and normal starches from potato, maize, and rice with those of a novel waxy cassava starch under thermal, chemical, and mechanical stress. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(8), 5093-5099.
- Shahzad, S. A., Hussain, S., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Ahmed, A. S., Ibraheem, M. A., & Abdo Qasem, A. A. (2019). Use of hydrocolloid gums to modify the pasting, thermal, rheological, and textural properties of sweet potato starch. *International Journal of Polymer Science*, 2019, 1-11.
- Singh, N. (2013) Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 81:219-231.

- Skalak, R., Chien, S., Schmid-Schönbein, G., Sung K., Schmalzer E. (2017). Viscoelastic properties of leukocytes. *Kroc Found Ser.* 16:19–51
- Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6), 35-44.
- Steffe, J. (2016). *Rheological methods in food process engineering*. 2a ed. East Lansing: Freeman Press. 418p.
- Sun, D., & Yoo, B. (2015). Effect of tapioca starch addition on rheological, thermal, and gelling properties of rice starch. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 205-211.
- Ternes, M. (2018). Fisiologia da planta. In: Cereda, M. P. (Coord.). *Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas*. São Paulo: Fundação Cargill. 540p. (Série: culturas de tuberosas amiláceas latino – americanas.
- Tharanathan, R. (2018) Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. *Critical Reviews in Biotechnology*, 22:65-84.
- Vargas Luna, L. (2013). Análisis de la competitividad del sector agroindustrial de la fécula de papa en el mercado local (2001-2010).
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(SPE), 223-230.
- Vriesmann, L. (2018). Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): structural characterization of a pectic fraction. *Carbohydrate Polymers*, p. 2-4.
- Walter, M, Silva, L., Emanuelli, T. (2015) Amido resistente: características físicoquímicas, propiedades fisiológicas e metodologias de quantificação. *Ciências Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 4.
- Wang, L.; White, P. (1994) Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. *Cereal Chem.*, n .3, 71:263-268.

Wang, X., Wang, H., Song, J., Zhang, Y., & Zhang, H. (2018). Understanding the structural characteristics, pasting and rheological behaviours of pregelatinised cassava starch. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(9), 2173-2180.

Whistler R.,; Daniel Jr. (2013) Carbohidratos. In: Fennema, O.R. *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia. p.81-156.

Wong, D. (2009) *Mechanism and Theory in Food Chemistry*, Ed. Van Nostrand Reinhold, 428p.

Yanovsky, Y. (2013) "Polymer rheology theory and practice", Russian Academy of Sciences, Moscow, Rússia.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA BLANCA Y AMARILLA.



Fig. 01: Pesado de yuca Blanca



Fig. 02: Pesado de yuca Amarilla



Fig. 03: Lavado de yuca Blanca



Fig. 04: Lavado de yuca Amarilla



Fig. 05: Pelado de yuca Blanca



Fig. 06: Pelado de yuca Amarilla



Fig. 07: Cortado de yuca Blanca



Fig. 08: Cortado de yuca Amarilla



Fig. 09: Cortado de yuca Blanca y Amarilla



Fig. 10: Remojado de yuca Blanca y Amarilla



Fig. 11: Remojado de yuca Blanca y Amarilla



Fig. 12: Rayado de yuca Blanca



Fig. 13: Rayado de yuca Amarilla

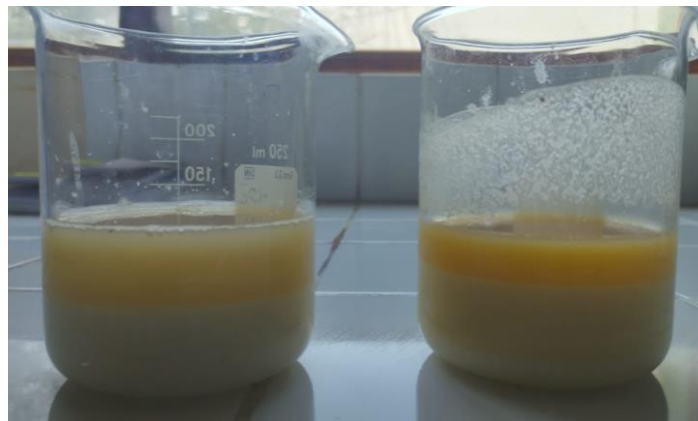


Fig. 14: Filtrado de yuca Blanca y Amarilla



Fig. 15: Sedimentado de yuca Blanca y Amarilla



Fig. 16: Secado de almidón de yuca Blanca y Amarilla



Fig. 17: Envasado de almidón de yuca Blanca y Amarilla

ANEXO 2: OBTENCIÓN DEL GEL



Fig. 18: Pesado de almidón de yuca Blanca y Amarilla;
Volumen total de 200 ml (2%)



Fig. 19: Pesado de almidón de yuca Blanca y Amarilla;
Volumen total de 200 ml (4%)



Fig. 20: Pesado de almidón de yuca Blanca y Amarilla;
Volumen total de 200 ml (6%)

AGREGAR AGUA



Fig. 21: Dilución de almidón de yuca Blanca y Amarilla



Fig. 21: Calentamiento de la mezcla almidón de yuca Blanca y Amarilla con agua.

ANEXO 3: ANÁLISIS REOLÓGICO DE LOS GELES DE ALMIDÓN DE YUCA BLANCA Y AMARILLA



Fig. 22: Preparación del gel de almidón de yuca Blanca y Amarilla en el porta muestra del Reómetro



Fig. 23: Preparación del Reómetro para lectura

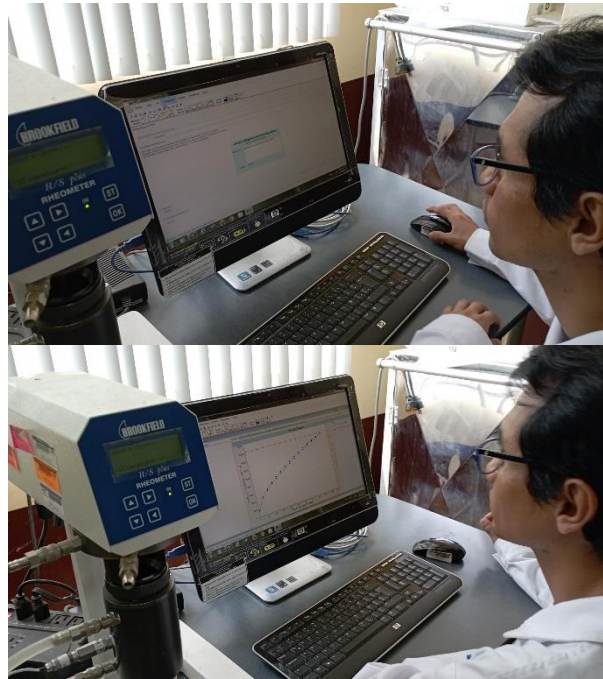


Fig. 24: Análisis reológico del gel de Almidón de yuca Blanca y Amarilla

ANEXO 4: ANALISIS DE VARIANZA LA COMPOSICION PROXIMAL PARA VARIEDADES DE YUCA

Tabla ANOVA para Humedad por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	24.1202	1	24.1202	83.68	<i>0.0008</i>
Intra grupos	1.153	4	0.28825		
Total (Corr.)	25.2732	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca amarilla	3	66.21	X
Yuca blanca	3	70.22	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca	*	-4.01	1.21711

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para Proteina por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.015	1	0.015	0.34	0.5927
Intra grupos	0.178	4	0.0445		
Total (Corr.)	0.193	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Proteína por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca amarilla	3	1.52	X
Yuca blanca	3	1.62	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca	*	-0.1	0.478217

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para Lipidos por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0024	1	0.0024	3.69	0.1270
Intra grupos	0.0026	4	0.00065		
Total (Corr.)	0.005	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Lipidos por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca blanca	3	0.22	X
Yuca amarilla	3	0.26	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca		0.04	0.057796

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para Cenizas por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0006	1	0.0006	0.48	0.5265
Intra grupos	0.005	4	0.00125		
Total (Corr.)	0.0056	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Cenizas por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca amarilla	3	1.39	X
Yuca blanca	3	1.41	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca	*	-0.02	0.0801493

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 5: ANALISIS DE VARIANZA LA COMPOSICION PROXIMAL DEL ALMIDON SEGUN VARIEDADES DE YUCA

Tabla ANOVA para Humedad de almidón por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.66954	1	1.66954	8.89	0.0407
Intra grupos	0.7514	4	0.18785		
Total (Corr.)	2.42094	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad de almidón por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca amarilla	3	9.505	X
Yuca blanca	3	10.56	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca	*	-1.055	0.98254

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para Proteína de almidón por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00015	1	0.00015	0.49	0.5218
Intra grupos	0.00122	4	0.000305		
Total (Corr.)	0.00137	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Proteína de almidón por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca amarilla	3	0.054	X
Yuca blanca	3	0.064	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca	*	-0.01	0.0395908

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para Lípidos de almidón por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0014415	1	0.0014415	0.57	0.4918
Intra grupos	0.01009	4	0.0025225		
Total (Corr.)	0.0115315	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Lípidos de almidón por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca amarilla	3	0.168	X
Yuca blanca	3	0.199	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca		-0.031	0.113857

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para Cenizas de almidón por Variedad de yuca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.004056	1	0.004056	2.60	0.1824
Intra grupos	0.00625	4	0.0015625		
Total (Corr.)	0.010306	5			

Pruebas de Múltiple Rangos para Cenizas de almidón por Variedad de yuca

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yuca amarilla	3	0.28	X
Yuca blanca	3	0.332	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Yuca amarilla - Yuca blanca	*	-0.052	0.0896097

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 6: REPORTE DE ANÁLISIS REOLÓGICOS.

Gel de almidón de yuca amarilla 3% 30°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad deformacion (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	0.752	1.010	0.7765
2	12	4.334	12.007	0.376
3	18	6.226	23.005	0.281875
4	24	7.516	34.003	0.23025
5	30	8.578	45.001	0.1985
6	36	9.523	55.998	0.177125
7	42	10.384	66.996	0.1615
8	48	11.198	77.994	0.149625
9	54	11.959	88.992	0.14
10	60	12.690	99.989	0.13225

Gel de almidon de yuca amarilla 3% 45°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad deformacion (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	0.000	1.010	0.6721
2	12	3.115	12.007	0.27025
3	18	4.782	23.005	0.2165
4	24	5.819	34.003	0.17825
5	30	6.766	45.001	0.156625
6	36	7.555	55.998	0.1405
7	42	8.300	66.996	0.129
8	48	8.990	77.994	0.120125
9	54	9.596	88.992	0.112375
10	60	10.190	99.989	0.106125

Gel de almidón de yuca amarilla 3% 60°C

Número	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad deformacion (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	0.000	1.010	0.2341
2	12	1.823	12.007	0.158125
3	18	2.924	23.005	0.132375
4	24	3.780	34.003	0.11575
5	30	4.447	45.001	0.103
6	36	5.092	55.998	0.09475
7	42	5.672	66.996	0.08825
8	48	6.128	77.994	0.081875
9	54	6.641	88.992	0.07775
10	60	7.057	99.989	0.0735

Gel de almidón de yuca amarilla 3% 75°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	Velocidad deformacion (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	0.430	1.010	0.443
2	12	2.614	12.007	0.22675
3	18	3.972	23.005	0.179875
4	24	5.039	34.003	0.154375
5	30	5.736	45.001	0.13275
6	36	6.473	55.998	0.120375
7	42	7.104	66.996	0.1105
8	48	7.652	77.994	0.10225
9	54	8.238	88.992	0.096375
10	60	8.729	99.989	0.091

Gel de almidón de yuca amarilla 6% 30°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	19.193	0.994	20.1121
2	12	51.791	11.996	4.4973
3	18	68.014	22.995	3.0810
4	24	81.532	33.996	2.4983
5	30	93.396	44.998	2.1620
6	36	104.117	55.997	1.9368
7	42	113.998	66.998	1.7724
8	48	123.061	77.998	1.6435
9	54	131.557	89.000	1.5398
10	60	139.153	100.001	1.4495

Gel de almidon de yuca amarilla 6% 45°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	14.425	0.994	15.1158
2	12	36.840	11.996	3.1990
3	18	47.315	22.995	2.1433
4	24	55.882	33.996	1.7123
5	30	63.371	44.997	1.4670
6	36	70.054	55.997	1.3031
7	42	76.312	66.998	1.1865
8	48	82.145	78.000	1.0970
9	54	87.792	89.000	1.0275
10	60	92.936	100.001	0.9681

Gel de almidon de yuca amarilla 6% 60°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	12.272	0.994	12.8601
2	12	30.372	11.996	2.6374
3	18	38.886	22.995	1.7615
4	24	45.115	33.996	1.3824
5	30	50.615	44.997	1.1718
6	36	55.612	55.998	1.0345
7	42	59.975	66.998	0.9325
8	48	64.104	78.000	0.8561
9	54	67.891	89.000	0.7946
10	60	71.635	100.001	0.7463

Gel de almidon de yuca amarilla 6% 75°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	11.144	0.994	11.6785
2	12	27.042	11.995	2.3484
3	18	34.147	22.995	1.5469
4	24	39.529	33.996	1.2113
5	30	44.087	44.997	1.0206
6	36	48.128	55.998	0.8953
7	42	51.954	66.998	0.8078
8	48	55.294	78.000	0.7385
9	54	58.548	89.000	0.6853
10	60	61.812	100.001	0.6439

Gel de almidon de yuca amarilla 9% 30°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	58.650	0.994	61.4576
2	12	154.480	11.995	13.4156
3	18	195.163	22.995	8.8408
4	24	225.455	33.997	6.9079
5	30	250.552	44.997	5.8003
6	36	272.550	55.998	5.0699
7	42	292.561	66.999	4.5486
8	48	310.051	78.000	4.1406
9	54	325.567	89.000	3.8105
10	60	341.927	100.001	3.5618

Gel de almidon de yuca amarilla 9% 45°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	40.450	0.994	15.1158
2	12	104.154	11.995	3.1990
3	18	133.712	22.995	2.1433
4	24	155.922	33.996	1.7123
5	30	174.637	44.997	1.4670
6	36	190.903	55.998	1.3031
7	42	205.585	66.998	1.1865
8	48	218.309	78.000	1.0970
9	54	229.550	89.000	1.0275
10	60	240.496	100.001	0.9681

Gel de almidon de yuca amarilla 9% 60°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	26.586	0.994	12.8601
2	12	70.835	11.995	2.6374
3	18	91.337	22.995	1.7615
4	24	104.404	33.996	1.3824
5	30	115.543	44.997	1.1718
6	36	126.840	55.998	1.0345
7	42	135.328	66.998	0.9325
8	48	144.526	78.000	0.8561
9	54	151.336	88.999	0.7946
10	60	157.865	100.001	0.7463

Gel de almidon de yuca amarilla 9% 75°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	27.617	0.994	11.6785
2	12	68.651	11.995	2.3484
3	18	86.297	22.995	1.5469
4	24	99.098	33.996	1.2113
5	30	110.192	44.997	1.0206
6	36	119.897	55.998	0.8953
7	42	128.189	66.998	0.8078
8	48	136.248	78.000	0.7385
9	54	143.245	89.000	0.6853
10	60	149.174	100.001	0.6439

Gel de almidon de yuca blanca 3% 30°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	2.518	1.010	2.5974
2	12	7.428	12.007	0.6444
3	18	9.661	23.005	0.4375
4	24	11.477	34.003	0.3516
5	30	13.094	45.001	0.3031
6	36	14.663	55.996	0.2728
7	42	16.178	66.996	0.2515
8	48	17.658	77.994	0.2359
9	54	19.112	88.992	0.2238
10	60	20.557	99.989	0.2141

Gel de almidon de yuca blanca 3% 45°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	1.943	1.010	2.0045
2	12	6.064	12.007	0.5261
3	18	8.030	23.005	0.3636
4	24	9.499	34.003	0.2910
5	30	10.770	45.001	0.2493
6	36	11.989	55.998	0.2230
7	42	13.118	66.996	0.2040
8	48	14.220	77.994	0.1899
9	54	15.300	88.992	0.1791
10	60	16.337	99.989	0.1703

Gel de almidon de yuca blanca 3% 60°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	1.606	1.010	1.6565
2	12	5.195	12.007	0.4506
3	18	6.961	23.005	0.3153
4	24	8.213	34.003	0.2516
5	30	9.317	45.001	0.2156
6	36	10.313	55.998	0.1919
7	42	11.251	66.996	0.1749
8	48	12.144	77.994	0.1621
9	54	13.002	88.992	0.1523
10	60	13.808	99.989	0.1439

Gel de almidon de yuca blanca 3% 75°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	1.536	1.010	1.5843
2	12	4.610	12.007	0.4000
3	18	6.188	23.005	0.2803
4	24	7.271	34.003	0.2228
5	30	8.260	45.001	0.1913
6	36	9.124	55.998	0.1698
7	42	9.936	66.996	0.1545
8	48	10.716	77.994	0.1431
9	54	11.431	88.992	0.1338
10	60	12.126	99.989	0.1264

Gel de almidon de yuca blanca 6% 30°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	24.601	0.993	25.8126
2	12	69.659	11.996	6.0489
3	18	92.124	22.997	4.1729
4	24	110.118	33.996	3.3741
5	30	125.933	44.998	2.9153
6	36	140.675	55.998	2.6168
7	42	153.893	66.999	2.3926
8	48	166.225	78.000	2.2199
9	54	177.878	89.000	2.0819
10	60	188.594	100.001	1.9645

Gel de almidon de yuca blanca 6% 45°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	17.513	0.994	18.3519
2	12	47.082	11.996	4.0883
3	18	61.424	22.995	2.7825
4	24	72.853	33.996	2.2323
5	30	82.819	44.997	1.9173
6	36	91.502	55.997	1.7021
7	42	99.775	66.998	1.5513
8	48	107.200	78.000	1.4316
9	54	114.293	89.000	1.3378
10	60	120.864	100.001	1.2590

Gel de almidon de yuca blanca 6% 60°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	14.695	0.994	15.3986
2	12	38.497	11.995	3.3433
3	18	49.556	22.995	2.2449
4	24	58.354	33.996	1.7880
5	30	65.789	44.997	1.5230
6	36	72.509	55.997	1.3489
7	42	78.704	66.998	1.2236
8	48	84.391	78.000	1.1270
9	54	89.708	88.999	1.0500
10	60	94.693	100.001	0.9864

Gel de almidon de yuca blanca 6% 75°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	12.757	0.994	13.3684
2	12	32.173	11.995	2.7940
3	18	40.676	22.995	1.8426
4	24	47.472	33.997	1.4545
5	30	53.273	44.998	1.2333
6	36	58.324	55.998	1.0849
7	42	63.182	66.998	0.9824
8	48	67.400	78.000	0.9001
9	54	71.413	89.000	0.8359
10	60	75.005	100.001	0.7813

Gel de almidon de yuca blanca 9% 30°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	83.544	0.994	84.0427
2	12	223.621	11.995	18.6434
3	18	290.673	22.995	12.6405
4	24	343.942	33.996	10.1172
5	30	390.489	44.998	8.6780
6	36	432.876	55.998	7.7301
7	42	472.454	66.999	7.0516
8	48	507.098	78.000	6.5013
9	54	539.310	89.000	6.0596
10	60	567.784	100.001	5.6778

Gel de almidón de yuca blanca 9% 45°C

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	52.008	0.994	52.3182
2	12	127.329	11.995	10.6154
3	18	161.862	22.995	7.0389
4	24	188.984	33.996	5.5590
5	30	211.315	44.997	4.6963
6	36	230.428	55.997	4.1150
7	42	248.481	66.999	3.7087
8	48	265.319	78.000	3.4015
9	54	279.621	89.000	3.1418
10	60	292.421	100.001	2.9242

Gel de almidón de yuca blanca 9% 60°C

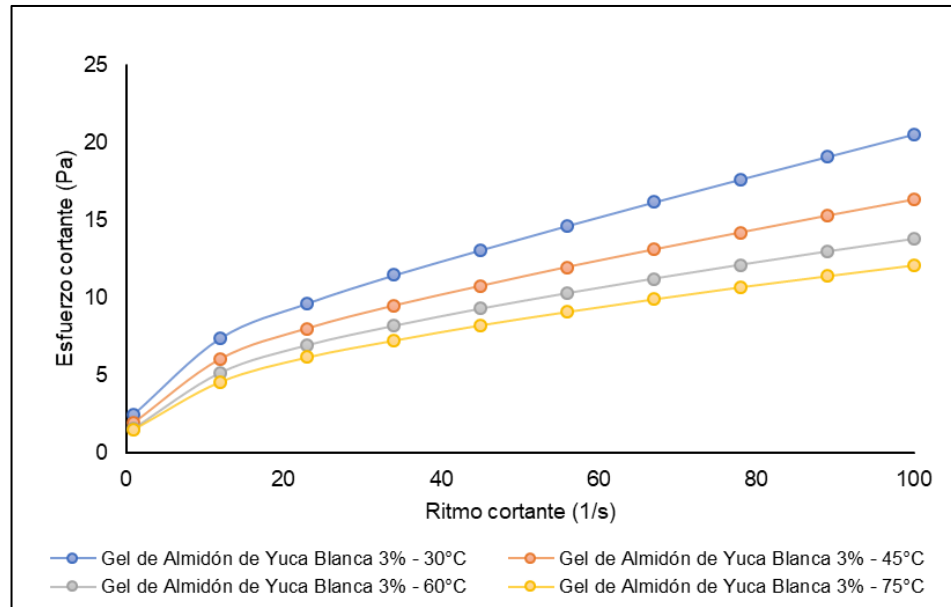
Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	47.880	0.994	48.166
2	12	116.641	11.995	9.724
3	18	148.262	22.995	6.448
4	24	172.452	33.996	5.073
5	30	194.640	44.997	4.326
6	36	211.673	55.998	3.780
7	42	228.205	66.999	3.406
8	48	242.507	78.000	3.109
9	54	256.042	89.000	2.877
10	60	269.141	100.001	2.691

Gel de almidon de yuca blanca 9% 75°C

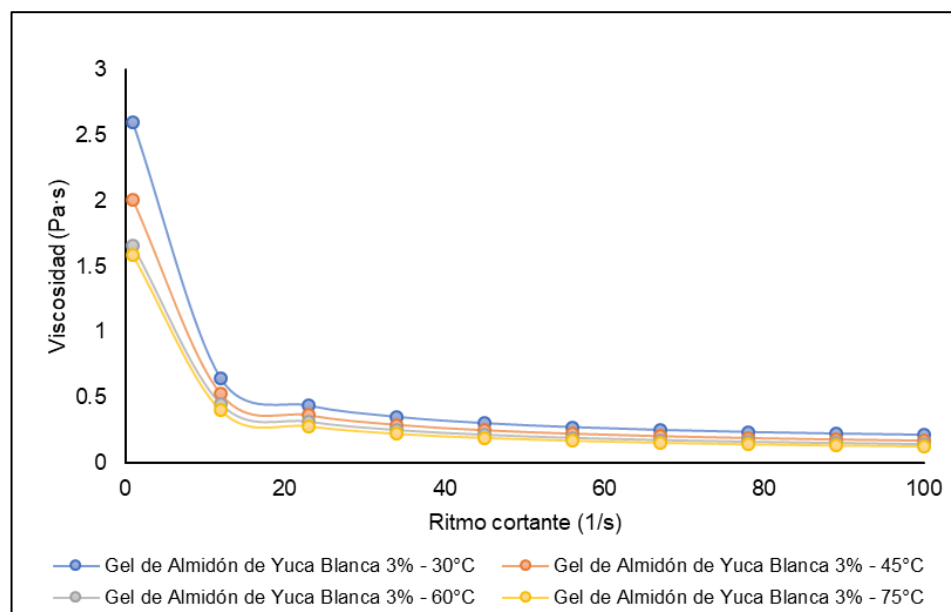
Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)
1	6	14.594	0.994	14.6815
2	12	39.235	11.996	3.2706
3	18	51.187	22.995	2.2260
4	24	60.711	33.996	1.7858
5	30	69.016	44.997	1.5338
6	36	76.252	55.997	1.3617
7	42	83.146	66.998	1.2410
8	48	89.333	78.000	1.1453
9	54	95.244	89.000	1.0702
10	60	100.720	100.001	1.0072

ANEXO 7: REOGRAMAS DE GELES DE ALMIDÓN DE YUCA

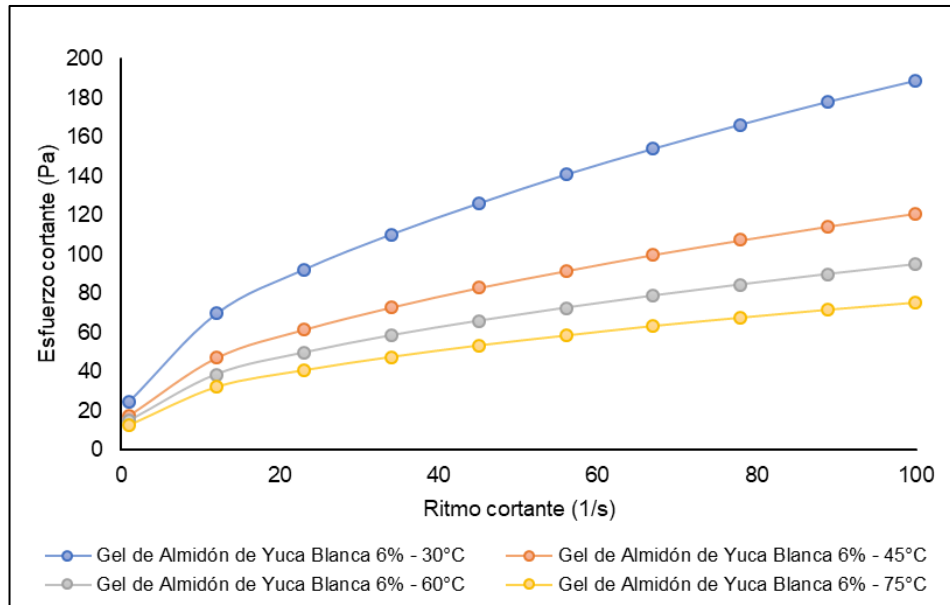
Evaluación de Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Blanca, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 3%



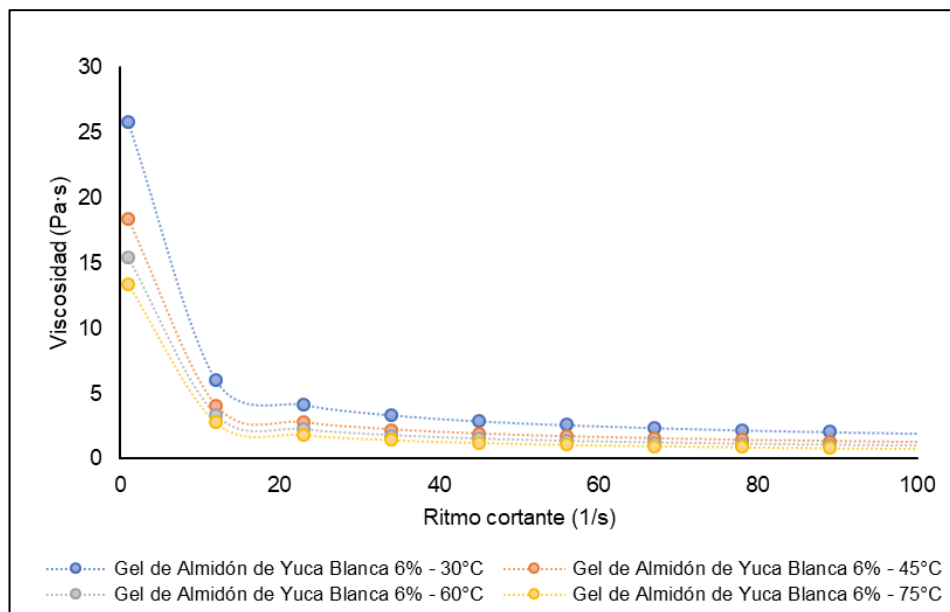
Evaluación de Viscosidad vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Blanca, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 3%



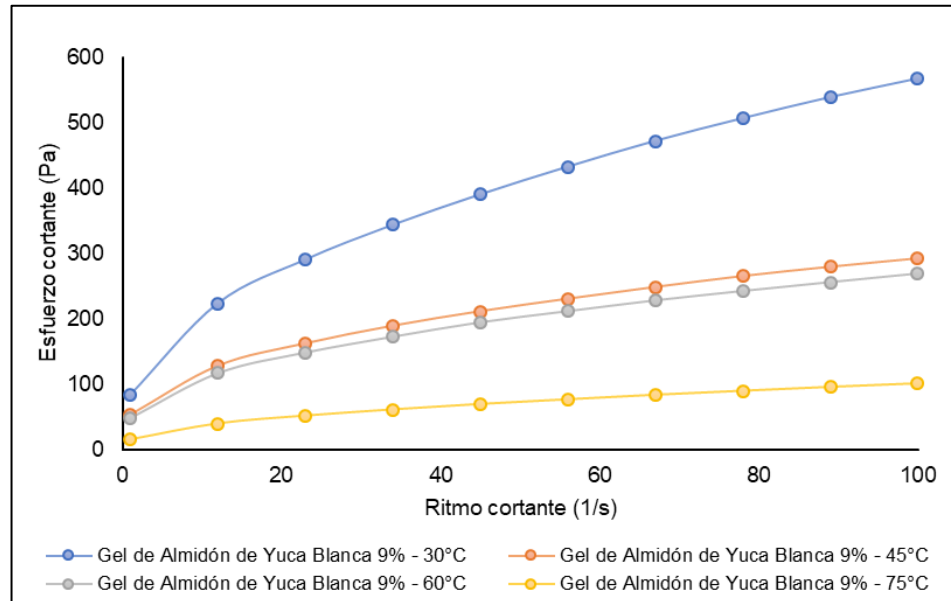
Evaluación de Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Blanca, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 6%



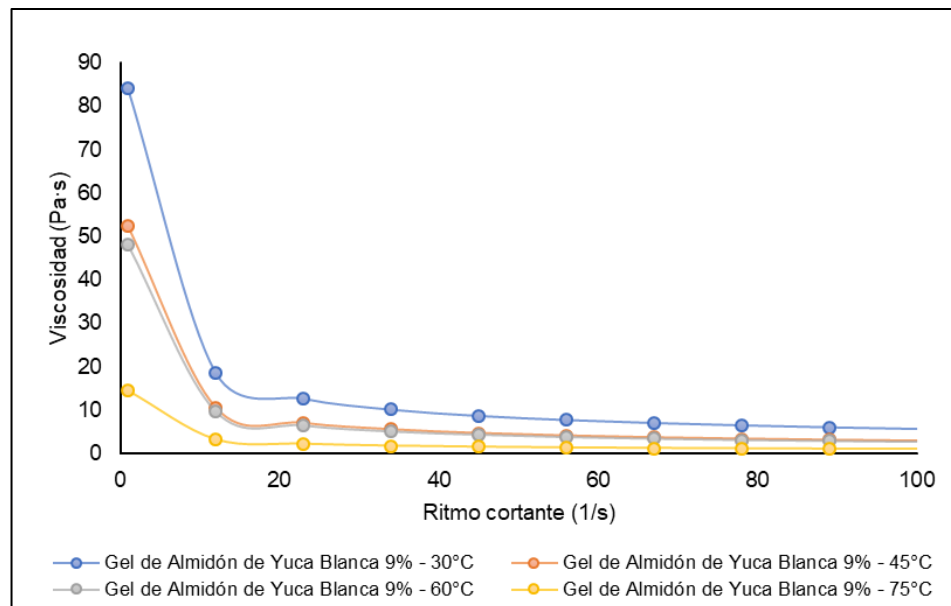
Evaluación de Viscosidad vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Blanca, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 6%



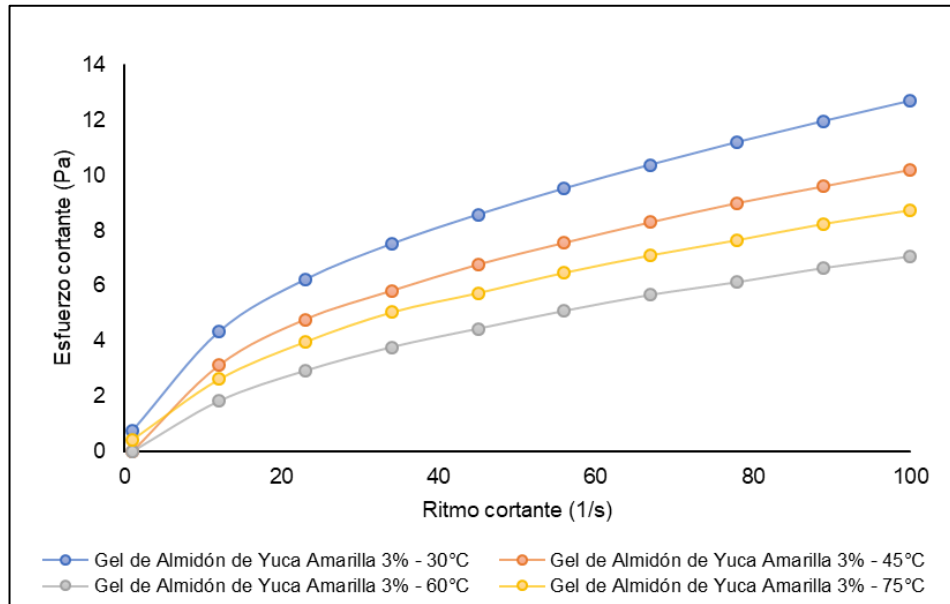
Evaluación de Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Blanca, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 9%



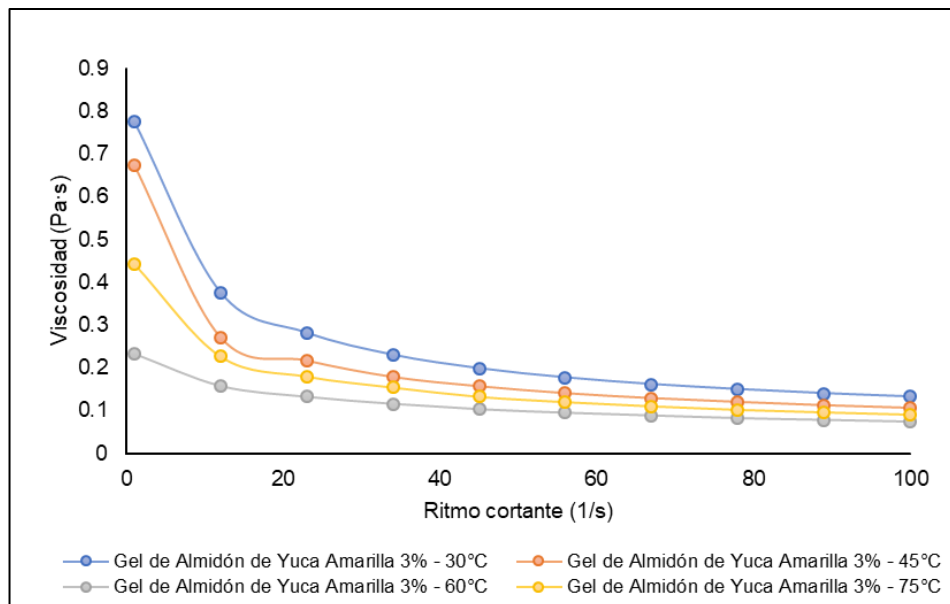
Evaluación de Viscosidad vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Blanca, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 9%



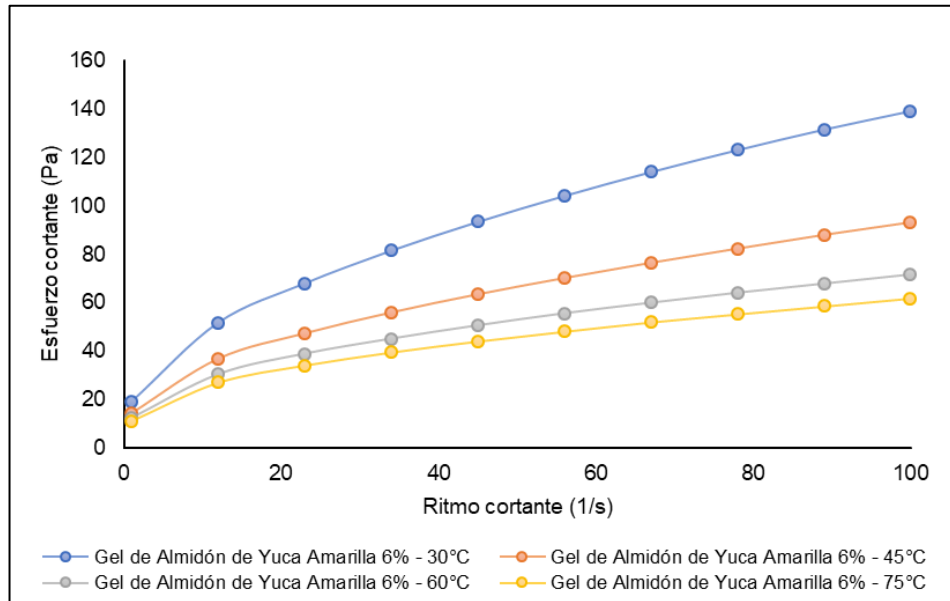
Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Amarilla, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 3%



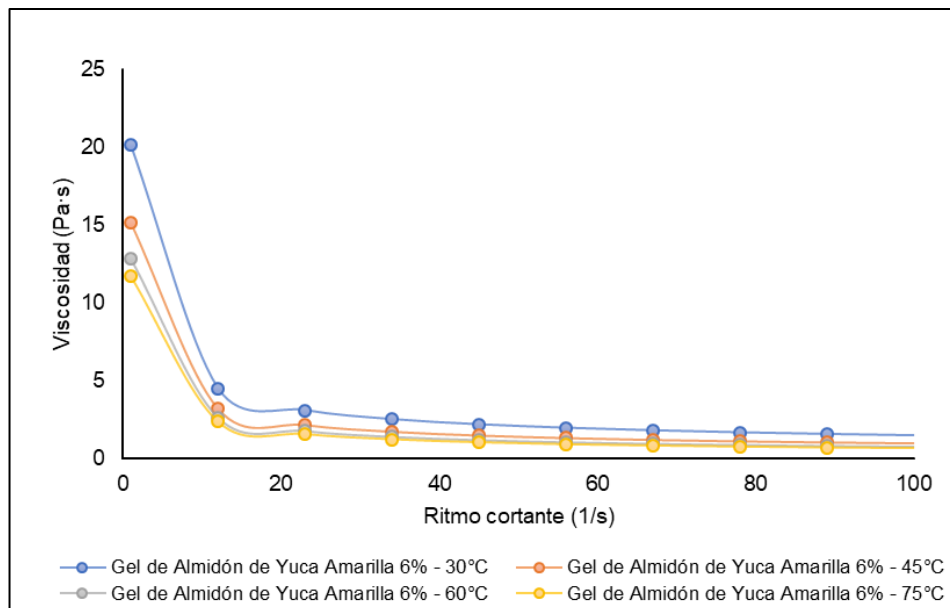
Evaluación de Viscosidad vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Amarilla, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 3%



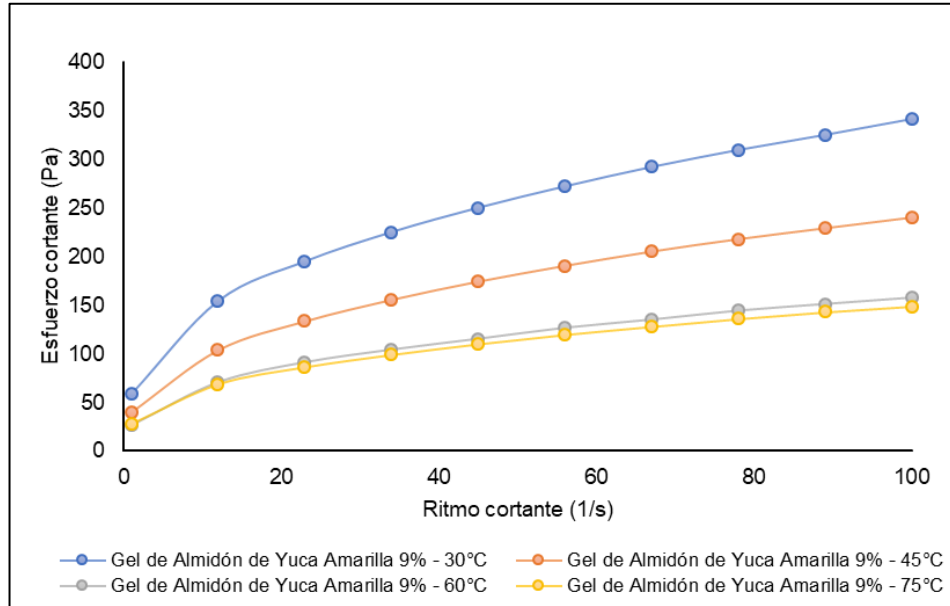
Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Amarilla, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 6%



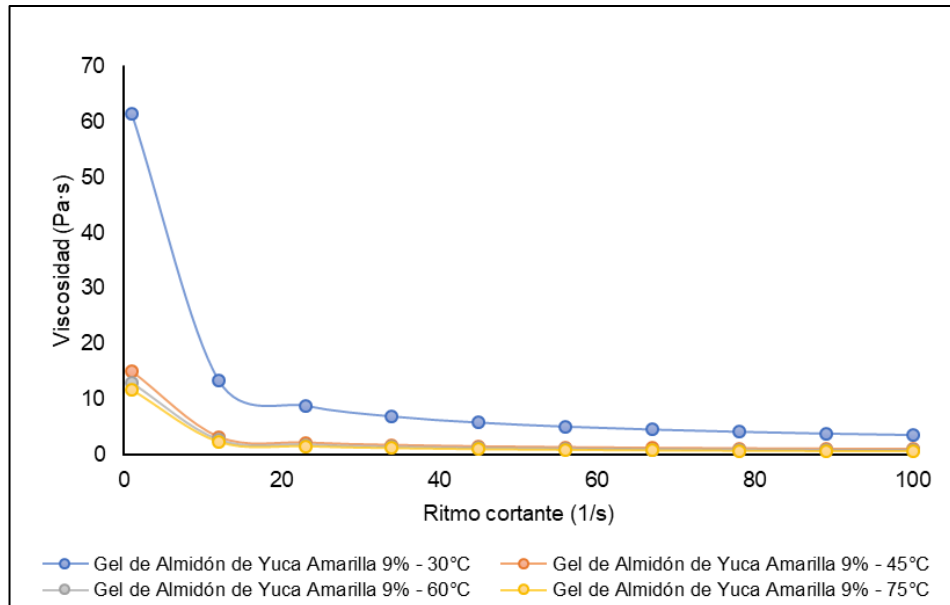
Evaluación de Viscosidad vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Amarilla, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 6%



Velocidad deformación vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Amarilla, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 9%



Evaluación de Viscosidad vs Esfuerzo de corte gel de almidón de Yuca Amarilla, a temperaturas 30°C, 45°C, 60°C y 75°C. Concentración 9%



Evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades de yuca (Manihot Esculenta)

por Juno - Roberto

Fecha de entrega: 21-dic-2023 12:30p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2263749120

Nombre del archivo: TESIS_REOLOG_A_EN_GELES_DE_ALMIDON_DE_YUCA.pdf (2.5M)

Total de palabras: 17918

Total de caracteres: 91898

Evaluación reológica de geles de almidón de dos variedades de yuca (Manihot Esculenta)

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad de San Buenaventura Trabajo del estudiante	1%
4	revistacta.agrosavia.co Fuente de Internet	1%
5	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.uezo.rj.gov.br Fuente de Internet	<1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
10	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	orcid.org Fuente de Internet	<1 %
13	www.bibliotecadigital.ufmg.br Fuente de Internet	<1 %
14	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
15	ri.conicet.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
16	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional José María Arguedas Trabajo del estudiante	<1 %
18	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1 %
20	Submitted to Universidade do Porto	

Trabajo del estudiante

<1 %

21

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

22

repository.unad.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

23

files.cercomp.ufg.br

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

26

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

27

livros01.livrosgratis.com.br

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

29

repositorio.unicamp.br

Fuente de Internet

<1 %

30

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

31 Fernando Peris Abad. "Desarrollo de materiales compuestos mediante la modificación de matrices de polipropileno por adición de nanofibras de carbono y nanotubos de carbono para su utilización en el sector textil", Universitat Politecnica de Valencia, 2021
Publicación <1 %

32 repositorio.untumbes.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

33 ri-ng.uaq.mx
Fuente de Internet <1 %

34 repositorio.ucv.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

35 worldwidescience.org
Fuente de Internet <1 %

36 rid.org
Fuente de Internet <1 %

37 eprints.ucm.es
Fuente de Internet <1 %

38 Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC
Trabajo del estudiante <1 %

39 Submitted to ueb
Trabajo del estudiante <1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía Activo



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **VICTOR AUGUSTO CASTRO ZAVALETA** docente adscrito a la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento académico		Agroindustria y Agronomía				
Escuela de Posgrado		Maestría		Doctorado		

Programa: **Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial**

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor del proyecto de investigación intitulado:

“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta)”

Del bachiller: **JUNO ALAIN COLCHAO GARCIA** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 19% el cual se verifica con el documento adjunto del reporte de originalidad de la aplicación Turnitin.

Nuevo Chimbote, 06 de Noviembre del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos del docente asesor: **VICTOR AUGUSTO CASTRO ZAVALETA**

DNI N° 17859760



DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, **JUNO ALAIN COLCHAO GARCIA** egresado de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
----------	----------	--	-----------	--	------------	---

Departamento académico	Agroindustria y Agrónoma					
------------------------	--------------------------	--	--	--	--	--

Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		
---------------------	----------	--	--	-----------	--	--

Programa: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

De la Universidad Nacional del Santa, declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta)”

presentado en 91 folios, para la obtención del:

Grado académico	()
-----------------	-----

Título profesional (X)	Investigación Anual	()
--------------------------	---------------------	-----

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 06 de Noviembre del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos: **JUNO ALAIN COLCHAO GARCIA**

DNI N° 44824509



DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, **ROBERTO ALONSO PAZ SALINAS** egresado de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
----------	----------	--	-----------	--	------------	---

Departamento académico	Agroindustria y Agrónoma					
------------------------	--------------------------	--	--	--	--	--

Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		
---------------------	----------	--	--	-----------	--	--

Programa: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

De la Universidad Nacional del Santa, declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta)”

presentado en 91 folios, para la obtención del:

Grado académico	()
-----------------	-----

Título profesional (X)	Investigación Anual	()
--------------------------	---------------------	-----

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 06 de Noviembre del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos: **ROBERTO ALONSO PAZ SALINAS**

DNI N° 45755546



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **VICTOR AUGUSTO CASTRO ZAVALETA** docente adscrito a la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento académico		Agroindustria y Agronomía				
Escuela de Posgrado		Maestría		Doctorado		

Programa: **Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial**

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor del proyecto de investigación intitulado:

“EVALUACIÓN REOLÓGICA DE GELES DE ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta)”

Del bachiller: **ROBERTO ALONSO PAZ SALINAS** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 19% el cual se verifica con el documento adjunto del reporte de originalidad de la aplicación Turnitin.

Nuevo Chimbote, 06 de Noviembre del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos del docente asesor: **VICTOR AUGUSTO CASTRO ZAVALETA**

DNI N° 17859760