

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE
ALMIDONES DE PAPA Y TUNTA DE TRES VARIEDADES
NATIVAS AMARGAS PROCEDENTES DE ILAVE-PUNO”**

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

ALEJANDRA CUBA CANALES

LIMA - PERÚ

2021

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNALM)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“ CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE ALMIDONES DE PAPA Y TUNTA DE TRES VARIEDADES NATIVAS AMARGAS PROCEDENTES DE ILAVE-PUNO ”

Presentado por:

ALEJANDRA CUBA CANALES

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

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Carlos C. Elías Peñafiel

PRESIDENTE

Dra. Ritva A. Repo de Carrasco

MIEMBRO

Dr. Edwin O. Baldeón Chamorro

MIEMBRO

Dra. Indira M. Betalleluz Pallardel

ASESORA

Dra. Carmen E. Velezmoreo Sánchez

CO-ASESORA

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

Dedicado a mis queridos padres, Carlos y Nilda; a mi adorado abuelo, Humberto; mis amadas hermanas Jazmín y Almendra, y grandes amistades de la vida, por ayudarme a florecer cada día y motivarme a seguir adelante por mis sueños, y sobre todo la confianza, apoyo y consejo durante cada etapa de mi vida.

Y en especial, dedico el fruto de todo mi esfuerzo a la memoria de mi querida abuela, Antonia Quintana, por sus enseñanzas y amor incondicional, y el estímulo eterno sembrado en mis raíces desde mi temprana edad.

Agradecimiento

Agradezco a mi querida asesora, la Dra. Indira Milagros Betalleluz Pallardel y co-asesora, Dra. Carmen Velezmoro Sánchez por el apoyo incondicional durante esta fase de investigación, permitiendome aprender y crecer profesionalmente mediante la transmisión de conocimientos y su amplia experiencia en el ámbito de investigación.

Se agradece también al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) por el financiamiento brindado al **PROYECTO N° 153-2017-FONDECYT**, el cual permitió el desarrollo e investigación científica en un sector de relevancia en nuestro país a través de la ejecución de la presente investigación.

Abreviaturas estándar y símbolos para unidades

Símbolo	Nombre	Unidad
Σ	Esfuerzo cortante	Pa
σ_0	Umbral de fluencia	Pa
Σ	Velocidad de cizalla	s ⁻¹
H	Índice reológico	
K	Coefficiente de consistencia	Pa·sn
n*	Viscosidad compleja	Pa.s
Ω	Frecuencia	Hz
G'	Módulo de almacenamiento	Pa
G''	Módulo de pérdida	Pa
T ₀	Temperatura inicial de gelatinización	°C
T _p	Temperatura pico de gelatinización	°C
T _f	Temperatura de final de gelatinización	°C
ΔH	Entalpía de gelatinización	J/g
PV	Viscosidad inicial de pastificación	cP
TP	Temperatura de pastificación	°C
Pt	Tiempo pico	min
PT	Temperatura pico	°C
VM	Viscosidad máxima o pico	cP
II	Índice de inestabilidad	cP
VC	Viscosidad de caída	cP
RG	Retrogradación	cP
VF	Viscosidad final	cP
%T	Porcentaje de transmitancia	%
PH	Poder de hinchamiento	g/g
%S	Porcentaje de solubilidad	%
CAA	Capacidad de absorción de agua	g/g
%SR	Porcentaje de sinéresis en refrigeración	%
%SC	Porcentaje de sinéresis en congelación-descongelación	%
CAM	Contenido de amilosa	%
CF	Contenido de fósforo	ppm
W	Blancura	%

INDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.	LA PAPA.....	4
2.1.1.	GENERALIDADES DE LA PAPA.....	4
2.1.2.	PAPAS AMARGAS.....	5
2.2.	LATUNTA	9
2.2.1.	GENERALIDADES DE LA TUNTA.....	9
2.2.2.	FUENTE DE MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE LA TUNTA	10
2.2.3.	PROCESO DE ELABORACIÓN	10
2.2.4.	ZONA DE PRODUCCIÓN Y CONDICIONES GEOGRÁFICAS REQUERIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LA TUNTA.....	14
2.3.	ALMIDÓN DE PAPA.....	14
2.3.1.	GENERALIDADES DEL ALMIDÓN DE PAPA.....	14
2.3.2.	COMPOSICIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA	16
2.3.3.	ESTRUCTURA DEL ALMIDÓN	17
2.3.4.	USOS E IMPORTANCIA DEL ALMIDÓN	18
2.4.	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ALMIDÓN	19
2.4.1.	COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	19
2.4.2.	CONTENIDO DE FÓSFORO	20
2.4.3.	CONTENIDO DE AMILOSA Y AMILOPECTINA	21
2.4.4.	MICROSCOPIA.....	23
2.5.	PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN.....	24

2.5.1. PODER DE HINCHAMIENTO, SOLUBILIDAD Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA	24
2.5.2. CLARIDAD	25
2.5.3. SINÉRESIS EN REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN	27
2.5.4. PROPIEDADES TÉRMICAS	28
2.5.5. PROPIEDADES REOLÓGICAS	32
2.6. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER Y ATENUADOR DE REFLECTANCIA (FTIR-ATR).....	41
III. METODOLOGÍA.....	43
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	43
3.2. MATERIA PRIMA	43
3.3. REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS.....	44
3.3.1. MATERIALES	44
3.3.2. REACTIVOS.....	44
3.3.3. EQUIPOS	45
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS	46
3.4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	46
3.4.2. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL	48
3.4.3. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER Y ATENUADOR DE REFLECTANCIA (FTIR-ATR).....	52
3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	53
3.5.1. TIPO DE METODOLOGÍA	53
3.5.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	55
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	56
4.1.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	56
4.1.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FÓSFORO	59

4.1.3. DETERMINACIÓN DE AMILOSA-AMILOPECTINA	61
4.1.4. EVALUACIÓN DE COLOR	63
4.1.5. MICROSCOPIA DE LUZ POLARIZADA	68
4.2. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL	71
4.2.1. PODER DE HINCHAMIENTO, SOLUBILIDAD Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA	71
4.2.2. CLARIDAD DE LA PASTA DE ALMIDÓN	75
4.2.3. SINÉRESIS DE LOS GELES DE ALMIDÓN EN REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN	78
4.2.4. PROPIEDADES TÉRMICAS	82
4.2.5. PROPIEDADES REOLÓGICAS	89
4.3. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER Y ATENUADOR DE REFLECTANCIA (FTIR-ATR).....	107
V. CONCLUSIONES	111
VI. RECOMENDACIONES	114
VII. BIBLIOGRAFÍA	115
VIII. ANEXOS	134

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especies de papas cultivadas en el Perú.....	5
Tabla 2: Comparación de características de principales especies de papas amargas.....	7
Tabla 3: Principales variedades de papa destinadas a la producción de tunta.....	10
Tabla 4: Categoría de la tunta.....	12
Tabla 5: Denotaciones de los seis almidones extraídos a nivel industrial.....	44
Tabla 6. Metodología Experimental.....	54
Tabla 7: Análisis proximal de almidones nativos de papas amargas y tuntas	57
Tabla 8: Contenido de fósforo de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	60
Tabla 9: Contenido de amilosa y amilopectina de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	62
Tabla 10: Parámetros de color de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	64
Tabla 11: Poder de hinchamiento de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	72
Tabla 12: Capacidad de absorción de agua de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	73
Tabla 13: Solubilidad de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	74
Tabla 14: Claridad de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	76
Tabla 15: Sinéresis (%) durante la refrigeración (4°C) de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	79
Tabla 16: Sinéresis (%) durante los ciclos de congelación-descongelación de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	80
Tabla 17: Parámetros de gelatinización de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	83
Tabla 18: Propiedades de formación de pasta de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	92
Tabla 19: Parámetros de la ecuación de Herschel-Bulkley que describen el comportamiento de flujo de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	97
Tabla 20: Parámetros de la ecuación de ley de potencia que describen las propiedades viscoelásticas de los geles de almidón.....	102
Tabla 21: Ratios de orden molecular de corto alcance (medidos por FTIR-ATR) para almidones de papas y tuntas.....	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de proceso para la elaboración de tunta a partir de papas amargas.....	13
Figura 2: Curva de formación de la pasta de almidón y perfil de temperatura. También mostrando el hinchamiento de gránulos de almidón de trigo y estallido de gránulos y subsecuente cambio en viscosidad.....	34
Figura 3: Representación gráfica de la pre-gelatinización del almidón, gelatinización, formación de pasta y fenómeno de retrogradación. Primera fila: vista granular (imágenes reales de almidón de papa). Segunda fila: vista molecular (representación).....	36
Figura 4: Esfuerzo frente a la deformación de un líquido Newtoniano, un líquido viscoelástico, y un sólido perfectamente elástico en pruebas dinámicas.....	39
Figura 5: Imagen de las tres variedades de papas amargas (a) Ocucuri negra (b) Pala (c) Cuchi jipilla de la materia prima papa.....	66
Figura 6: Imagen de las tres variedades de papas amargas (a) Ocucuri negra (b) Pala (c) Cuchi jipilla de la materia prima tunta.....	67
Figura 7: Microscopía de luz polarizada de almidones de papa (a: Ocucuri negra, b: Pala, c: Cuchi jipilla) y almidones de tunta (d: Ocucuri negra, e: Pala, f: Cuchi jipilla) observados a 100 X.....	69
Figura 8: Microscopía de luz polarizada de almidones de papa (a: Ocucuri negra, b: Pala, c: Cuchi jipilla) y almidones de tunta (d: Ocucuri negra, e: Pala, f: Cuchi jipilla) observados a 40 X.....	70
Figura 9: Termograma de almidones nativos de papas amargas y tuntas.....	84
Figura 10: Termograma de almidón nativo de papa amarga variedad Ocucuri negra.....	84
Figura 11: Termograma de almidón nativo de papa amarga variedad Pala.....	85
Figura 12: Termograma de almidón nativo de papa amarga variedad Cuchi jipilla.....	85
Figura 13: Termograma de almidón nativo de tunta variedad Ocucuri negra.....	86
Figura 14: Termograma de almidón nativo de tunta variedad Pala.....	86
Figura 15: Termograma de almidón nativo de tunta variedad Cuchi jipilla.....	87
Figura 16: Curvas de formación de pasta de almidones nativos de papa y tunta y perfil de temperatura.....	90
Figura 17: Curva de flujo de los geles de almidón.....	98
Figura 18: Barrido de amplitud para los geles de almidones nativos.....	101

Figura 19: Barrido de frecuencia de los almidones nativos, que muestra la variación de módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'').....	103
Figura 20: Barrido de frecuencia de los almidones nativos, que muestra la variación de módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') (a) Ocucuri negra (b) Pala (c) Cuchi jipilla.....	105
Figura 21: Barrido de frecuencia de los almidones nativos, que muestra la variación viscosidad compleja con la frecuencia.....	106
Figura 22: Figura 22. Espectros de Infrarrojo con Transformada de Fourier y Atenuador de Reflectancia (FTIR-ATR) de almidones de papas y tuntas de variedades andinas amargas.....	108

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A NIVEL INDUSTRIAL...	134
ANEXO 2: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE HUMEDAD.....	137
ANEXO 3: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE HUMEDAD.....	138
ANEXO 4: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS.....	139
ANEXO 5: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS.....	140
ANEXO 6: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA.....	141
ANEXO 7: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA.....	142
ANEXO 8: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE LÍPIDOS.....	143
ANEXO 9: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE LÍPIDOS.....	144
ANEXO 10: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE FIBRA.....	145
ANEXO 11: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE FIBRA.....	146
ANEXO 12: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE CENIZA.....	147
ANEXO 13: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE CENIZA.....	148
ANEXO 14: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL CONTENIDO DE FÓSFORO.....	149
ANEXO 15: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL CONTENIDO DE FÓSFORO.....	150
ANEXO 16: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL CONTENIDO DE AMILOSA	151
ANEXO 17: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL CONTENIDO DE AMILOSA.....	152

ANEXO 18: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LOS PARÁMETROS DE COLOR	153
ANEXO 19: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LOS PARÁMETROS DE COLOR.....	157
ANEXO 20: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PODER DE HINCHAMIENTO.....	161
ANEXO 21: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PODER DE HINCHAMIENTO.....	165
ANEXO 22: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA.....	169
ANEXO 23: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA.....	173
ANEXO 24: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA SOLUBILIDAD.....	177
ANEXO 25: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA SOLUBILIDAD.....	181
ANEXO 26: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA CLARIDAD DEL GEL.....	185
ANEXO 27: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA CLARIDAD DEL GEL.....	189
ANEXO 28: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA SINÉRESIS EN REFRIGERACIÓN.....	193
ANEXO 29: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA SINÉRESIS EN REFRIGERACIÓN...	198
ANEXO 30: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA SINÉRESIS EN CONGELACIÓN.....	202
ANEXO 31: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA SINÉRESIS EN CONGELACIÓN...	209
ANEXO 32: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES TÉRMICAS.....	216
ANEXO 33: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPIEDADES TÉRMICAS.....	220
ANEXO 34: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES DE FORMACIÓN DE PASTA).....	224
ANEXO 35: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES DE FORMACIÓN DE PASTA).....	232

ANEXO 36: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (COMPORTAMIENTO DE FLUJO).....	240
ANEXO 37: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (COMPORTAMIENTO DE FLUJO).....	243
ANEXO 38: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPEIDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS).....	246
ANEXO 39: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS).....	250
ANEXO 40: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA RATIOS DE ORDEN MOLECULAR DE CORTO ALCANCE (FTIR-ATR).....	254
ANEXO 41: ANVA SIMPLE Y LSD PARA RATIOS DE ORDEN MOLECULAR DE CORTO ALCANCE (FTIR-ATR).....	257

RESUMEN

La tunta es un producto deshidratado que se obtiene bajo un proceso tradicional y artesanal, a partir de tubérculos de papa de la región altoandina, aprovechando elementos de la zona y las condiciones de la geografía y del clima en cierta época del año que favorece un congelado y secado natural. Para este proceso se destina principalmente variedades amargas con alto contenido de glicoalcaloides, no aptas para su consumo directo. Este producto destaca por su prolongada conservación y por ser una fuente importante de almidón, que podría ser aprovechado para su uso a nivel industrial, aportando mayor valor comercial al cultivo. Dentro de este contexto, los objetivos de esta investigación fueron: caracterizar fisicoquímica y funcionalmente almidones procedentes de papas (AP) y tuntas (AT) de tres variedades nativas amargas (Ocucuri negra, Cuchi jipilla y Pala) cultivadas en la provincia del Collao, distrito Ilave, Puno, y evaluar el efecto de esta tecnología tradicional sobre estas propiedades. Para lo cual luego de la extracción de los almidones por vía húmeda, se caracterizaron fisicoquímicamente a través de: análisis proximal, color, contenido de fósforo (CF) y de amilosa (CAM). La evaluación funcional incluyó: claridad de gel (T%), sinéresis en congelación (SC) y refrigeración (SR), poder de hinchamiento (PH), solubilidad (S) y capacidad de absorción de agua (CAA) a 60,70,80 y 90°C; el comportamiento reológico de los geles fue determinado con un reómetro híbrido estudiándose el comportamiento de flujo (umbral de fluencia (σ_0), índice de consistencia (K) e índice reológico (η)), las propiedades viscoelásticas (módulos de almacenamiento (G') y pérdida (G'') con sus respectivas pendientes e interceptos, y viscosidad compleja (n^*)) y las propiedades de formación de pasta (viscosidad inicial (PV), temperatura de pastificación (TP), tiempo pico (Pt), temperatura pico (PT), viscosidad máxima (VM), índice de inestabilidad (II), viscosidad de caída (VC), retrogradación (RG) y viscosidad final (VF)); las propiedades térmicas (temperatura de gelatinización inicial (T_0), pico (T_p), y final (T_f)) se investigaron mediante el uso de un multicalorímetro diferencial de barrido. Además, se midió las estructuras helicoidales ordenadas mediante una prueba de corto alcance, a través de las ratios obtenidos de los espectros infrarrojo con transformador de Fourier y Atenuador de Reflectancia (FTIR-ATR). Los resultados fueron evaluados estadísticamente utilizando un diseño de bloques completamente al azar y la prueba de diferencia mínima significativa de Tukey. Dentro de los análisis fisicoquímicos en todos los almidones destacan los bajos contenidos de proteína (0,25-0,40%), fibra (0-0,1%) y lípidos (0-0,16%), y altos para carbohidratos (>99%). El

CAM y CF estuvieron en el rango de 23,13-31,02% y 374,20-854,74 ppm, respectivamente, con contenidos más altos para AP. Los AT tuvieron valores más altos para las propiedades de S, SR, CAA y PH a 70 y 80°C, mientras los AP presentaron valores mayores para T%, SC, CAA y PH a 90°C. Todos los AP presentaron menor SR frente a su variedad equivalente, y el AT de la variedad Pala destacó por su mayor SR y menor SC. El comportamiento de flujo de los geles tuvo un buen ajuste al modelo de Herschel-Bulkley ($R^2 > 0,99$), con una tendencia no newtoniana de naturaleza pseudoplástica después de un umbral de fluencia. Además, el σ_0 e K fue significativamente más alto para los AP. Los AT tuvieron valores mayores para la PV, TP, Pt y PT, lo contrario se observó para el resto de propiedades de formación de pasta. Por otro lado, los seis almidones se caracterizaron por ser geles débiles, con predominio de un comportamiento más elástico que viscoso ($G' > G''$); sin embargo, en los AT el G' incrementó pronunciadamente, así como, el espesamiento (n^*); y fueron observados valores significativamente más altos de viscosidad en el sistema (interceptos) y más bajos de pendientes, frente a los resultados de AP. También, las propiedades térmicas de T_f y ΔH fueron mayores para los AP, lo que concordó con el mayor orden molecular de corto alcance. En conclusión, existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en las propiedades funcionales de los almidones de las variedades amargas estudiadas, y el proceso de elaboración de tunta tiene efectos significativos sobre las mismas, información valiosa para recomendar el mejor destino para su aplicación industrial.

Palabras clave: Almidón de papa y tunta, propiedades funcionales, térmicas, reológicas, orden de corto alcance

ABSTRACT

The tunta is a product that is obtained by a traditional process, from potato tubers of the high Andean region, taking advantage of elements of the area and the conditions of geography and climate at the time of year that favors a frozen and natural drying. For this process, the bitter potatoes are mainly used for varieties with glycoalkaloid content, which are not suitable for direct consumption. This product stands out for its prolonged preservation and for being an important source of starch, which could be used for industrial use, providing greater commercial value to the crop. Within this context, the objectives of this research were: characterize physicochemically and functionally starches from potatoes (AP) and tuntas (AT) of three bitter native varieties (Ocucuri negra, Cuchi jipilla and Pala) grown in Collao province, Ilave district, Puno, and evaluate the effect of this traditional technology on these properties. For which after the extraction of the starches by the wet way, they were characterized physicochemically through proximal analysis, color, the content of phosphorus (CF) and amylose (CAM). The functional evaluation included: gel clarity (T%), freezing (SC) and cooling (SR) syneresis, swelling power (PH), solubility (S) and water absorption capacity (CAA) at 60.70, 80 and 90 ° C; the rheological behavior of the gels was determined with a hybrid rheometer, studying the flow behavior (yield point (σ_0), consistency index (K) and rheological index (η)), viscoelastic properties (storage modulus (G') and loss (G'') with their respective slopes and intercepts, and complex viscosity (η^*)) and pulping properties (initial viscosity (PV), pasteurization temperature (TP), peak time (Pt), temperature peak (PT), maximum viscosity (VM), instability index (II), drop viscosity (VC), retrogradation (RG) and final viscosity (VF)); the thermal properties (initial gelatinization temperature (T_0), peak (T_p), and final (T_f)) were investigated by using a differential scanning calorimeter. In addition, ordered helical structures were measured by a short-range test, through the ratios obtained from the infrared spectra with Fourier transform and Reflectance Attenuated Total Reflectance (FTIR-ATR). The results were statistically evaluated using a completely randomized block design and Tukey's minimum significant difference test. To physicochemical analyzes of all starches highlighted low of protein (0.25-0.40%), fiber (0-0.1%) and lipids (0-0.16%) content, and high levels of carbohydrates (> 99%). The CAM and CF were in the range of 23.13-31.02% and 374.20-854.74 ppm, respectively, with higher contents for AP. The ATs had higher values for the properties of S, SR, CAA, and PH at 70

and 80 ° C, while the AP showed higher values for T %, SC, CAA, and PH at 90 ° C. All the APs presented lower SR compared to their equivalent variety, and the AT of the Pala variety stood out for its higher SR and lower SC. The flow behavior of the gels had a good fit to the Herschel-Bulkley model ($R^2 > 0.99$), with a non-Newtonian tendency of a pseudoplastic nature after a yield point. In addition, the σ_0 e K was significantly higher for the AP. The AT had higher values for the PV, TP, Pt, and PT, the opposite was observed for the rest of the pulping properties. On the other hand, the six starches were characterized as weak gels, with predominance of a more elastic than viscous behavior ($G' > G''$); however, in the AT the G' increased sharply, as well as the thickening (n^*); and significantly higher viscosity values were observed in the system (intercepts) and lower slopes, compared to the AP results. In addition, the thermal properties of T_f and ΔH were greater for the AP, which was consistent with the greater short-range molecular order. In conclusion, there are significant differences ($p < 0.05$) in the functional properties of the starches of the bitter varieties studied, and the tunta production process has significant effects on them, valuable information to recommend the best destination for its application industrial.

Keywords: Potato and tunta starch, functional, thermal and rheological properties, short-range order.

I. INTRODUCCIÓN

La papa es un producto agrícola muy importante en el país, tanto por las hectáreas dedicadas a su cultivo como por la población rural involucrada en su producción. Asimismo, la potencialidad que ofrece este cultivo como materia prima para la industria es grande, especialmente para la obtención de: harina, almidón, dextrina, glucosa, alcohol, papa seca, papa helada, chuño, tunta y otros derivados. La mayor producción de papa en el Perú se concentra en la zona altoandina, por encima de los 3,000 m.s.n.m., en poblaciones con altos niveles de pobreza. En su cultivo se involucran alrededor de 600,000 familias poseedoras de una rica biodiversidad y de sabores ancestrales alrededor de este cultivo (Fonseca & Ordinola 2011).

Por otro lado, la papa es una de las plantas de mayor diversidad genética consistente en ocho especies cultivadas y 200 especies silvestres. Sin embargo, hasta la actualidad, la evolución del cultivo sólo ha favorecido a una subespecie, de la especie *Solanum tuberosum andigena*, a partir de la cual se han desarrollado la mayoría de las variedades comerciales conocidas. Las otras siete especies cultivadas en la zona andina son menos desarrolladas y corren riesgo de erosión (Horton, 1992; National Research Council, 1989). Dentro de este contingente de variedades nativas de papa, existe el grupo de las llamadas "papas amargas" (*Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*) que constituyen uno de los recursos genéticos más importantes en relación a este cultivo. Sin embargo, este vasto material genético aún se encuentra poco estudiado y a la fecha probablemente no ha sido adecuadamente utilizado, a pesar de las bondades que pueda presentar y ofrecer (Huanco, 1992).

El nombre de papas amargas se debe al sabor que confiere el variable contenido de glicoalcaloides (solanina) lo que dificulta el consumo en estado fresco, por lo que necesita un proceso de remoción para ser conservadas y consumidas, culminando en productos como el chuño y la tunta. Esta última es un producto de origen ancestral con gran importancia social, económica y nutricional al formar parte de la dieta del poblador de la sierra sur del país (Urrutia, 2017). La región de Puno es el principal productor de tunta (aproximadamente el 80 por ciento de la producción nacional). La actividad de producción de tunta se desarrolla desde tiempos ancestrales con una tecnología artesanal que se mantiene hasta hoy, este producto viene tomando mucha importancia por la creciente demanda de mercados nacionales (Lima, Arequipa, Tacna, etc.) y de exportación (Bolivia y otros) (Fonseca *et al.*, 2008).

Las especies de papa amarga adquieren mayor importancia debido a una serie de ventajas comparativas respecto a las variedades dulces como son: su adaptabilidad en zonas de mayor altura (hasta 4200 m.s.n.m), dentro de las tres especies de *Solanurn* poseen un gran número de variedades, altamente tolerantes a las heladas, alto rendimiento, costos de producción por unidad de área relativamente más bajos y resistencia prolongada a periodos de deficiencia hídrica (sequías) (Huanco, 1992; Canqui & Morales, 2009). Bajo estas condiciones el cultivo de las papas amargas es una de las alternativas potenciales para coadyuvar al desarrollo agrícola. Lamentablemente debido a las condiciones ambientales, tecnológicas, sociales y económicas está disminuyendo su producción y consumo, registrándose pérdidas de la diversidad genética, riesgo de erosión genética y pérdida de conocimientos sobre las especies y variedades de papa amarga.

Por lo tanto, se hace necesario intensificar la investigación para potenciar su rendimiento, mejorar la tecnología de su cultivo y procesamiento de productos no sólo para uso como alimento directo sino para la industria en base a la experiencia campesina y a la luz de los principios científicos actuales (Canahua & Aguilar, 1992). Dentro de este panorama una alternativa es la obtención de almidón a partir de las tuntas elaboradas a partir de las papas amargas, para su posterior aplicación en la industria alimentaria como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante).

En consecuencia, la presente investigación tuvo como objetivo: la caracterización fisicoquímica y funcional de almidones procedentes de papas y tuntas de tres variedades (Ocucuri negra, Cuchi jipilla y Pala) nativas amargas de la provincia del Collao, distrito Ilave, Puno. Los resultados se esperan puedan contribuir a la promoción de la producción de cultivos originarios de la zona altoandina, la preservación de prácticas ancestrales de las comunidades; y una industrialización que conlleve a mayores ingresos a la población campesina involucrada.

A continuación, se presentan los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar fisicoquímicamente almidones provenientes de variedades de papas nativas y de tuntas obtenidas a partir de ellas, mediante análisis de composición proximal, contenido de fósforo, evaluación de color y contenido de amilosa y amilopectina.
- Caracterizar funcionalmente almidones provenientes de variedades de papas nativas y de tuntas obtenidas a partir de ellas, mediante análisis de poder de hinchamiento, solubilidad, capacidad de absorción de agua, sinéresis en congelación-descongelación, sinéresis en refrigeración, claridad, propiedades térmicas y propiedades reológicas (comportamiento de flujo, propiedades viscoelásticas y propiedades de formación de pasta).
- Evaluar el efecto del proceso de obtención de tunta en las características fisicoquímicas y funcionales de sus almidones.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA PAPA

2.1.1. GENERALIDADES DE LA PAPA

La papa (*Solanum tuberosum*) es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de consumo humano después del arroz y el trigo. Aproximadamente 1,4 mil millones de personas alrededor del mundo consumen papa como alimento básico, y la producción total del cultivo sobrepasa los 300 millones de toneladas métricas (Flores, 2017). Actualmente, este cultivo es uno de los cultivos alimenticios más importantes en el mundo de hoy, por su alto contenido de aminoácidos esenciales y carbohidratos, y es considerado una fuente importante de vitamina C y minerales, especialmente potasio según Arcos *et al.* (2015).

En cuanto al número de especies de papa cultivada, existen diferentes puntos de vista. Según CIP (2006) la taxonomía formal de Ochoa (1999) reconoció 9 especies; la de Hawkes (1990), 7 especies y subespecies; y la de Huamán & Spooner (2002), 1 especie con 8 grupos taxonómicos. El Centro Internacional de la Papa (CIP) comúnmente consideró la clasificación de 8 especies cultivadas como se observa en la Tabla 1 (CIP, 2006).

En las altiplanicies andinas de Perú, Bolivia y Ecuador se cultivan más de 4000 variedades de papas nativas, las cuales están adaptadas a las duras condiciones que prevalecen en las alturas de los andes, clima frío y duro, altitudes que van desde 3500 a los 4200 metros (Flores, 2017).

Asimismo, hay 151 especies de papa silvestre que, aunque sean demasiado amargas para ser consumidas, su biodiversidad incluye importantes características como resistencia natural a plagas, enfermedades y condiciones climáticas extremas. Estos cultivos nativos son producidos con un uso nulo o mínimo de agroquímicos, además las variedades varían entre comunidad (Flores, 2017).

Tabla 1: Especies de papas cultivadas en el Perú

ESPECIE	SUBESPECIE	PLOIDÍA
<i>Solanum tuberosum</i>	<i>tuberosum</i>	2n=4x=48
	<i>andigena</i>	2n=4x=48
<i>Solanum goniocalyx</i>	-	2n=2x=24
<i>Solanum stenotomum</i>	-	2n=2x=24
<i>Solanum chaucha</i>	-	2n=3x=36
<i>Solanum phureja</i>	-	2n=2x=24
<i>Solanum juzepczukii</i>	-	2n=3x=36
<i>Solanum curtilobum</i>	-	2n=5x=60
<i>Solanum ajanhuiri</i>	-	2n=2x=24

FUENTE: CIP (2006)

2.1.2. PAPAS AMARGAS

Según Cardenas (2018) las papas amargas incluyen dos especies diferentes *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*, ellas derivaron de la especie silvestre *Solanum acaule* por cruzamientos naturales. Ésta última es una especie muy prevalente de alturas de 3000 a 4000 m.s.n.m en los Andes y posee características muy valiosas como resistencia a las heladas (-5°C), sequía, al PVX (virus X) y al nemátodo del quiste. Como consecuencia las especies mencionadas anteriormente heredaron en buena parte esta resistencia.

Sin embargo, la especie *Solanum ajanhuiri* es también considerada variedad de las papas amargas y se cultiva mayormente en el altiplano andino del departamento de Puno (Perú) y

en Bolivia, según el CIP (2006). No obstante, Cardenas (2018) la señala como una variedad resistente a las heladas, pero no dentro de las papas amargas. En la Tabla 2 se presenta un cuadro comparativo de las características de las principales especies de papas amargas.

Las papas amargas, tal como la variedad locka, occocuri, piñaza y parina, se caracterizan por presentar un alto contenido de glicoalcaloides en sus tubérculos, lo cual les confiere un sabor amargo. Por lo tanto, requieren de la eliminación del sabor amargo para ser consumidas, razón por la cual los pobladores del altiplano las transforman en “chuño” (papa congelada y deshidratada). Estas sustancias amargas (glicoalcaloides) son metabolitos secundarios de la papa, importantes como mecanismo de defensa contra diferentes plagas, siendo también tóxicos para la alimentación animal y humana (Cardenas, 2018; Lachman *et al.*, 2001).

Por otra parte, Julca (2016) afirma que el 80 por ciento de la producción de variedades de papas amargas, se destinó en la elaboración de chuño blanco o chuño negro durante el 2004-2005.

Tabla 2: Comparación de características de principales especies de papas amargas

CARACTERÍSTICAS	<i>Solanum juzepczukii</i>	<i>Solanum curtilobum</i>	REFERENCIA
DENOMINACIONES	Lucky y Rucky (que significa resistente o fuerte)	Coquepitos, agroshiris u ocucuris (o occucuri)	Tapia & Saravia (1997)
NÚMERO DE CLONES	Existen alrededor de 20 clones	Entre 2 a 3 clones	Cardenas (2018)
CRUZAMIENTO	Primera generación de <i>S. acule</i> , cruce entre <i>S. stenotomun</i> (2x, cultivada) y <i>S. acaule</i> (4x, sivlestre)	Segunda generación de <i>S. acule</i> , cruce entre <i>S. x juzepczukii</i> (3x, cultivada) y <i>S. tuberosum ssp. Andigena</i> (4x, cultivada)	Cardenas (2018)
TOLERANCIA	Alta tolerancia a heladas (-5°C) y rendimientos generalmente medianos.	Buena tolerancia a las heladas (-3°C), rendimientos mayores a <i>S. juzepczukii</i> .	Cardenas (2018)
ZONA DE CULTIVO	Norte del Perú hasta el norte de Argentina	Norte del Perú hasta el centro y sur de Bolivia	Ochoa (2001)
LÍMITES	3400 a 4100 m.s.n.m	3400 a 4100 m.s.n.m	Ochoa (2001)
CONTENIDO DE GLICOALCALOIDE	Alto, muy amargos	Bajo a medio, desde poco amargos a casi dulces	Muñoz & Estaña (2012)

<<Continuación>>

FORMA DEL TUBÉRCULO (VARIETADES)	-Redonda, ligeramente achatada, con ojos esparcidos y superficiales poco profundos (Bola Lucky, Moroko, Ketu, Wila Lucky y Pala) -Alargadas, oblongas, elíptica o fusiforme, con pocos ojos y superficiales (Choko Peraza, Puca, Chiar Pinku, Kaysalla, Torillo Wajra, Chojlla Lucky, Cuchi jipilla).	- Generalmente Oblongos o aplanados (Coquepitu y Mulunkhu), entre ellas Ocururi negra. -También son de forma ovado comprimidos y elípticos ligeramente aplanados o achatadas (K'eta), lleva los ojos medianamente profundos y rara vez sobresalidos, con mayor número de ojos.	Bonifacio (1992), Egúsquiza ¹ (2019), Oviedo (1995) y Tapia & Saravia (1997)
OTRAS VARIETADES	- Ckaisalla (Laram Kaisalla, Janko Kaisalla) - Luki (Luk'is, Muruq Luki, Chiri Luki, Azul Lukí, Pala Luk'i, Porco, Rosea, Luki Pechuma, Choko Luki, Laram Luki, Luki Pinkula y Wila Luk'i) - Pinku (Wila Pinku, Pinku) - Sisu (Jako Sisu y Laram Sisu)	- Poca variabilidad, solo dos morfotipos: china-malko y choque-pito. -Janko Choquepitu, Chiar Coquepitu, Laram Lucki, Muru Lucki, Luque Morado, Chuquepitu, Chuquepitu Morado, Huaca Corota, China Malko, Jatun Lucki Toro.	- Gabriel <i>et al.</i> (2011), Lechnovich (1971) y Ochoa (2001)

¹ Egúsquiza, R. 9 mar. 2019. Consulta sobre la especie de tres variedades (Ocururi negra, Pala y Cuchi jipilla) de papas amargas (conversación presencial). Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

2.2. LA TUNTA

2.2.1. GENERALIDADES DE LA TUNTA

La NTP 011.400 (2007) define la tunta como alimento elaborado mediante un proceso de deshidratación de tubérculos a través de sucesivos congelamientos (con protección solar), sumergido en agua corriente (río) y secado al sol. Este producto deshidratado llamado también chuño blanco o moraya se obtiene de la papa fresca de tamaño grande y/o mediano. En la antigüedad se elaboraban exclusivamente con papas amargas; puesto que, éstas se caracterizan por un alto contenido de glicoalcaloides, que eran removidas durante el remojo prolongado para la transformación de papa en tunta. Además, es elaborada con una tecnología artesanal bajo condiciones naturales de clima y geografía del altiplano; es decir, no requiere de insumos adicionales. La tunta posee características singulares: color blanco, peso liviano, formas y tamaños diversos, entre redondos y alargados, de acuerdo con la variedad de papa empleada (Fonseca *et al.*, 2008; Julca, 2016). Además, la tunta confiere un valor agregado principalmente a las papas nativas de especie *Solanum juzepczukii* y *S. curtilobum*, resistentes a climas muy fríos (Yamamoto, 1988).

La producción de tunta se realiza en la estación de invierno, desde mayo hasta fines de julio, cuando ocurren las temperaturas más bajas del año, inferiores a 5°C. En dichos meses se produce una fuerte radiación solar, escasa nubosidad y baja humedad relativa (menor de 40 por ciento), favoreciéndose con ello el congelado y secado natural de la papa para ser transformada en tunta (Fonseca *et al.*, 2008).

El chuño y la tunta responden a dos razones básicas en la lógica de los productores andinos: permite utilizar un producto que no puede ser consumido en forma fresca, tal como las papas amargas, dado su alto contenido de glicoalcaloides, y está relacionada a la seguridad alimentaria, en la cual el procesamiento permite el almacenamiento de la papa por un periodo largo, especialmente en comunidades donde este tubérculo es la base de la dieta y donde la estacionalidad de la producción impide comer papa fresca todo el año. El proceso de transformación requiere de pocos insumos, principalmente energía solar, agua y mano de obra; en contextos geográficos como la puna, a más de 3,800 m.s.n.m., donde hay escasez

de combustible natural o artificial, y una falta de puestos de trabajo (Scott *et al.*, 1992; Fonseca & Ordinola, 2011). Según Fonseca *et al.* (2008) en la composición nutricional de la tunta se destaca la concentración de almidón, lo que le confiere un alto valor calórico y posibles aplicaciones en la industria. También el contenido de minerales como el calcio (92 mg/100g) y el hierro (3.3 mg/100g).

- **FUENTE DE MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE LA TUNTA**

Los tubérculos frescos de papa (recién cosechados) constituyen la materia prima para la elaboración de la tunta; se emplean diversas variedades, entre nativas y mejoradas. En la Tabla 3 se presenta las principales variedades de papa destinadas a la producción de tunta en el departamento de Puno. En el grupo de las nativas se incluyen las variedades conocidas como papas amargas y papas dulces (Fonseca *et al.*, 2008).

Tabla 3: Principales variedades de papa destinadas a la producción de tunta

VARIEDADES		
PAPA AMARGA	PAPA DULCE	PAPA MEJORADA
Piñaza	Imilla Blanca	Chasca
Lock'a	Casa Blanca	Andina
Occocuri Blanca	Imilla Negra	San Juan
K'eta	Ccompis	Tahuaqueña
Parina	Huayro	Mi Perú

FUENTE: Julca (2016)

2.2.2. PROCESO DE ELABORACIÓN

Fonseca *et al.* (2008) mencionan que la transformación de los tubérculos de papa fresca en tunta comprende diez fases, las cuales se observan en la Figura 1, y son explicadas a continuación:

- **Recepción:** Las papas almacenadas en sacos de polipropileno o envases bien lavados son recepcionadas, registrándose el peso inicial.

- Selección y clasificación: Se realiza sobre un piso de mallas y/o mantas plásticas, clasificándose la papa de acuerdo con el tamaño (grande, mediano y chico), y a la variedad para lograr un mejor efecto de la helada y uniformidad en el congelado. La selección es acorde a su sanidad, separándose las papas dañadas (partida, agusanada, podrida, ciega, entre otros).
- Primer congelado: Las papas se exponen en una sola capa a las temperaturas propias del invierno en Puno, por debajo a 5°C, durante tres a cuatro noches; recogándose el producto antes de la salida del sol y cubriéndolo con mantas gruesas hasta la puesta del sol. En zonas apropiadas; tales como las pampas o “chuñahuis”, ubicadas en los patios de las casas o en las playas adyacentes al río Ilave; concluyendo cuando al chocar los tubérculos entre sí, suenen como piedras.
- Inmersión en agua: Se sumergen en el río, en una zona con agua cristalina de ligero caudal, por un periodo entre 21 a 30 días, según la variedad de papa. Por tanto, se instala en el río pozas o jaulas con mallas que puedan resistir aproximadamente de una a tres toneladas.
- Segundo congelado: Se congela los tubérculos de papa remojados por una noche, extendidos sobre una capa de paja limpia y mallas, las cuales favorezcan el escurrimiento, oreado y descascarado.
- Descascarado y lavado: Se coloca los tubérculos de papa congelados en una manta de malla que lleva el nombre de “taquiña”, se procede al descascarillado mediante el apisonado con botas de jebe limpias y desinfectadas. Se enjuagan en el río repetidas veces hasta que el agua de enjuague salga transparente, el último enjuague se realiza con agua clorada (una cucharada de lejía para una tina de 7 a 10 litros).

- Secado: Extender en mallas o mantas desinfectadas los tubérculos uniformemente durante siete días aproximadamente. En las noches se cubren con mantas, para evitar el amarillamiento.
- Rozado y venteo: Se coloca una arroba de tunta en una manta de malla, balanceándose de un lado a otro, para provocar el roce entre las tuntas y el pelado final. Inmediatamente después, se procede al venteo para separar completamente los restos de cáscara.
- Selección y envasado: Se selecciona según la categoría, como se observa la Tabla 4, acorde a su tamaño, color y número de grietas; y en cuanto al envase, se colocan en sacos de polipropileno de primer uso o de segundo uso, previo lavado. Se usa etiquetas con información básica: variedad, categoría, peso y fecha de envasado.
- Almacenamiento: La tunta por lo general se almacena dentro de las viviendas de los productores, en un ambiente cerrado, con techo y paredes fáciles de limpiar. Las ventanas selladas con mallas para evitar el ingreso de vectores. Los sacos deben apilarse como máximo en cinco unidades, y debe permanecer en el almacén como máximo un año.

Tabla 4: Categoría de la tunta

Categoría	Descripción
Primera	Tamaño grande, color blanco intenso, entera, sin grietas.
Segunda	Tamaño mediano, color blanco intenso, entera, sin grietas.
Tercera	Tamaño pequeño, color blanco o cremoso, entera o con ligeras grietas.
Cuarta	Color crema, con machas amarillas u oscuras, diferente tamaño, partidas y grietas (solo para uso casero).

FUENTE: Fonseca *et al.* (2008)

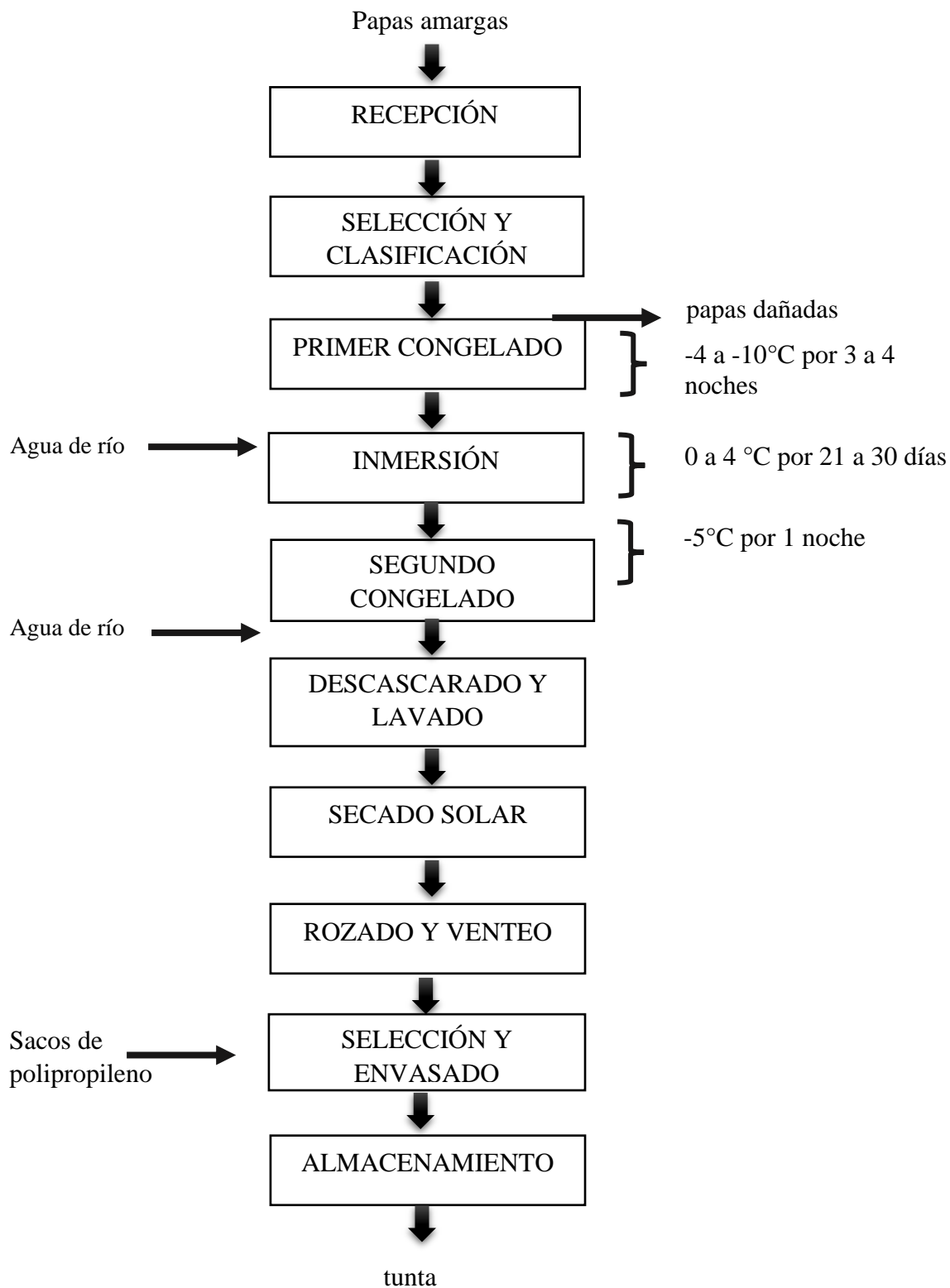


Figura 1: Diagrama de proceso para la elaboración de tunta a partir de papas amargas

FUENTE: Fonseca *et al.* (2008)

2.2.3. ZONA DE PRODUCCIÓN Y CONDICIONES GEOGRÁFICAS REQUERIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LA TUNTA.

La tunta es elaborada en la región altoandina sobre los 3800 m.s.n.m. La zona altiplánica de Puno tiene alrededor del 80 por ciento de la producción nacional, destacando las provincias del Collao, Carabaya, Lampa, Chucuito y Azángaro, las cuales poseen clima frío, geografía plana y ríos con caudal apropiado (Fonseca *et al.*, 2008).

La provincia del Collao, distrito Ilave está configurado por tres grandes zonas bien definidas: zona Alta, zona Media y zona Lago. La primera está sometida a las inclemencias del tiempo, de población disgregada, dispersa y dedicada fundamentalmente a actividades de transformación y producción de alimentos secos, tales como la tunta (Urrutia, 2017).

Para la elaboración de tunta, se aprovecha las condiciones naturales del clima altiplánico, durante la época seca, cuando la temperatura ambiental está por debajo de 0° C. En esta época suceden las heladas, a la vez diariamente ocurre una alta radiación solar (Fonseca *et al.*, 2011). Adicionalmente se requieren dos condiciones geográficas: la presencia de una fuente de agua corriente y el acceso a áreas planas. Los ríos con ligero caudal son apropiados para el remojo de los tubérculos, lo que permite el lavado de los “glicoalcaloides”, especialmente en el caso de las papas amargas. También se aprovechan la presencia de lagunas o puquiales de agua corriente. La presencia de áreas planas o pampas, conocidas como “chuñahuis”, permiten una buena exposición de los tubérculos a las heladas y a los rayos del sol, lo cual favorece su congelamiento y secado (Fonseca *et al.*, 2008).

2.3. ALMIDÓN DE PAPA

2.3.1. GENERALIDADES DEL ALMIDÓN DE PAPA

El contenido de almidón en papas varía de acuerdo con el cultivo y estado de crecimiento de la planta, los rangos se encuentran entre 66 y 80 por ciento en base seca (Chung *et al.*, 2014). De acuerdo con ello, Grommers & Van der Krogt (c2009) afirmaron que la mayoría (>77%) de la materia seca de la papa son los gránulos de almidón. El almidón es el componente

mayoritario de la papa, sus estructuras cristalinas y moleculares son importantes factores que influyen la cocción, y propiedades nutricionales y sensoriales de los productos de la papa (Chung *et al.*, 2014).

Los gránulos de almidón son formados desde las etapas muy tempranas de tuberización, tan pronto como la punta del estolón empieza a hinchar; ya que son el material de reserva en el tubérculo para utilizarse en respiración y brotación. El incremento del contenido de almidón durante el crecimiento del tubérculo es causado por un aumento en el número de gránulos y por el alargamiento del tamaño del gránulo. Los gránulos más largos están frecuentemente presentes en las células largas de la zona perimedular. Los gránulos pequeños en gran parte están en los tejidos alrededor del anillo vascular (Grommers & Van der Krogt c2009).

El almidón de papa tiene algunas características fisicoquímicas únicas comparadas a los almidones provenientes de otras fuentes botánicas, entre ellas, el tamaño del gránulo, alta pureza, presencia de grupos éster fosfato en amilopectina, capacidad para formar geles visco-elásticos densos mediante calentamiento y enfriamiento, ausencia de lípidos internos, capacidad de formar geles claros cuando gelatinizan y ser almidones de mayor resistencia. Además, los almidones de papa muestran mayor viscosidad y entalpía de gelatinización que almidones de maíz, arroz y trigo. También tienen valores más altos para propiedades de formación de pasta tales como la viscosidad máxima, viscosidad de pasta caliente y fría en comparación a otros almidones comerciales (Ahmed *et al.*, 2018).

El almidón es un macro-constituyente de muchas materias primas y alimentos procesados, que contribuye a sus características nutricionales y funcionales. Asimismo, posee un rol fundamental como un modificador de textura e influencia en varios atributos sensoriales de los alimentos procesados (Villanueva *et al.* 2018). Adicionalmente, la fécula de papa es ampliamente usada por la industria farmacéutica, textil, maderera y de papel como adhesivo, aglutinante, agente de texturación y masilla, y por las empresas de perforación de petróleo para lavar los pozos (Gomez & Dairo, 2018).

Además, la papa posee una composición química muy importante para la industria de almidón de papa, considerándose el contenido de materia seca (CMS) de la papa un factor

muy relevante. Este es principalmente determinado genéticamente, y por lo tanto depende de la variedad (Grommers & Van der Krogt, c2009). Por ello, el estudio de diferentes variedades de papas existentes podría brindar información crucial para la industria, permitiéndoles reducir costos y aplicar almidones nativos acorde a los requerimientos de la industria alimentaria y/o no alimentaria.

2.3.2. COMPOSICIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA

La composición, estructuras y propiedades de los almidones son esencialmente afectados por factores genéticos, así como condiciones ambientales de crecimiento; tales como, el clima, tipo de suelo y adición de fertilizantes, los cuales afectan el crecimiento y CMS según Chung *et al.* (2014); y en consecuencia del almidón. Otro factor también es el grado de madurez acorde a lo mencionado por Grommers & Van der Krogt (c2009), quienes afirman que existe una gran correlación entre el CMS y contenido de almidón del tubérculo, puesto que la mayoría de CMS es almidón. Además, en los Países Bajos se obtuvo un mayor CMS de suelos limosos, mientras que los suelos arenosos dieron el más bajo contenido, lo cual está relacionado con la disponibilidad de agua de la planta; dado que, el clima seco es beneficioso para un alto CMS (Grommers & Van der Krogt, c2009).

Por otro lado, Bertof & Blenow (c2016) afirman que el almidón es el mayor componente de la papa, con una cantidad de aproximadamente 15-20 por ciento de su peso (base húmeda). El almidón de papa es considerado único por algunas de sus propiedades atribuidas directamente a sus estructuras granulares y moleculares, incluyendo que sus gránulos son muy largos y lisos, poseen un alto contenido de fosfatos unidos covalentemente, cadenas largas de amilopectina, y amilosa de alto peso molecular.

El contenido de amilosa en el almidón de papa varía desde 23 a 34 por ciento para genotipos de papas normales, a diferencia de los genotipos de papas cerosas que no poseen amilosa. Además, el comportamiento de la pasta de almidón en sistemas acuosos depende de las características físicas y químicas de los gránulos del almidón, tal como el tamaño medio del gránulo, distribución del tamaño del gránulo, relación amilosa/amilopectina, contenido mineral, entre otros (Singh *et al.*, c2016).

2.3.3. ESTRUCTURA DEL ALMIDÓN

En el nivel más bajo de la estructura del almidón, la mayoría de los gránulos de almidón se componen de capas amorfas y cristalinas alternas que tienen un espesor entre 100 y 400 nm. Estas estructuras se denominan anillos de crecimiento. La organización radial de moléculas de amilopectina dentro de tales estructuras se cree que causa polarización óptica, ya que la polarización óptica visible es del orden de la longitud de onda de la luz visible (100 a 1000 nm). En un nivel más alto de orden molecular, las investigaciones de difracción de rayos X en asociación con microscopía electrónica indican una periodicidad de 9 a 10 nm dentro del gránulo. La clasificación basada en espectro difractométrico no sigue la clasificación morfológica, pero es capaz de agrupar la mayoría de los almidones convenientemente acorde a sus propiedades físicas (Bello-Pérez *et al.*, c2009).

Por otro lado, Jane (c2009) afirma que los gránulos de almidón están densamente empaquetados con estructuras semicristalinas y tienen una densidad por encima de 1,5 g/cm³. A causa de esta estructura semicristalina estable, los gránulos de almidón no son solubles en agua a temperatura ambiente. Sin gelatinización, el almidón de papa puede absorber hasta 0,48-0,53 g de agua por gramo de almidón seco. La absorción del agua es reversible.

Además, los gránulos de almidón nativo tienen una cristalinidad que varía desde 15 a 45 por ciento, debido a esto, la mayoría de los gránulos de almidón nativos exhiben una cruz de Malta cuando son observados bajo luz polarizada. Teóricamente, la birrefringencia positiva indica una orientación radial de los principios axiales de los cristalitas. Sin embargo, la birrefringencia permanece sin cambios tanto en secciones polares como ecuatoriales de gránulos de almidón alargados, indicando que los cristalitas son extremadamente pequeños y exhiben múltiples orientaciones, las cuales interfieren durante observaciones. Desde el nivel de cristalinidad del almidón, está claro que la mayoría de los polímeros de almidón en el gránulo (en promedio ~70%) están en un estado amorfo (Bello-Pérez *et al.*, c2009).

Un entendimiento de la organización interna de los gránulos de almidón es crucial para científicos e ingenieros para optimizar condiciones de reacción para modificaciones

químicas, enzimáticas y físicas. El conocimiento de la organización interna puede ayudar a entender las funcionalidades y el comportamiento de transformación del almidón, y mejorar las propiedades y estabilidad de los productos de almidón (Jane, c2009).

- **EFEECTO DE TRATAMIENTO DE CONGELACIÓN-DESCONGELACIÓN EN LA ESTRUCTURA DEL GRÁNULO DE ALMIDÓN**

La congelación-descongelación es reconocida como uno de los métodos físicos más importantes para modificar almidones. En general, el efecto de este tratamiento en la modificación de almidones depende de muchos factores: variedad del almidón, temperaturas de congelación y descongelación, contenido de humedad, ciclos de congelación-descongelación y velocidad de congelación. Una profunda congelación produce cambios en la superficie del gránulo e incrementa la cristalinidad de gránulos de almidón de papa. Así como, la múltiple congelación-descongelación puede incrementar el área de la superficie específica del gránulo y el tamaño de su poro; el procesamiento del ciclo de congelación y descongelación decrece la densidad del gránulo de almidón de papa. Por lo tanto, el método de congelación-descongelación es potencialmente útil para producir almidones porosos como portador o absorbente para alimentos y medicina (Yu *et al.*, 2015).

Por otro lado, Ferrero *et al.* (1993) afirman que la velocidad de congelación tiene un efecto significativo sobre la pasta de almidón. Una mayor velocidad de congelación produce menor exudado y mejores características de textura. La transición rápida de la fusión al estado vítreo previene la nucleación y propagación de cristales de amilosa y amilopectina. La baja producción de exudado puede estar relacionada con el deterioro incipiente de la estructura inducido por los pequeños cristales de hielo formados.

2.3.4. USOS E IMPORTANCIA DEL ALMIDÓN

Según Przetaczek-Rożnowska (2017) y Singh *et al.* (c2016) el almidón es uno de los polímeros más útiles en la industria alimentaria y no alimentaria, el cual es usado frecuentemente como agente de carga, agente de retención de agua, espesante, gelificante y/o estabilizador coloidal. En la industria de alimentos es común su uso, gracias a su facilidad

de extracción y su bajo precio. Además, es un biopolímero empleado para la formación de films en la industria de empaques, debido a que presenta propiedades de gran utilidad, y es considerado un polímero biodegradable utilizado como materia prima para producir plásticos. Recientemente, el almidón es también aplicado en nanotecnología como un material de relleno en filtración.

Por otro lado, Grommers & Van der Krogt (c2009) afirman que el almidón de papa es preferido en la industria alimentaria, gracias a la buena claridad de su pasta (debido a la pequeña cantidad de lípidos y proteínas) y un sabor neutral. En la industria del papel, existe también una preferencia por el almidón de papa, la razón es el alto peso molecular de su amilosa y su buena solubilidad. Almidones de papa catiónicos son preferidos por su dimensionamiento interno a causa de la presencia frecuente de grupos fosfatos.

Asimismo, Grommers & Van der Krogt (c2009) explican como las dextrinas del almidón de papa son las que poseen una ventaja sobre los otros almidones como adhesivos, debido a la buena capacidad de removerse y una reología conveniente, resultando en un pegado directo perfecto. Así como, los textiles son manufacturados mejor con almidón de papa debido a sus propiedades de película, profunda penetración de pasta y poder adhesivo. El alto contenido de fosfato del almidón de papa es el responsable por los efectos de floculación especial en minería y tratamiento de agua, debido a su tamaño de gránulo largo funciona como capa previa en filtros. Por todo lo mencionado anteriormente, es que es importante el estudio de nuevas fuentes de materia prima para extraer almidón, que presenten diferentes características fisicoquímicas y funcionales para dirigirse a las diversas industrias que requieren de volúmenes altos de almidón.

2.4. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ALMIDÓN

2.4.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL

Los almidones con alta pureza se caracterizan por un bajo contenido de proteína, lípidos y ceniza, y alto en carbohidratos (Xu *et al.*, 2013). El contenido de agua de los almidones influye en los procesos químicos, bioquímicos y físicos que ocurren en la industria de

alimentos y, también en el valor nutricional y sabor de los productos alimenticios; por lo cual, se considera que un 20 por ciento de humedad es el valor límite de este parámetro en almidones (Przetaczek-Rożnowska, 2017).

Bello-Pérez *et al.* (c2009) y Moorthy (2002) mencionan que los almidones de tubérculos contienen contenidos bajos de lípidos y fosfolípidos frente a otras fuentes de almidón. Por el ejemplo los cereales como el arroz y maíz que cuentan con ácidos grasos libres que forman complejos amilosa-lípido, de este modo contribuyen a temperaturas de transición más altas y menor retrogradación (Singh *et al.*, c2016).

Acorde a lo anterior, los lípidos forman otros componentes importantes que tienen un efecto de gran importancia en las propiedades del almidón. La formación de complejos surfactantes del almidón o lípido-almidón, la cual permite obtener complejos estables con las cadenas largas del almidón, tanto con la amilosa y cadenas ramificadas largas de amilopectina, lo cual provoca un hinchamiento limitado de los gránulos y desarrolla las propiedades de textura de varios alimentos (Bello-Pérez *et al.*, c2009; Moorthy, 2002).

2.4.2. CONTENIDO DE FÓSFORO

El fósforo es uno de los constituyentes presentes en los almidones, que afecta significativamente sus propiedades funcionales; su contenido varía desde 0,003 por ciento en almidón de maíz ceroso a 0,09 por ciento en almidón de papa. Este mineral se encuentra presente como monoésteres de fosfato y fosfolípidos en varios almidones, los grupos fosfatos esterificados a la fracción de amilopectina del almidón de papa contribuyen a su alta capacidad de absorción de agua, viscosidad, transparencia, y estabilidad a la congelación-descongelación (Singh *et al.*, c2016). Así como, la mayor claridad de la pasta (Bello-Pérez *et al.*, c2009).

Por otro lado, Singh *et al.* (c2016) reportaron que el contenido de fósforo, amilosa, viscosidad máxima de la pasta y la fracción del gránulo largo específico son características de calidad para la selección de líneas de papas y cultivares. Los fosfolípidos presentes en el almidón tienen la tendencia a formar complejos con amilosa y cadenas largas ramificadas de

amilopectina, la cual limita el hinchamiento del gránulo de almidón, lo que resulta en pastas opacas y con baja viscosidad.

El almidón de fuentes de leguminosas y tubérculos contienen fósforo esterificado (monoésteres de fosfato), el cual está presente como fosfato unido a los grupos hidroxilo del C-6 y C-3 de las unidades de glucosa (Luallen, c2018). El almidón de papa ha sido reportado con valores de 61 por ciento de monoésteres de fosfato con puentes en el C-6 de las unidades de glucosa, y 38 por ciento de monoéster fosfato en C-3 de la glucosa, y posiblemente 1 por ciento de monoéster en la posición del C-2 (Singh *et al.*, c2016). Los monoésteres de fosfato de almidón de papa están primordialmente ubicados en moléculas de amilopectina, solo cantidades trazas se encuentran en moléculas de amilosa. Los grupos monoéster de fosfato en almidón de papa se encuentran unidos a las unidades glicosilo, distribuidas ~61% en O~6, ~38% en O~3, y posiblemente el 1% en O~2. La amilopectina de la papa contiene un monoéster de fosfato por 317 unidades de glicosilo, equivalente a un grupo fosfato por 13 cadenas ramificadas (Jane, c2009).

Estudios de gelatinización de superficie, método que ha sido empleado para investigar la estructura de moléculas de amilopectina a diferentes locaciones radiales (por ejemplo, en el núcleo y periferia) dentro del gránulo; han mostrado que monoésteres de fosfato están más concentrados al centro que en la periferia del almidón de papa, y que los gránulos pequeños tienen un mayor contenido de fosfato que los gránulos grandes. El contenido de monoéster de fosfato del almidón de papa es inversamente proporcional a la cristalinidad y a la entalpía de gelatinización del almidón, lo que indica que los monoésteres de fosfato están presentes dentro de la región cristalina del gránulo del almidón. Este resultado concuerda con que los monoésteres de fosfato están localizados a más de nueve unidades de glicosilo lejos de los puntos de ramificación de la amilopectina (Jane, c2009).

2.4.3. CONTENIDO DE AMILOSA Y AMILOPECTINA

El almidón es el mayor carbohidrato almacenado en las plantas, y consiste en dos tipos de moléculas: amilosa (polímero lineal de unidades de glucopiranososa o α -D-glucosa unidos por enlaces α -1,4 glucosídicos) y amilopectina (polímero ramificado de unidades de α -D-glucosa, con alto peso molecular, unidos por enlaces α -1,4 y α -1,6 glucosídicos). Esta última es el mayor componente de almidones, en la papa constituye normalmente entre 70-80 por

ciento de su peso. Esta composición del polímero puede afectar las propiedades fisicoquímicas tales como gelatinización, textura, retención de humedad, viscosidad, y homogeneidad del producto, las cuales son determinantes para sus aplicaciones (Kaur & Singh, c2016; Singh *et al.*, c2016).

Jane (c2009) afirma que la amilosa y amilopectina tienen diferentes propiedades. Por ejemplo, la amilosa produce geles duros; mientras que, la amilopectina, en dispersión acuosa, es más estable y produce geles suaves y películas débiles. El efecto funcional de la amilopectina con cadenas más largas ha sido resaltado en varios estudios, de tal manera que, ésta es importante para la formación del gel, puesto que se obtienen geles más fuertes cuando sus cadenas son más largas (Bertoft *et al.*, 2016). El contenido de amilosa influye significativamente en las propiedades funcionales del almidón, un alto contenido de esta afecta susceptiblemente a la retrogradación y la mayor elasticidad de las pastas de almidón (Przetaczek-Rożnowska, 2017). Por tal motivo, es que en algunas aplicaciones industriales la presencia de amilosa es indeseable, ya que, después de gelatinización ésta forma cristales los cuales reducen la claridad de la pasta (Grommers & Van der Krogt, c2009).

Bertoft *et al.* (2016) mencionan que las interacciones de amilopectina-amilopectina y amilopectina-amilosa son responsables de los cambios en las propiedades del gel durante un largo almacenamiento. Por otro lado, Villanueva *et al.* (2018) también afirman que la relación de amilosa/amilopectina del almidón afecta a las propiedades funcionales y es atribuida a diferentes factores tales como la fuente botánica, tipo de suelo y condiciones climáticas durante el crecimiento de la planta. Asimismo, Jane (c2009) menciona que esta interacción, particularmente con la presencia de lípidos o fosfolípidos, ha demostrado afectar significativamente la temperatura de formación de pasta, viscosidad de pasta, estabilidad y claridad, así como la velocidad de retrogradación de pastas.

La amilosa de papa y camote contienen cadenas ramificadas largas y cortas, a diferencia de otras amilosas, como las provenientes de maíz, trigo y castaña que tienen principalmente cadenas ramificadas cortas (DP~18). Además, la amilosa de cereales, en general, poseen fracciones molares más pequeñas (0,27-0,44) que las amilosas de tubérculos y raíces (0,34-0,70). La amilosa tiene un número pequeño de ramificaciones y cristaliza y precipita cuando

se compleja con 1-butanol, además su afinidad con el yodo es mucho más grande que la de amilopectina (Bello-Pérez *et al.*, c2009).

Además, la calorimetría de diferencial de barrido ha revelado que la formación de complejo amilosa-lípido es instantánea y reversible. El complejo amilosa-lípido es fusionado con un pico endotérmico durante el calentamiento a la temperatura de fusión, pero el complejo es reconstituido durante el enfriamiento, reflejado por un pico exotérmico a temperatura similar. Sin algún agente complejo presente, la porción lineal de moléculas de almidón emparejará a sus sitios hidrofóbicos doblados dentro de la doble hélice (Bello-Pérez *et al.*, c2009).

2.4.4. MICROSCOPIA

Jarén *et al.* (c2016) mencionan que la técnica de microscopía es comúnmente usada para estudiar la estructura y morfología del almidón de papa. Singh *et al.* (c2016) afirma que la morfología granular del almidón varía con el genotipo de la planta y prácticas culturales, la cual es visualizada mediante microscopía. Esto también depende de la bioquímica del cloroplasto/amiloplasto y la fisiología de la planta. Las distribuciones de tamaño del gránulo de los almidones varían entre los cultivares de papa, el tamaño promedio del gránulo pequeño va desde 1-10 μm , 11-25 μm para gránulos medianos, y 25-110 μm para gránulos largos.

Los gránulos pequeños de almidón de papa son de forma esférica u ovalar, y los largos son generalmente elipsoidales a cuboides o de forma irregular. Esta variación de la forma del gránulo en función al tamaño puede deberse a la relación del empaque del gránulo durante el crecimiento de los órganos de almacenamiento; puesto que el limitado espacio disponible en las células del tubérculo puede llevar a la alteración en la forma del gránulo en crecimiento. Además, los gránulos de almidón largos tienen mayores contenidos de amilosa que los gránulos pequeños (Singh *et al.*, c2016).

La mayoría de polímeros en el gránulo (en promedio ~70%) están en estado amorfo, desde el nivel de cristalinidad. Los gránulos nativos, sin embargo, producen patrones de difracción

de rayos X que, aunque ellos son generalmente de baja calidad, pueden ser usados para identificar varias alomorfías. Por lo general, los almidones de la mayoría de cereales dan los tan conocidos patrones tipo A, y algunos tubérculos como la papa y almidones de cereal ricos en amilosa producen los patrones de tipo B (Bello-Pérez *et al.*, c2009). Por otro lado, existen técnicas avanzadas como microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía de fuerza atómica (AFM), las cuales permiten un análisis superficial; mientras que la microscopía electrónica de transmisión (TEM), brinda información interna (Jarén *et al.*, c2016).

2.5. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN

2.5.1. PODER DE HINCHAMIENTO, SOLUBILIDAD Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

La propiedad de poder de hinchamiento es una medida de la capacidad de retener el agua del almidón, posterior a ser calentado en agua, enfriado y centrifugado. También la hidratación e hinchamiento que sufre el almidón durante el proceso de calentamiento muestra la magnitud de interacción entre las cadenas del almidón (Tan & Halley, 2014). Además de ello, el poder de hinchamiento disminuye con el incremento del contenido de amilosa para todos los almidones. Por ende, esto puede indicar el rol de la amilopectina en determinar la capacidad de hinchamiento de los gránulos de almidón mientras éstos son calentados. Adicionalmente, la variación del poder de hinchamiento es independiente de la longitud promedio de la cadena de amilopectina (Tan & Halley, 2014). Mientras que, la solubilidad en agua refleja el grado de disolución durante el proceso de hinchamiento del almidón (Zhang, L. *et al.*, 2018a).

Según Singh *et al.* (c2016), la causa de que ocurra un incremento del hinchamiento y solubilidad del gránulo es debido a la interrupción de la estructura cristalina y unión de las moléculas de agua con los grupos hidroxilos expuestos de la amilosa y amilopectina por puentes de hidrógeno; el cual es provocado por el calentamiento de las moléculas de almidón

en exceso de agua. En relación a la capacidad de absorción de agua, ésta depende de la estructura del almidón, el grado de asociación para formar puentes de hidrógeno entre las cadenas del almidón, fuerzas internas que controlan la estructura del gránulo y la disponibilidad de sitios de unión del agua (Villanueva *et al.*, 2018).

Por otro lado, el mayor poder de hinchamiento y solubilidad de almidón de papa se debe probablemente a la presencia de numerosos grupos fosfatos en las moléculas de amilopectina. Dado que, la repulsión entre grupos fosfatos en cadenas adyacentes incrementa la hidratación por el grado de debilitación de puentes dentro del dominio cristalino. Asimismo, estas propiedades son mayores en gránulos de menor tamaño a causa de su mayor área superficial específica (Singh *et al.*, 2016). Al respecto, Villanueva *et al.* (2018) añaden que el bajo poder de hinchamiento de almidón de papa puede ser resultado de la formación estable de complejos de amilosa-grupos fosfato, y de la débil organización interna causado por grupos fosfatos cargados negativamente dentro de los gránulos de almidón de papa.

2.5.2. CLARIDAD

Existe un gran número de definiciones para la claridad en la literatura, por ejemplo, Schoch (1942a) definió que la luz de reflantancia de las pastas esta más cercamente relacionada a la homogeneidad óptica dentro de los gránulos de almidón y, por lo tanto, es una mejor medida de la claridad frente a la luz de transmitancia (Craig *et al.* 1989).

Según los resultados de investigación, Craig *et al.* (1989) definieron que la claridad se juzga por la legibilidad de un objeto a través de la pasta, es decir, cuando se ilumina desde el frente un objeto que se encuentra detrás de una pasta de almidón y, la imagen del objeto aparecerá clara si la luz de transmitancia atraviesa libremente la pasta. Una pasta de almidón clara se define como aquella que da una imagen nítida e intensa de un objeto visto a través de ésta, siendo el porcentaje de transmitancia usado para medir la claridad.

La claridad es una propiedad medida mediante espectroscopía, que disminuye cuando la agregación de las cadenas de amilosa se lleva a cabo a mayor velocidad mediante el uso de bajas temperaturas. Asimismo, el porcentaje de transmitancia disminuye cuando se incrementa el tiempo de almacenamiento (Bello *et al.*, 2002). Este fenómeno ocurre a causa

de la estrecha asociación de cadenas, la cual conduce a la restricción en la formación de puentes de hidrógeno entre cadenas (Lawal *et al.*, 2008).

El almidón de papa ha sido utilizado extensivamente en sistemas de alimentos a causa de sus propiedades únicas de formación de gel y la claridad de los geles producidos (Lu *et al.*, 2016). Craig *et al.* (1989) afirman que los gránulos de almidón se hinchan y la fragilidad de éstos afectaría la claridad de la pasta de almidón. Por otra parte, Tetchi *et al.* (2007) mencionan que la claridad de la pasta varía acorde al contenido de solutos y naturaleza; incrementando considerablemente la claridad de la pasta con la presencia de mayor contenido de sucrosa y glucosa. Mientras que, los lípidos contribuyen a la opacidad de las pastas de almidón; y la adición de cloruro de sodio reducen considerablemente la transmitancia de luz y claridad visual, pero incrementa la blancura en la pasta de almidón de papa (Craig *et al.*, 1989).

Tetchi *et al.* (2007) concluyeron que la transmitancia de luz en pastas de almidón puede depender del: origen botánico, grado de dispersión de los gránulos, concentración media, índice de refracción medio y la agregación de moléculas o capacidades de asociación de los almidones acorde a condiciones de temperatura y tiempo. Además, los almidones de papa y yuca generaron pastas más claras.

Craig *et al.* (1989) han clasificado las pastas de almidón en tres categorías según el comportamiento frente a la luz:

- Alta claridad y casi sin blancura: debido a poca o ninguna refracción de luz a causa de la falta de residuos granulares hinchados; y poca reflexión de luz, a causa de limitadas asociaciones de cadenas de almidón.
- Moderada claridad y alta blancura: debido a poca refracción (pocos residuos granulares) y alta reflexión de luz, a causa de asociaciones entre cadenas.
- Baja claridad y poca blancura (debido a alta refracción de luz por residuos granulares hinchados, pero poca reflexión de luz por gránulos de almidón colapsados o asociados).

2.5.3. SINÉRESIS EN REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN-DESCONGELACIÓN

La sinéresis es un fenómeno que consiste en la separación del agua de la estructura del gel debido al encogimiento de la red del gel por el reordenamiento de las moléculas de almidón lixiviadas (Kumar *et al.*, 2018); además es considerada un índice del grado de retrogradación del almidón a bajas temperaturas, determinándose que la sinéresis aumenta con el incremento de días de almacenamiento a 4°C (Abegunde *et al.*, 2013). La sinéresis es un fenómeno indeseable para geles de almidón o productos que contienen almidón, dado que está relacionada con el deterioro de un producto (Kumar *et al.*, 2018).

La estabilidad a la congelación-descongelación es una característica clave del almidón que es usado para determinar la fuerza estructural y resistencia de la textura a cambios drásticos de temperatura indeseables que ocurren durante congelación y descongelación (Kumar *et al.*, 2018). Los productos alimenticios congelados a base de almidón experimentan cambios texturales relacionados a la retrogradación de amilosa y amilopectina y muestran sinéresis después de descongelación. Estos cambios han sido atribuidos a la retrogradación del almidón (Charoenrein & Preechathamwong, 2012).

Por otro lado, Charoenrein & Preechathamwong (2012) afirman que el control de la estabilidad de congelación-descongelación de pastas de almidón y geles mediante la adición de hidrocoloides ha sido ampliamente estudiado. El uso de pequeñas cantidades de hidrocoloides hace posible modificar geles y productos a base de almidón para mejorar su textura, producir mayor viscosidad y menos sinéresis al reducir la retrogradación de amilosa o amilopectina. Una menor sinéresis puede deberse a las interacciones que pueda darse entre hidrocoloide y amilosa, la mayor viscosidad del hidrocoloide, y la distribución del almidón en la matriz hidrocoloide.

2.5.4. PROPIEDADES TÉRMICAS

a. GELATINIZACIÓN

La gelatinización de almidón se refiere al proceso que ocurre cuando el calor es aplicado, después de que el agua ha sido añadida al almidón. Este proceso exhibe dos etapas de comportamiento. La primera etapa se considera desde la temperatura de gelatinización alrededor de 60 a 75°C, en la cual la parte amorfa del almidón primero llega a ser hidratada e hinchada limitadamente y ocurre un bajo nivel de solubilización, seguido de una destrucción de la región cristalina, incrementándose la viscosidad, y destruyéndose las formas granulares. Además, el hinchamiento es causado principalmente por la propiedad de la amilopectina, por lo contrario, la amilosa y lípidos inhiben la hidratación de los gránulos. La segunda etapa, la transición de fase del almidón ocurre sobre los 90°C, en la cual los gránulos hinchados y desorientados o alterados llevan a una solubilización más o menos completa (30-60%) (Colonna & Buleon, c2010; Kim *et al.*, 2017).

La gelatinización es una propiedad funcional clave de los gránulos de almidón que por lo general determina su fin de uso. El proceso de gelatinización es investigado por los eventos físicos como hinchamiento del gránulo, pérdida de cristalinidad, pérdida de orden de doble hélice, absorción de calor, incremento de viscosidad y solubilización de amilosa (Shrestha & Halley, 2014). Para Colonna & Buleon (c2010), la gelatinización es un proceso semi-cooperativo, debido a la relación entre la fusión facilitada por la hidratación de las regiones cristalinas y el hinchamiento que posee para una mayor hidratación de cadenas de polímeros desordenadas en las zonas amorfas. La fracción no dispersada de los gránulos hincha por absorción de 10 a 30 veces su peso en agua en función a la temperatura, según el tipo de almidón. Por otra parte, la entalpía de gelatinización es una cantidad termodinámica neta correspondiente al hinchamiento del gránulo, fusión de cristales, hidratación e incluso re-cristalización (exotérmica) cuando lípidos en forma de complejos están presentes.

Por otra parte, Colonna & Buleon (c2010) y Shrestha & Halley (2014) afirman que la gelatinización corresponde a la interrupción irreversible del orden molecular dentro de los gránulos de almidón observados cuando las suspensiones diluidas acuosas de gránulos de almidón son calentadas sobre 60°C. La formación de gel de almidón es conocida como

gelatinización, siendo la temperatura de gelatinización la que varía acorde al origen de almidón, relación de amilosa y amilopectina y otros factores. Una pérdida de birrefringencia ocurre en un rango de temperatura característico de cada tipo de almidón acorde a su origen botánico: el almidón de papa oscila desde 56 a 66°C, el almidón de maíz desde 62 a 72°C, y el almidón de arroz desde 66 a 77°C.

La temperatura de inicio de la gelatinización tiene una relación directa con la longitud de la cadena de amilopectina, aunque la tendencia es menos evidente para almidones de trigo. Las variaciones de esta temperatura pueden estar correlacionada a las proporciones relativas de cadenas de amilopectina con longitudes de cadena corta (DP 4-12) e intermedia (DP 13-24). Un incremento en la cantidad de cadenas cortas de amilopectina lleva a la reducción de la temperatura de gelatinización, ya que, la presencia de éstas puede desestabilizar la asociación de hélice-hélice y, por lo tanto, causar que la gelatinización ocurra a menor temperatura. Por lo contrario, mayor cantidad de fracciones de cadena de longitud intermedia puede generar estructuras helicoidales más estables y debido a ello, mayor energía para iniciar la disociación de las hélices de amilopectina (Tan & Halley, 2014).

Además, la temperatura de fusión para cristales tipo A es más alta que para cristales tipo B (papa), puesto que, los primeros presentan mayor cristalinidad. En las cadenas cortas de amilosa, ambos tipos de cristales siguen un comportamiento típico del sistema de polímero-diluyente: en contenido de agua reducido la temperatura de fusión de ambos alomorfos incrementa. Ello se basa en la interacción directa entre cristales de almidón y agua, aunque el verdadero equilibrio entre cristales y solvente no se presente durante la gelatinización (Colonna & Buleon, c2010).

Durante la gelatinización muchos eventos toman lugar simultáneamente. La difusión del agua dentro del gránulo del almidón con un limitado hinchamiento, desaparición de birrefringencia, pérdida de cristalinidad del gránulo, transiciones de fase endotérmica, hinchamiento predominante de los gránulos después de perder la birrefringencia, y una disminución de los tiempos de relajación de las moléculas de agua (Colonna & Buleon, c2010).

Por otra parte, Colonna & Buleon (c2010) concluyeron que las zonas amorfas del almidón tienen poca influencia en los procesos de gelatinización, el cual es considerado un proceso de disolución controlado termodinámicamente. En contraste, a mayor contenido de agua, la naturaleza cooperativa de la gelatinización de gránulos es encontrada a menor contenido de agua, con la conversión de una doble hélice cristalina a la conformación coloidal.

b. RETROGRADACIÓN

Perera & Hoover (1998) mencionan que la retrogradación son el conjunto de interacciones moleculares que se produce durante el enfriamiento de la pasta gelatinizada, que es una asociación de las cadenas de almidón (amilosa y amilopectina) que conlleva a la formación de una estructura más ordenada.

La retrogradación consiste en dos procesos: gelificación de las moléculas de amilosa liberadas a partir de los gránulos durante la gelatinización y recristalización de amilopectina. La gelificación de la amilosa se lleva a cabo mediante la formación de una doble hélice a partir de segmentos de cadenas, seguido por la agregación de estas hélices de la estructura tipo B (Bello *et al.*, 2002).

Además, el proceso de retrogradación ocurre como consecuencia del enfriamiento de la pasta de almidón gelatinizado, lo que genera que se propicie la re-asociación lenta de las moléculas amorfas dispersadas de almidón que forman una estructura bien empaquetada u ordenada durante el almacenamiento; posterior a las interacciones moleculares resultantes de la formación de puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón y la asociación de polímeros de almidón (Ahmed *et al.*, 2018, Shrestha & Halley, 2014). La mayor parte de la cristalización de las macromoléculas es iniciada por nucleaciones heterogéneas (Chung *et al.*, 2014; Lu *et al.*, 2016).

Por otra parte, Shrestha & Halley (2014) afirman que la cadena de eventos que llevan a la retrogradación de pastas de almidón o soluciones puede tener los siguientes efectos: incremento de la viscosidad, desarrollo de opacidad y turbidez, formación de películas insolubles en pastas calientes, precipitación de partículas de almidón insoluble, formación

de geles y sinéresis de agua de la pasta. El almidón retrogradado es térmicamente estable, cristalinidad tipo B, temperatura de fusión alta, y resistencia a enzimas amilolíticas de mamíferos.

También, la retrogradación es vinculada al incremento de firmeza y rigidez del almidón procesado (Shrestha & Halley, 2014). Este proceso, es sensible al contenido de agua del gel del almidón o los productos horneados. El agua es un importante parámetro para procesos de conformación y re-cristalización, dado que actúa como plastificante de regiones amorfas. Estudios en calorimetría diferencial de barrido han indicado que la cristalinidad máxima ocurre en geles o miga de pan a 35-45% de contenido de agua (Bello-Pérez *et al.*, c2009).

c. USO DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (CDB) EN ESTUDIO DE LA GELATINIZACIÓN Y RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN

Durante la gelatinización, cambios en la microscopía de escala ocurren simultáneamente con los cambios a nanoescala. La pérdida de cristalinidad puede ser detectada como un evento endotérmico por calorimetría diferencial de barrido (CDB). Los almidones ricos en amilosa producen endotermas muy amplios, con mayores temperaturas de fusión (entre 80 y 130°C). En adicional, una segunda transición endotérmica reversible es observada cerca a los 100°C para almidones de cereales que contienen lípidos, esta transición es usualmente asignada a la fusión del complejo de amilosa-lípido. Cada tipo de almidón da un endoterma característico para su cambio de entalpía (10-20 J.g⁻¹) con temperaturas características (inicio, pico, final) (Colonna & Buleon, c2010).

La temperatura de fusión es comúnmente equivocada por la temperatura de gelatinización. Los estudios en CDB han demostrado que no hay discontinuidad que diferencia la gelatinización y fusión. Temperaturas de fusión experimentales son conocidas para variar en función del contenido de agua acorde a la ecuación de Flory (1953) para fracciones de volumen de agua entre 0,1 y 0,7 donde la inversa de la temperatura de fusión es una relación lineal positiva a la fracción del volumen del agua (Colonna & Buleon, c2010).

2.5.5. PROPIEDADES REOLÓGICAS

Las propiedades reológicas de varios almidones varían en gran parte con respecto a la estructura granular. Además, la mayor presencia de monoésteres de fosfato y la ausencia de lípidos y fosfolípidos permite picos más altos de G' y G'' en el almidón de papa. Así como, el contenido de proteína de almidón de arroz ha sido reportado a estar negativamente correlacionado con la viscosidad pico y positivamente correlacionado con temperatura de formación de la pasta (Singh *et al.*, 2016).

Durante la gelatinización, los gránulos de almidón se hinchan a varias veces su tamaño inicial, ocurre ruptura y, simultáneamente la amilosa se filtra hacia afuera y forma una red tridimensional. El hinchamiento del almidón es una propiedad de su contenido de amilopectina, y la amilosa actúa como un diluyente e inhibidor de hinchamiento para ambos. El almidón muestra un comportamiento de viscosidad único con cambio en temperatura, concentración y tasa de esfuerzo cortante (Singh *et al.* 2016).

a. PROPIEDADES DE LA FORMACIÓN DE LA PASTA (PASTING)

Rao (2014) define a la viscosidad como la fricción interna de un fluido o su tendencia a resistir el flujo. Esta es denotada por el símbolo η para fluidos Newtonianos, cuya viscosidad no depende de velocidad de cizalla, y para fluidos no Newtonianos que muestran dependencia de velocidad de cizalla por η_a . De acuerdo al sistema de flujo y selección de velocidad de cizalla y esfuerzo cortante, existen muchas ecuaciones que la calculan. Tal como:

$$\eta_a = \frac{\text{Esfuerzo cortante}}{\text{Velocidad de cizalla}} = \frac{\sigma}{\gamma}$$

La viscosidad durante el inicio de la rampa de temperatura RVA es atribuida al hinchamiento del gránulo, la disminución en la viscosidad pico está relacionada con el poder de hinchamiento y contenido de amilosa. También, una disminución en los valores de ruptura de la viscosidad RVA es notado con el incremento de contenido de amilosa. Esto puede estar relacionado a la variación en la viscosidad pico, donde valores de viscosidad pico más altos

implican generalmente gránulos hinchados más largos en estos almidones (Tan & Halley, 2014).

En consecuencia, mientras los gránulos hinchados son sometidos a altas temperaturas y esfuerzo cortante, los gránulos de almidón más largos tienen una mayor tendencia a colapsar que los gránulos de almidón más cortos mientras éstos están sometidos a altas temperaturas y esfuerzos cortantes continuos. El colapso de estos gránulos hinchados consecuentemente resulta en la ruptura, la cual es usualmente observada durante el periodo mantenido a 95°C, como se observa en la Figura 2, en el cual los gránulos han hinchado a su máximo tamaño (Tan & Halley, 2014).

La forma del pico alcanzado es la reflexión de los procesos que toman lugar durante el ciclo de formación de pasta. La altura del pico a la concentración dada refleja la capacidad de los gránulos a hinchar libremente antes de su ruptura física. La forma del pico es, sin embargo, fuertemente influenciada por la concentración inicial de la suspensión de almidón. El incremento de viscosidad durante el periodo de enfriamiento indica la tendencia a asociarse o retrogradarse de varios constituyentes presentes en la pasta caliente (gránulos hinchados, fragmentos de gránulos hinchados, moléculas de almidón dispersadas molecular y coloidalmente), mientras la temperatura de pasta decrece (Singh *et al.*, c2016).

Por otro lado, Shrestha & Halley (2014) mencionan que las curvas de formación de pasta (ver Figura 2) no caracterizan completamente a los almidones en relación con su utilización en ciertos productos alimentarios o ambientes físicos. En esos casos, el gel de almidón también es caracterizado con ciertos módulos: el módulo de corte (G) y módulo complejo (G^*), y el ángulo fase (δ) que es usado para indicar el grado de elasticidad.

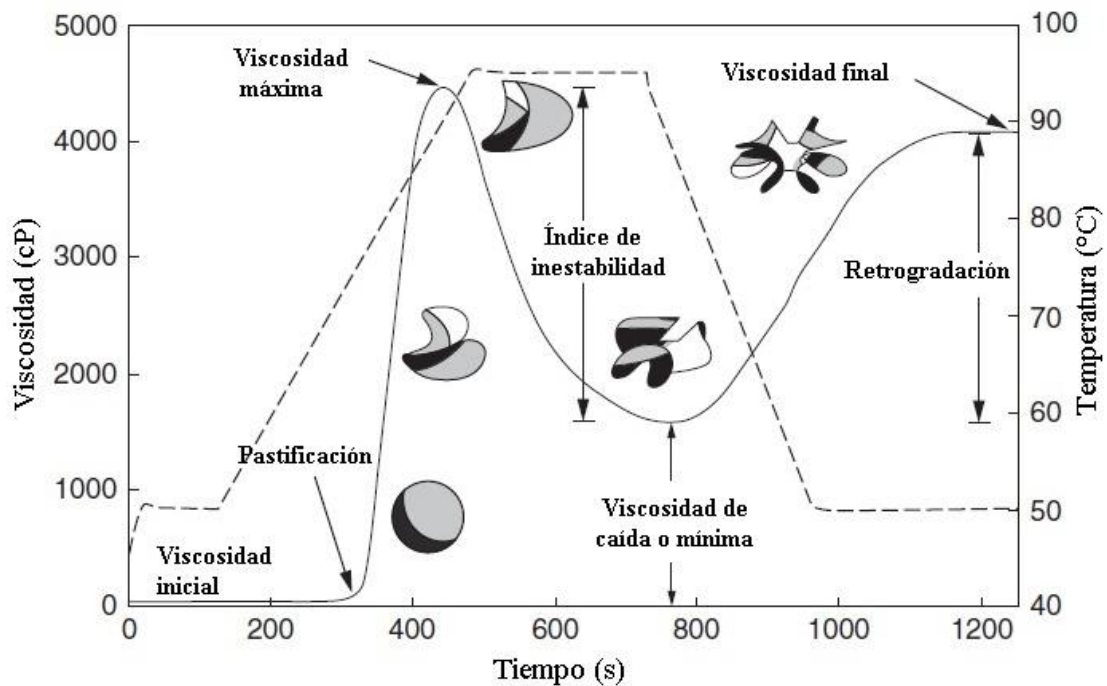


Figura 2: Curva de formación de la pasta de almidón y perfil de temperatura. También mostrando el hinchamiento de gránulos de almidón de trigo y estallido de gránulos y subsecuente cambio en viscosidad.

FUENTE: Shrestha & Halley (2014)

En la Figura 2 se muestra un análisis de propiedades de formación de la pasta de gránulos de almidón usando amilógrafos tal como el Amilografo Brabender y RVA, este análisis es un método clave para la caracterización del almidón. En esta figura se muestra la medida del perfil de formación de pasta del almidón a varias temperaturas usando RVA.

Por otro lado, Mínguez (2012) señala que las propiedades de formación de pasta, pastificación o empastado son importantes para conocer características del almidón. Son útiles para predecir el comportamiento de la harina en la cocción y en el proceso de elaboración de cerveza. Las principales características son:

- **Viscosidad inicial (*Pasting viscosity*) (cP) (PV):** Viscosidad en el punto donde se inicia la gelatinización del almidón o formación de pasta.

- **Temperatura de pastificación (*Pasting temperatura*) (°C) (TP):** Temperatura inicial de empastado ocurre al inicio de la pastificación, indica la temperatura mínima necesaria para cocinar una muestra dada (almidón), puede tener implicaciones para la estabilidad de otros componentes en una fórmula, y también es un referencial de costo energético (Perten Instruments, 2000).
- **Viscosidad máxima (*Peak viscosity*) (cP) (VM):** El pico de viscosidad indica la capacidad de retención de agua del almidón o mezcla. Este es frecuentemente correlacionado con la calidad del producto final, y también proporciona una indicación de la carga viscosa que puede encontrar una cocina mezcladora (Perten Instruments, 2000).
- **Temperatura pico (*Peak Temperature*) (°C) (PT):** Temperatura a la que se produce el pico de viscosidad máxima.
- **Tiempo pico (*Peak Time*) (min) (Pt):** Es el tiempo en que la pasta demora en alcanzar la viscosidad máxima, también denominado la facilidad de cocción de la pasta (Lucas & Quintero, 2016).
- **Índice de inestabilidad (*Breakdown*) (cP) (II):** Diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad de caída que se produce en el tramo de temperatura constante.
- **Viscosidad de caída o mínima (*Trough*) (cP) (VC):** Es el menor valor de viscosidad antes del comienzo de la retrogradación. Se produce al final del tramo de temperatura constante, antes de que se comience el enfriamiento.
- **Retrogradación (*Setback*) (cP) (RG):** Es la diferencia entre la viscosidad final y la viscosidad de caída, expresa la re-asociación entre moléculas de almidón durante el enfriamiento. Ésta involucra retrogradación o re-ordenamiento de las moléculas de almidón, y ha sido correlacionado con la textura de varios productos (Perten Instruments, 2000).

- **Viscosidad final (*Final viscosity*) (cP) (VF):** Viscosidad final en frío, cuando la pasta se enfría, se reorganiza y la consistencia vuelve a aumentar. Es el parámetro más usado para definir la calidad de una muestra en particular, ya que indica la capacidad del material para formar una pasta viscosa o gel después de cocción y enfriamiento (Perten Instruments, 2000).

En adicional, Perten Instruments (2000) señala que la tasa de estabilidad de la viscosidad hacia una viscosidad de caída o viscosidad de pasta caliente depende de la temperatura y el grado de mezcla o esfuerzo cortante aplicado a la mezcla, y la naturaleza del material. La capacidad de una muestra para resistir este calentamiento y fuerza cortante es un importante factor para muchos procesos.

A continuación, se presenta un esquema en la Figura 3 de las etapas generales por las que pasó la pasta de almidón desde la pre-gelatinización hasta el momento que ocurrió la formación de pasta y su final retrogradación al disminuirse la temperatura.

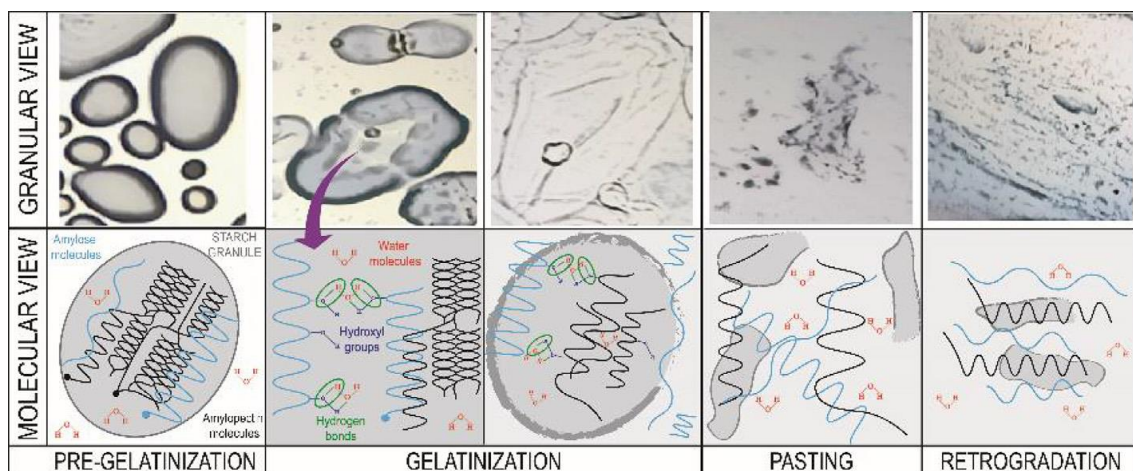


Figura 3: Representación gráfica de la pre-gelatinización de almidón, gelatinización, formación de pasta y fenómeno de retrogradación. Primera fila: vista granular (imágenes reales de almidón de papa). Segunda fila: vista molecular (representación).

FUENTE: Castanha *et al.* (2019)

b. MEDICIÓN DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO

Según Geankoplis (2006) los fluidos no newtonianos son aquellos que no obedecen la ley de Newton, en estas condiciones una gráfica del esfuerzo cortante (σ) en función de velocidad de cizalla ($-dv/dr$) no es lineal a través del origen. Los fluidos no newtonianos pueden dividirse en dos categorías principales con base en su comportamiento de esfuerzo cortante/velocidad cortante: fluidos en los que el esfuerzo cortante es independiente o dependiente del tiempo. Además de su comportamiento anormal en relación con el esfuerzo cortante, algunos fluidos no newtonianos también tienen características elásticas (como el caucho) que están en función del tiempo, denominándolos como fluidos viscoelásticos. Estos fluidos exhiben esfuerzos normales perpendiculares a la dirección del flujo, en adicional a los esfuerzos tangenciales usuales.

La clasificación de fluidos independientes del tiempo planteada por Geankoplis (2006) es:

- Fluidos plásticos de Bingham: Éstos son los más simples, solo difieren de los newtonianos en cuanto a que la relación lineal no pasa por el origen. Para iniciar el flujo se requiere un exceso de cierto valor del esfuerzo cortante llamado límite de fluidez o umbral de fluencia.
- Fluidos pseudoplásticos: La mayoría de fluidos no newtonianos pertenecen a esta categoría e incluyen a las soluciones o fusiones de polímeros, los lípidos, las suspensiones de almidón, la mayonesa, ciertos fluidos biológicos, entre otros. Para este tipo de flujo la viscosidad aparente disminuye al aumentar el esfuerzo cortante, que por lo general puede representarse mediante la una ecuación exponencial:

$$\sigma = K \left(-\frac{dv}{dr} \right)^n$$

Donde K es el índice de consistencia en $N \cdot s^n / m^2$ y n es el índice de comportamiento de flujo (adimensional), el cual es menor a 1 ($n < 1$).

- Fluidos dilatantes: Éstas son mucho menos comunes que los pseudoplásticos y su comportamiento de flujo muestra un aumento de la viscosidad aparente al elevar la velocidad cortante ($n > 1$).

Según Rao (2014) cuando el esfuerzo producido por un alimento es medible, este puede ser incluido en el modelo de Ley de Potencia Modificada que es conocido como el modelo de Herschel-Bulkey. Este modelo sigue un comportamiento de flujo independiente al tiempo y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sigma_o + K\gamma^n$$

Donde γ es la velocidad de cizalla (s^{-1}), σ es el esfuerzo cortante (Pa), n es el índice de comportamiento de flujo, K es el índice de consistencia, y σ_o es el límite de esfuerzo, esfuerzo inicial o umbral de frecuencia. El concepto de límite de esfuerzo ha sido cuestionado porque el flujo puede deformarse minuciosamente a valores de esfuerzo más bajos que el límite de esfuerzo. Sin embargo, éste puede ser considerado una realidad de ingeniería y tiene un rol importante en muchos productos alimentarios. Además, si el límite de esfuerzo de una muestra es conocido de un experimento independiente, n y K pueden ser determinados por regresión lineal de $\log(\sigma - \sigma_o)$ frente a $\log(\gamma)$ como la pendiente e intercepto, respectivamente (Rao, 2014).

c. MEDICIÓN DE COMPORTAMIENTO VISCOELÁSTICO

Las propiedades viscoelásticas de dispersiones de almidón son de gran interés para entender su estructura. En adicional, estudios en dispersiones de partículas sintéticas mostraron que éstas pueden tener un rol relevante en el entendimiento de su comportamiento de flujo. Asimismo, uno puede anticipar que el comportamiento viscoelástico de dispersiones de almidón está también influenciado muy fuertemente por la fracción de volumen y el estado de gránulos en la dispersión (Rao, 2014).

El módulo dinámico de almacenamiento (G') es una medida de energía almacenada en el material y recuperado desde éste por ciclo de deformación, que progresivamente incrementa

en gran medida a una cierta temperatura a un máximo (pico G') y luego cae con calentamiento constante en un reómetro dinámico. Mientras que el módulo de pérdida (G'') es una medida de la energía disipada o perdida como disipación viscosa por ciclo de deformación sinusoidal (Singh *et al.*, 2016; Rao, 2014). Rao (2014) señala que, para un sólido perfectamente elástico, toda la energía es almacenada, lo que significa que G'' es cero y el esfuerzo y deformación estarán en fase. En contraste, para un líquido sin propiedades elásticas toda la energía es disipada como calor, por lo tanto, G' es cero y el esfuerzo y deformación estarán fuera de fase de 90° (ver Figura 4).

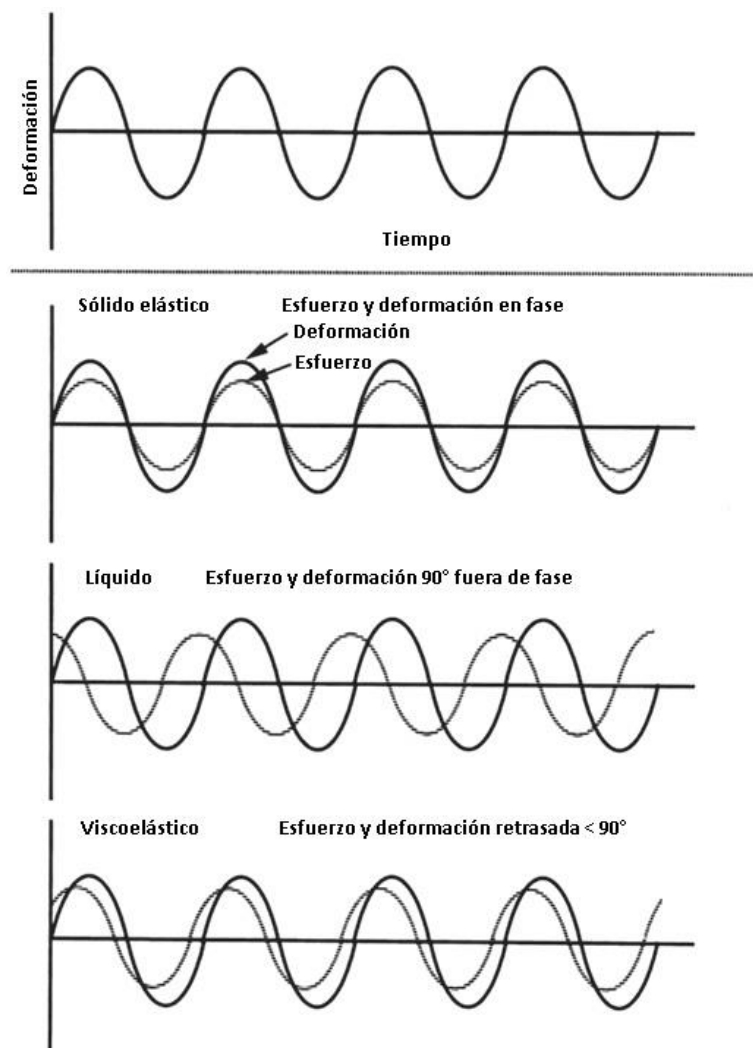


Figura 4: Esfuerzo frente a la deformación de un líquido Newtoniano, un líquido viscoelástico, y un sólido perfectamente elástico en pruebas dinámicas.

FUENTE: Rao (2014)

El incremento inicial en G' es debido al hinchamiento granular para llenar el volumen entero disponible del sistema para formar una red tridimensional de gránulos hinchados. Con un incremento más allá de la temperatura, G' decrece, indicando la destrucción de la estructura del gel durante calentamiento prolongado. Esta destrucción es a causa del derretimiento de la región cristalina restante en los gránulos de almidón hinchados, que se deforman y pierden las partículas. La relación de la energía perdida a la energía almacenada para cada ciclo puede ser definido por un factor de pérdida ($\tan \delta$), el cual es otro parámetro que indica el comportamiento físico de un sistema (Singh *et al.*, c2016).

- **Tipos de las pruebas de reología dinámica**

Según Rao (2014) una vez la región viscoelástica lineal es establecida, tres tipos de pruebas de reología dinámica pueden ser utilizadas para obtener propiedades útiles de alimentos viscoelásticos, tal como los geles, y de gelificación y fusión. La región viscoelástica puede ser verificada con cierta muestra por incremento de la amplitud de oscilación y observando la magnitud de retardo de fase y la relación de amplitud. El límite de la linealidad puede ser detectado cuando propiedades reológicas dinámicas (G' y G'') cambian rápidamente de sus valores casi constantes.

- **Barrido de frecuencia:** En los estudios de barrido de frecuencia en los cuales G' y G'' son determinados como una función de frecuencia (ω) a una temperatura establecida. Cuando se realizan apropiadamente, las pruebas de barrido de frecuencia proporcionan datos a través de un amplio rango de frecuencias. Sin embargo, si parámetros fundamentales son requeridos, cada prueba tiene que estar restringida al comportamiento viscoelástico lineal. En base a la data de barrido de frecuencia, se puede designar “geles verdaderos” cuando los arreglos moleculares dentro de la red son muy reducidos sobre las escalas de tiempo analizadas, tal que G' es mayor que G'' en toda la gama de frecuencias, y es casi independiente de la frecuencia. En contraste, para “geles débiles” hay mayor dependencia en frecuencia para el módulo dinámico, lo que sugiere la existencia de procesos de relajación que ocurren incluso en escalas de tiempo cortas, y una menor diferencia entre los valores de los módulos (Rao, 2014).

- Barrido de temperatura: En los estudios de barrido de temperatura en los cuales G' y G'' son determinados como una función de temperatura a determinada ω . Esta prueba es muy apropiada para el estudio de formación del gel durante enfriamiento de la dispersión calentada, y la gelatinización de una dispersión de almidón durante calentamiento y formación de gel de proteínas. La existencia de la región lineal viscoelástica puede verificarse en experimentos preliminares llevado a cabo en un producto determinado en varias etapas de temperaturas (Rao, 2014).
- Barrido de tiempo: En los estudios de barrido de tiempo en los cuales G' y G'' son determinados como una función de tiempo a determinada ω y temperatura. Este tipo de prueba es apropiada para el estudio del desarrollo de estructuras en geles físicos (Rao, 2014).

2.5.6. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER Y ATENUADOR DE REFLECTANCIA (FTIR-ATR)

La espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier y atenuador de reflectancia (FTIR-ATR) es un método rápido y no destructivo para estudiar la estructura del almidón. Además, se ha demostrado que es una herramienta que puede probar cuantitativamente, en un rango corto, interacciones de la estructura del almidón. El accesorio ATR brinda la flexibilidad para analizar las muestras de almidón en un rango de forma física, particularmente en el estado hidratado, permitiendo observar diferentes espectros debido al nivel de hidratación (Warren *et al.*, 2016).

Según Hoyos-Leyva *et al.* (2017) la organización de la región externa de los gránulos de almidón puede ser evaluada mediante espectroscopía FTIR-ATR. El modo ATR es reconocido como un método analítico superficial desde que el rayo infrarrojo penetra alrededor de $2 \mu\text{m}$ del gránulo de almidón. Además, afirma que la región de 800 a 1500 cm^{-1} es una región de la huella digital del almidón. Por otro lado, en el espectro FTIR se observa la absorción de picos o bandas desde ciertas longitudes de onda, las cuales se relacionan con grupos funcionales. Entre ellas, las vibraciones de estiramiento de los grupos hidroxilo están asociados con picos de 3100 - 3600 cm^{-1} , según Guo (2018).

Colonna & Buleon (c2010) afirman que, con la espectroscopía de infrarrojo, se observa como la intensidad de la banda a 1047 cm^{-1} decrece después de la gelatinización, a causa de los procesos de ampliación de la línea de las bandas a 1047 y 1022 cm^{-1} . El proceso inverso involucra la reaparición a 1047 cm^{-1} , que es usualmente observado durante la gelificación. Por lo tanto, la relación entre $1047/1022\text{ cm}^{-1}$ es frecuentemente interpretado como la relación entre la cantidad de orden de corto alcance (contenido de doble hélice) y el contenido amorfo.

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.2. MATERIA PRIMA

Los almidones fueron extraídos de variedades de papas nativas amargas cultivadas en la provincia del Collao, distrito Ilave (Puno, Perú) a 3862 m.s.n.m. y cosechadas de los campos de un agricultor local. Las variedades estudiadas fueron: Ocucuri negra denotada ON (*Solanum curtilobum*), Cuchi jipilla denotada CJ (*Solanum juzepczukii*) y Pala denotada PL (*Solanum juzepczukii*). Un lote de esta cosecha se destinó para la producción de tunta en la localidad de Jallamilla, a orillas del río Huenque y bajo el método tradicional. La extracción de almidón se realizó en la planta industrial de la empresa Agro Industrias MAJU (Tarma, Junín, Perú) bajo el método en húmedo. Este método consiste en la trituración o reducción de tamaño del tubérculo (papa y tunta) y retirando en medio líquido aquellos componentes de la pulpa que son relativamente más grandes, como la fibra y proteína, posteriormente, se facilita la eliminación del agua por decantación o centrifugación y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón y finalmente someter al almidón purificado a secado. La descripción del proceso de extracción se muestra en el Anexo 1, el proceso de transformación de papa a tunta se muestra en la Figura 1.

Obteniéndose almidones de papa (AP) y almidones de tunta (AT), en su totalidad, seis almidones denotados en la Tabla 5.

Tabla 5: Denotaciones de los seis almidones extraídos a nivel industrial

PRODUCTO	DENOTACIÓN
Almidón de papa Ocucuri negra	PON
Almidón de papa Cuchi jipilla	PCJ
Almidón de papa Pala	PPL
Almidón de tunta Ocucuri negra	TON
Almidón de tunta Cuchi jipilla	TCJ
Almidón de tunta Pala	TPL

3.3. REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Materiales de vidrio diversos (pipetas, buretas, matraz Erlenmeyer, probetas, tubos de ensayo, fiolas, beakers).
- Mesa de acero inoxidable
- Campanas desecadoras con silicagel
- Cuchillos y cucharas metálicas
- Bolsas Ziploc de polietileno
- Tubos de polipropileno para centrífuga de 50 ml
- Pinzas
- Magnetos

3.3.2. REACTIVOS

- Amilopectina de almidón de papa. Sigma-Aldrich®, Estados Unidos.
- Amilosa Tipo III: De papa, esencialmente libre de amilopectina. Sigma-Aldrich®, Estados Unidos.

- Dimetilsulfóxido (DMSO). Sigma-Aldrich®, Estados Unidos.
- Yodo resublimado U.S.P. (I2). Fermont®, México.
- Yoduro de potasio (KI). Merck®, Alemania.
- Hidróxido de sodio A.C.S (Fermont®, México)
- Ácido clorhídrico fumante 37% (Merck®, Alemania)
- Agua desionizada (~ pH = 7)
- Agua destilada (~ pH = 7)

3.3.3. EQUIPOS

- Agitador magnético. MR Hei-Tec. Heidolph. Germany.
- Agitador Vortex 622.01.001. ISOLAB Laborgeräte GmbH. Germany.
- Balanza analítica. GR 200, A&D, China.
- Balanza electrónica. PA214, OHAUS®.China.
- Baño de agua con agitación. GLF 1083.Germany.
- Centrífuga 5804 R. Eppendorf AG. Hamburg.
- Espectrocolorímetro. CM-5. KONICA MINOLTA. Japón.
- Espectrofotómetro. Genesys 10S UV-Vis, Estados Unidos.
- Estufa eléctrica con corriente de aire Termaks TS 4115 N° 921472
- Multicalorímetro Diferencial de Barrido-MCDSC. TA Instruments, USA. Con celdas de acero inoxidable Hastelloy.
- Refrigeradora, Congeladora. GENERAL ELECTRIC®. China.
- Reómetro híbrido - DHR3 Discovery. TA Instruments. USA. Usado con placa Peltier y geometría tipo Plato (SST ST XHATCH).
- Espectrofotómetro infrarrojo con Transformada de Fourier equipado con atenuador de reflectancia total (ATR) (Thermo Scientific Inc., modelo Nicolet iS10, USA)
- Microscopio electrónico (Leica, ICC50)

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

a. ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis de composición proximal se llevó a cabo de acuerdo con los métodos oficiales descritos por la AOAC (2005), y comprendió: humedad (método gravimétrico N° 950.46), proteína (método de Kjeldahl Nx6.25 N° 984.13), ceniza (método de incineración N° 942.05), lípidos (método de Soxhlet N° 203.05), fibra cruda (método N° 962.09) y carbohidratos (por diferencia).

b. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FÓSFORO (MÉTODO ESPECTROMÉTRICO DEL MOLIBDATO DE AMONIO)

Se determinó mediante el método N°965.17 (AOAC, 2005).

c. DETERMINACIÓN DE AMILOSA – AMILOPECTINA

• Preparación de solución de yodo

Se preparó una mezcla de 0.0025 M I₂/0.0065 M KI. Para una solución de 100 ml. Se disolvió 0,1079 g KI en 5 ml de agua en una fiola de 100 ml. Se añadió 0,0315 g de I₂, se agitó bien (con la mano) hasta disolver todo el I₂ en KI. Se ajustó el volumen a 100 ml. La solución se almacenó en una botella oscura, a 4 °C, hasta su uso.

• Preparación de curva estándar para mezclas de amilosa y amilopectina

Se preparó mezclas de amilosa y amilopectina puras de papa (0, 10, 20, 30, 40 y 50 por ciento de amilosa). Se pesó 20 mg de cada mezcla en tubos con tapa rosca de fondo redondo, luego se añadió 8 mL de 90 por ciento (v/v) DMSO a cada tubo de fondo redondo y se

mezcló vigorosamente por 2 min usando un vórtex. Seguidamente se calentó los tubos en un baño de agua a 85°C por 15 min con mezclado intermitente. Después, se dejó que los tubos enfríen a temperatura ambiente por 45 min aproximadamente. Además, se revisó si hubo presencia de geles transparentes en la solución enfriada, de ser así se repitió el procedimiento con agitaciones más vigorosas a intervalos de tiempo más cortos que 2 min (mencionado anteriormente). Posterior a ello, se diluyó la muestra a 25 ml con agua destilada en una fiola, y así se consiguió una solución dispersa (solución 1).

A continuación, se determinó la absorbancia de la solución dispersa de almidón. Se añadió 1 ml de solución 1 y 40 ml de agua destilada dentro de una fiola de 50 ml. Después, se añadió 5 ml de solución de I₂ (0.0025 M) - KI (0.0065 M) y se mezcló vigorosamente. Se ajustó el volumen a 50 ml con agua destilada y se agitó vigorosamente. Luego se dejó en reposo por 15 min para el desarrollo del color, y se midió la absorbancia de las muestras y cada mezcla de los estándares a 600 nm contra un blanco (contiene todos los reactivos en las mismas cantidades, pero sin muestra).

Finalmente, se trazó la curva estándar para las mezclas de amilosa y amilopectina de papa pura, determinándose la ecuación de regresión lineal para la curva estándar y se usó esta ecuación para calcular el contenido total de amilosa de las muestras de almidón en estudio.

- **Preparación de la muestra**

La relación de amilosa y amilopectina se determinó mediante el método descrito por Hoover y Ratnayake (2001) con algunas modificaciones. Se pesó 20 mg de muestra de almidón libre de lípidos (se consideró la humedad de la muestra de almidón) en un tubo con tapa rosca de fondo redondo, y se siguió los pasos de preparación de mezclas estándar.

d. EVALUACIÓN DEL COLOR

Se determinó los parámetros de color mediante el método descrito por Mbougoung *et al.* (2012). Las muestras de almidón se medieron con un Espectrocolorímetro (modelo CM-5, KONICA MINOLTA, Japón), el cual fue previamente calibrado, utilizándose el iluminante D65 y observador estándar con ángulo de visión de 10° para la espectroscopía de

reflectancia. El color se midió en el espacio de color CIELAB (L^* , a^* , b^*). Donde L^* es el parámetro que mide la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco), a^* es el atributo de color rojo (+)/verde(-) y b^* es el atributo de color amarillo(+)/ azul (-). A partir de ello, se calculó la blancura (Whiteness, W) según la fórmula propuesta por Singh *et al.* (2014).

e. MICROSCOPIA DE LUZ POLARIZADA

Se siguió la metodología establecida por Hoyos-Leyva *et al.* (2017) con ligeras modificaciones. Las muestras de almidón fueron colocadas en un portaobjetos, mezcladas con una gota de agua destilada y fijadas con un cubreobjeto, seguidamente se observó bajo la luz polarizada a través del lente de 40 X y 100 X en el microscopio electrónico (Leica, ICC50). Para el caso de observaciones a 100 X, se colocó sobre el cubreobjeto una gota de aceite.

3.4.2. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL

a. PODER DE HINCHAMIENTO, SOLUBILIDAD Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

Para la determinación del poder de hinchamiento (PH), solubilidad (S) y capacidad de absorción de agua (CAA), se siguió el método descrito por Gani *et al.* (2014) con algunas modificaciones basadas por Kim *et al.* (2017). Se pesó 0,6 g de muestra de almidón (M_0) en tubos de centrífuga, el cual se mezcló con 30 ml de agua destilada. La suspensión se agitó en un vórtex por 30 s, una vez disuelto se colocó en un baño de agua con agitación constante (200 rpm) durante 30 min a 60, 70, 80 y 90 °C.

Posterior a ello, se enfrió la muestra a temperatura ambiente y se centrifugó a 3000 g durante 30 min. El sobrenadante se transfirió cuidadosamente en placas Petri previamente pesadas, y el sedimento de almidón hinchado o gel se pesó (M_1). El sobrenadante se evaporó y secó a 105 °C por 24 h en una estufa, hasta alcanzar peso constante (M_2). Poder de hinchamiento, solubilidad y la capacidad de absorción de agua se calculó a partir de las siguientes ecuaciones:

$$CAA \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{\text{Peso del precipitado b. h } (M_1)}{\text{Peso de muestra b. s } (M_0)}$$

$$\text{Solubilidad}(\%) = \frac{\text{Peso de almidón soluble b. s } (M_2)}{\text{Peso de muestra b. s } (M_0)} \times 100$$

$$PH \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{M_1}{M_0 - M_2}$$

b. CLARIDAD DE LA PASTA DE ALMIDÓN

Se utilizó la metodología reportada por Bello *et al.* (2002) con ligeras modificaciones. Para ello se suspendió 0,2 g de una muestra de almidón en 5 ml de agua utilizando tubos de ensayo con tapa, los cuales fueron colocados en un baño de agua a 85°C por 30 min. Los tubos se agitaron vigorosamente cada 5 min. Después de enfriar a temperatura ambiente (14 min), se determinó el porcentaje de trasmittancia (%T) a 650 nm, utilizándose agua destilada como testigo. Las muestras se almacenaron durante tres días a temperatura de 4 °C, determinándose el %T a 0, 24, 48 y 72 h.

c. SINÉRESIS EN REFRIGERACIÓN

Se determinó mediante el método de Singh *et al.* (2004) con ligeras modificaciones basadas en Przetaczek-Rożnowska (2017). Las suspensiones de almidón (5 por ciento) se calentaron a 85 °C durante 30 min en un baño de agua de temperatura controlada con agitación constante y luego se enfrió a temperatura ambiente. Las muestras de almidón (20g) fueron almacenadas en tubos para centrífuga cerrados con capacidad de 50ml, previamente pesados, a 4 °C. La sinéresis se midió a los 1, 2, 3, 4 y 7 días como la cantidad de agua liberada (%) después de la centrifugación a 3000 g durante 10 min.

d. SINÉRESIS EN CONGELACIÓN-DESCONGELACIÓN

La estabilidad a la congelación-descongelación del almidón se determinó mediante el método de Lawal *et al.* (2008). Una suspensión acuosa de almidón (5 por ciento, p/p) se

calentó a 85 °C bajo agitación constante durante 1 h en baño de agua. Se pesó la pasta (exactamente 20 g) en tubos de centrífuga de polipropileno previamente pesados. Se centrifugó a 1000g durante 10 min para eliminar el agua libre. El agua libre (sobrenadante) se descartó, y los tubos que contienen el gel de almidón se sometieron a 8 ciclos de congelación-descongelación, seguido por centrifugación a 4000 rpm durante 30 min. La congelación se realizó a -18 °C por 24h y la descongelación a 30 °C por 4h. El porcentaje de agua separada después de cada ciclo fue medida, pesándose el agua separada. El porcentaje de la sinéresis en congelación-descongelación se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Sinéresis} = \frac{\text{Peso de agua separada (g)} \times 100}{\text{Peso total de la muestra (g)}}$$

e. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS GELES DE ALMIDÓN

Se siguió la metodología descrita por Lin *et al.* (2013) con ligeras modificaciones. Las propiedades térmicas de gelatinización del almidón se determinaron mediante el uso de un multicalorímetro diferencial de barrido (MDSC, TA Instruments, USA).

Se pesó la muestra de almidón (aproximadamente 20 mg) en la cápsula y se añadió agua ultrapura (almidón: agua = 1: 3), luego se selló la cápsula y se equilibró a temperatura ambiente durante 1 h. Las muestras se calentaron de 25 °C a 115 °C a una velocidad de calentamiento de 2 °C/min. Las temperaturas reportadas fueron la inicial (T_o), pico (T_p) y la final (T_f). La entalpía de gelatinización (ΔH) se calculó por integración del área entre la curva endotérmica y una línea base bajo el pico y se expresó en términos de Joules por gramo de almidón seco.

f. COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE LOS GELES DE ALMIDÓN

Las mediciones reológicas se determinaron mediante el uso del Reómetro híbrido (DHR3 Discovery, TA Instruments, USA) y se empleó la geometría tipo Plato (SST ST XHATCH) de 40 mm de diámetro. El tamaño del *gap* fue establecido a 1 mm según lo reportado por

López *et al.* (2010). Asimismo, las propiedades reológicas se evaluaron a 25 °C, esta temperatura se controló mediante un sistema Peltier.

Cada evaluación reológica se llevó a cabo con nuevas muestras, para lo cual se preparó una solución de almidón al 4 por ciento (p/p) que se llevó a un baño de agua a 90 °C durante 30 minutos, con agitación constante. El gel se enfrió a 25 °C y se colocó 2 ml, aproximadamente, en la placa Peltier del DHR3. De esta manera, las muestras se mantuvieron en reposo durante 10 min antes de empezar cada experimento.

- **Formación de la pasta**

El perfil de formación de pasta fue determinado según el método de la AACC (1999) con algunas modificaciones, se empleó un reómetro de esfuerzo (DHR-3, TA Instruments, New Castle, DE, USA) con la geometría de formación de pasta (SPC) a una concentración del 8 por ciento. Para el acondicionamiento, la suspensión de almidón se agitó con un rotor de paletas a una velocidad angular de 100,53 rad/s durante 2 min a 40 °C. Seguidamente, la suspensión se agitó a una velocidad de corte de 16,75 s⁻¹ durante el resto de la prueba. La suspensión se mantuvo a 40 °C durante 2 min, se calentó hasta 95 °C a razón de 6 °C/min, se mantuvo a 95 °C durante 5 min, se enfrió hasta 50 °C a razón de 6 °C/min y finalmente se mantuvo a 50 °C durante 2 min. Las propiedades de formación de pasta determinadas fueron la viscosidad inicial (PV), temperatura de pastificación (TP), tiempo pico (Pt), temperatura pico (PT), viscosidad máxima (VM), índice de inestabilidad (II), viscosidad de caída (VC), retrogradación (RG) y viscosidad final (VF) (ver Figura 2).

- **Comportamiento del flujo**

Se siguió la metodología descrita por Augusto *et al.* (2012) con ligeras modificaciones. La muestra fue sometida a un cizallamiento a 300 s⁻¹ durante 10 min para evitar cualquier tixotropía. Luego, sobre la misma muestra se llevó a cabo los experimentos de cizallamiento en estado estacionario, en el intervalo de velocidad de cizallamiento (Σ) de 0,01 a 100 s⁻¹ y de 100 a 0,01 s⁻¹. Las curvas de flujo resultantes fueron descritas por el modelo de ley de Herschel-Bulkley:

$$\sigma = \sigma_0 + \Sigma k^{\eta}$$

Dónde: σ es el esfuerzo cortante (Pa), σ_0 es el umbral de fluencia (Pa), Σ es la velocidad de cizalla (s^{-1}), k es el coeficiente de consistencia ($Pa \cdot s^{\eta}$) y η es el índice reológico (adimensional).

- **Propiedades viscoelásticas**

Se siguió la metodología descrita por López *et al.* (2010) con ligeras modificaciones basadas en Augusto *et al.* (2012). Se realizó un barrido de amplitud (0,1–100 Pa) para determinar la región de viscoelasticidad lineal a una frecuencia constante de 1 Hz. Luego se realizó un barrido de frecuencias a una deformación constante (1 Pa) y en el rango de 0,01–10 Hz. Los módulos de viscoelasticidad determinados fueron: G' (módulo de almacenamiento), G'' (módulo de pérdida) y η^* (viscosidad compleja) en función de la frecuencia oscilatoria. Las curvas resultantes fueron descritas por los siguientes modelos de la ley de la potencia:

$$G' = k' \times \omega^{n'}$$

$$G'' = k'' \times \omega^{n''}$$

Dónde: G' es el módulo de almacenamiento (Pa), G'' es el módulo de pérdida (Pa), ω es la frecuencia (Hz) y k' , k'' , n' y n'' son constantes determinadas experimentalmente.

3.4.3. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER Y ATENUADOR DE REFLECTANCIA (FTIR-ATR)

Los espectros de cada almidón fueron analizados mediante el espectrofotómetro infrarrojo con Transformada de Fourier equipado con atenuador de reflectancia total (ATR) (Thermo Scientific Inc., modelo Nicolet iS10, USA) empleando la metodología reportada por Hoyos-Leyva *et al.* (2017) dentro del rango espectral de número de onda de 4000 y 400 cm^{-1} con una resolución de 4 cm^{-1} y una velocidad de 200 escaneos por muestra. Previo al análisis, las muestras fueron acondicionadas a 23 ± 2 °C y 0 por ciento de humedad relativa por 10

días en un desecador. Los espectros obtenidos fueron dispuestos por el *software* OMNIC v.9 para la creación de los diagramas espectrales.

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.5.1. TIPO DE METODOLOGÍA

La investigación realizada fue del tipo experimental y tuvo por objetivo determinar si existe diferencias entre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones en estudio, que difieren de la fuente de materia prima (papa o tunta), y los bloques que fueron las variedades de papa amarga (Ocucuri negra, Cuchi jipilla y Pala).

A continuación, en la Tabla 6 se presenta la metodología experimental conformada por dos etapas. La primera etapa consistió en la obtención de seis almidones nativos a nivel piloto, los cuales provienen de tres variedades de papa (Ocucuri negra, Cuchi jipilla y Pala) que son los bloques; y dos factores definiéndose con tratamiento al almidón de tunta y sin tratamiento al almidón de papa. En la segunda etapa se caracterizó fisicoquímica y funcionalmente los almidones obtenidos, cada propiedad fue expresada con su respectiva variable respuesta.

Tabla 6. Metodología Experimental

Etapa I		Etapa II	
Obtención de materia prima	Caracterización fisicoquímica y funcional	Variables respuesta	
Almidones de tres variedades de papas amargas nativas (Ocucuri negra, Cuchi jipilla y Pala) de papa y tunta	Caracterización fisicoquímica	<ul style="list-style-type: none"> - Composición proximal - Contenido de fósforo - Contenido de amilosa/amilopectina - Color 	<ul style="list-style-type: none"> - % Humedad, carbohidratos, lípidos, proteína, ceniza, fibra. - CF (contenido de fósforo) - CAM (contenido de amilosa) y CAMP (contenido de amilopectina) - L* (luminosidad), a* (indicador de color (+) rojo/ (-) verde), b* (indicador de color (+) amarillo/ (-) azul) y W (blancura).
	Caracterización funcional	<ul style="list-style-type: none"> - Poder de hinchamiento, solubilidad, capacidad de absorción de agua - Claridad de los geles - Sinéresis en refrigeración - Sinéresis en congelación-descongelación - Propiedades térmicas - Propiedades reológicas 	<ul style="list-style-type: none"> - PH (poder de hinchamiento), %S (solubilidad), CAA (capacidad de absorción de agua) - % T (porcentaje de transmitancia) - % SR (porcentaje de sinéresis en refrigeración) - % SC (porcentaje de sinéresis en congelación) - To, Tp, Tf y ΔH (temperatura inicial de gelatinización, temperatura pico, temperatura final de gelatinización, y entalpía de gelatinización) - Tipo de flujo, G' (módulo de almacenamiento), G'' (modulo de pérdida), η^*(viscosidad compleja), PV (viscosidad inicial de pastificación), TP (temperatura de pastificación), Pt (tiempo pico), PT (temperature pico), VM (viscosidad máxima), II (índice de inestabilidad), VC (viscosidad de caída), RG (retrogradación), VF (viscosidad final).

3.5.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

a. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Variedad de papa y/o tunta (Ocucuri negra, Cuchi jipilla y Pala)
- Tipo de proceso (con o sin congelación-descongelación)

b. VARIABLES DEPENDIENTES

- Análisis proximal (humedad, cenizas, proteína total, lípidos, fibra cruda y carbohidratos)
- Contenido de fósforo (CF)
- Contenido de amilosa (CAM) y amilopectina (CAMP)
- Evaluación del color (L^* , a^* , b^* , W)
- Poder de hinchamiento (PH), solubilidad (S) y capacidad de absorción de agua (CAA)
- Claridad (T%)
- Sinéresis en refrigeración (SR)
- Sinéresis en congelación-descongelación (SC)
- Propiedades térmicas (T_o , T_p , T_f , ΔH)
- Propiedades reológicas (Tipo de flujo, G' , G'' y η^* , PV, TP, Pt, PT, VM, II, VC, RG, VF)

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño empleado fue de bloques completamente al azar (DBCA), siendo los bloques las variedades de papas nativas y el factor la procedencia del almidón extraído de papa o de tunta. Los resultados fueron expresados como medias y sus correspondientes desviaciones estándar. Se establecieron las diferencias significativas entre las medias de las variables estudiadas mediante análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey HSD en los casos que hubo diferencias significativas a un nivel de 0.05 (LSD0.05). Se empleó el programa estadístico STATGRAPHICS □ CENTURION XV para el análisis de los datos obtenidos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

4.1.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL

La composición proximal de los almidones nativos de papas amargas y tuntas se presenta en la Tabla 7 y su análisis estadístico en los Anexos 2 al 13. Todos los almidones se distinguen por sus bajos contenidos de proteína, lípidos, ceniza y fibra, y alto contenidos de carbohidratos (>99,21%). Joshi *et al.* (2013) afirman que el bajo contenido de ceniza y proteína en almidones son indicadores de la pureza del almidón. En cuanto al contenido de humedad, todas las muestras evaluadas (16,23-19,76%) están por debajo del límite superior de humedad (<20%) (Przetaczek-Ro nowska, 2017), recomendado para almidones comerciales para asegurar un almacenamiento seguro (Abegunde et al., 2013).

Respecto al contenido de carbohidratos existió diferencias significativas ($p<0,05$) entre los contenidos presentes en almidones de tunta y papa. El contenido fue ligeramente mayor en los AP (99,52-99,66%) frente a AT (99,21-99,46%) (Anexo 4). En general, los almidones de la presente investigación mostraron valores de carbohidratos mayores frente a lo reportado por Vargas (2015) (98,80% para variedad Única y 99,20% para variedad Abeve), lo cual es un buen indicador de pureza del almidón extraído.

Como se mencionó anteriormente, entre los componentes que disminuyen la pureza de los almidones se encuentran las proteínas. Esto se debe a que las proteínas afectan el sabor y aroma del almidón, asimismo pueden tener efecto sobre la carga superficial del gránulo, lo cual influye directamente en la velocidad de hidratación, la velocidad de hinchamiento, y la gelatinización de este (Moorthy, 2002). Durante la extracción, este componente se pierde en el agua de extracción como proteína soluble junto con aminoácidos, azúcares y sales (Grommers & Van der Krogt, c2009).

Tabla 7: Análisis proximal de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	Humedad %	Proteína % (b.s)	Lípidos % (b.s)	Fibra % (b.s)	Ceniza % (b.s)	Carbohidratos % (b.s)
PON	18,13 ± 0,27 ^c	0,35 ± 0,00	0,00 ± 0,0 ^a	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,01	99,52 ± 0,08
PPL	16,37 ± 0,04 ^a	0,25 ± 0,00	0,00 ± 0,0 ^a	0,00 ± 0,00	0,19 ± 0,02	99,56 ± 0,09
PCJ	19,76 ± 0,10 ^d	0,31 ± 0,00	0,00 ± 0,0 ^a	0,00 ± 0,00	0,12 ± 0,03	99,66 ± 0,10
TON	17,37 ± 0,03 ^b	0,40 ± 0,00	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03	0,37 ± 0,18	99,21 ± 0,16
TPL	16,23 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,00	0,16 ± 0,05 ^b	0,00 ± 0,00	0,08 ± 0,04	99,46 ± 0,00
TCJ	17,91 ± 0,01 ^c	0,26 ± 0,07	0,03 ± 0,04 ^a	0,10 ± 0,15	0,24 ± 0,06	99,37 ± 0,18

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)

n=2

Según Tester *et al.* (2004) los almidones purificados deberían contener menos de 0,6% de proteína. Asimismo, Yongfeng & Jay-lin (c2018) mencionan que las proteínas son uno de los componentes minoritarios de los gránulos de almidón, con un contenido alrededor de 0,06-0,4%. Por lo tanto, los valores reportados de proteína para los almidones de papa y tunta (0,25-0,40%) se encuentran dentro del rango permitido; sin embargo, fueron mayores a los obtenidos por Przetaczek-Rożnowska (2017) (0,08%), y menores a los reportados por Vargas (2015) (0,47% para variedad Única y 0,28% para variedad Abeve). Además, no hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) por efecto del tratamiento ni entre bloques (Anexo 6).

Por otro lado, desde el punto de vista de la calidad del almidón, los lípidos tienen un efecto negativo marcado en la calidad, propiedades físicas y funcionales de los almidones, dado que, éstos disminuyen la capacidad de hinchamiento, la solubilidad, la capacidad de retención de agua y claridad, los cuales son causantes de la formación de sabores indeseables durante el almacenamiento debido a su rancidez (Hidalgo & Micho, 2016). Además, los lípidos dan lugar a pastas, películas turbias y opacas debido a la formación de complejos amilosa-lípidos insolubles, lo que afecta la viscosidad de los geles preparados con estos almidones (Crowe *et al.*, 2000). También, Melian (2010) sostiene que el contenido de lípidos puede influir sobre el comportamiento reológico de los almidones y, en consecuencia, disminuye la viscosidad de la pasta y la fuerza del gel.

Lipa & Maquera (2013) mencionan que la presencia de lípidos en almidones de papa y yuca son bajos en comparación con los almidones de cereales de maíz y arroz, los cuales contienen 0,6 y 0,8%, respectivamente. Por ello, para almidones de papa Przetaczek-Rożnowska (2017) reportó un contenido de lípidos bajo (0,10%), asimismo, Vargas (2015) para las variedades Única (0,30%) y Abeve (0,25%). Estos resultados reportados por los investigadores son cercanos a los obtenidos para los almidones de la presente investigación (0,00-0,16%). En el análisis estadístico se obtuvo que no hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) por efecto del tratamiento ni entre bloques (Anexo 8). No obstante, cabe resaltar que el TPL presentó un valor significativamente ($p < 0,05$) más alto de contenido de lípidos (0,16%) que el resto de los almidones (0,00-0,03%); a pesar de ello, se encuentra dentro del rango óptimo de contenido de lípidos (<1%) de la información publicada previamente por Luallen (c2018).

Por otro lado, bajo la denominación de fibra se incluye la fibra cruda, celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas. La fibra durante el proceso de extracción de almidón es separada principalmente durante la etapa de decantación o centrifugación del almidón y del agua de extracción que contiene los componentes del jugo de papa por la diferencia de densidad de estos componentes. Grommers & Van der Krogt (c2009) señalan como valores de densidad para los gránulos, fibra y solución de extracción (jugo de papa) 1600 kg/m³, 1100 kg/m³ y 1000 kg/m³, respectivamente. Una información adicional que reportan estos mismos investigadores y que favorece la separación de estos dos componentes de la materia seca (almidón y fibra), es la diferencia entre el tamaño de los gránulos de almidón (1-120 μ m de diámetro) y el de las partículas de fibra (80 y 500 μ m). En consecuencia, los valores de contenido de fibra fueron bajos para los almidones investigados, oscilando entre 0,00 a 0,10 por ciento (AP=0,00% y AT=0,02-0,10%). No encontrándose diferencia significativa ($p<0,05$) por efecto del tratamiento proceso ni entre bloques (Anexo 10).

Con relación al contenido de cenizas de los almidones investigados, los valores obtenidos (0,08-0,37%) fueron similares a los reportados para almidones de papa por Przetaczek-Roźnowska (2017) (0,21%) y Vargas (2015) (0,43% para variedad Única y 0,28% para variedad Abeve). El análisis estadístico de los valores señala que no hubo diferencia significativa ($p<0,05$) por efecto del tratamiento ni entre bloques (Anexo 12).

4.1.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FÓSFORO

El contenido de fósforo en almidón se encuentra en tres formas principales: fosfato monoéster, fosfolípidos, y fosfato inorgánico y depende de la fuente de origen principalmente. Por ejemplo, la presencia de monoésteres de fosfato esta ligado directamente a las moléculas de amilopectina, lo cual es una característica casi única del almidón de papa (Espinoza, 2012). Los almidones de papa poseen las concentraciones más altas de monoésteres de fosfato, que son principalmente encontradas en glucopiranososa (Yongfeng & Jay-lin, c2018).

La importancia de la determinación de su contenido se debe a la forma en como influye en algunas propiedades funcionales del almidón. Por ejemplo, los fosfolípidos hacen que la

pasta de almidón sea opaca y que disminuya su viscosidad; mientras que, el fosfato monoéster aumenta la claridad, la viscosidad de la pasta (Espinoza, 2012), y la capacidad de absorción de agua y estabilidad a la congelación-descongelación; debido a que estos derivados de monoéster fosfato en almidones llevan dos cargas negativas, las cuales causan la repulsión entre cadenas de amilopectina adyacentes, lo que imparte estas propiedades distintivas al almidón de papa (Singh *et al.*, 2016; Yongfeng & Jay-lin, c2018).

El contenido de fósforo se muestra en la Tabla 8, y presentó diferencias significativas ($p < 0,5$) entre variedades y estuvo en el rango de 374,20- 854,74 ppm, valores cercanos a los reportados por otras investigaciones: 644-957 ppm para papas de China (Zhang, W. *et al.*, 2018), 308-1244 ppm para papas de Japón y otros países (Noda *et al.*, 2007), 500-1132 ppm en 36 almidones de papas (Absar *et al.*, 2009), 550,75-827,07 ppm para papas nativas dulces y amargas de Puno (Peña, 2017), 360-1210 ppm para papas de Canadá y otros países (Lu *et al.*, 2012).

Tabla 8: Contenido de fósforo de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	Fósforo ppm (b.s)
PON	854,74 ± 169,93 ^b
PPL	657,58 ± 84,89 ^{ab}
PCJ	374,20 ± 0,00 ^a
TON	484,09 ± 0,17 ^a
TPL	477,47 ± 0,04 ^a
TCJ	426,34 ± 86,17 ^a

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)
n=2

Por otro lado, De Haan *et al.* (2010) afirman que, en el proceso de obtención de tunta, la exposición de las papas a corrientes de agua dio lugar a la lixiviación de minerales, la cual produjo una reducción del contenido de fósforo del orden del 62,7%, lo que disminuyó el

valor nutricional de la papa en cuanto al contenido de minerales (zinc, potasio, magnesio y fósforo) del chuño blanco. No obstante, estadísticamente el factor procedencia del almidón extraído (papa o tunta) no tuvo un efecto significativo ($p > 0,05$) sobre este componente (Anexo 14), pero se observó que en dos de las tres variedades en estudio (ON y PL), los almidones de papa tuvieron mayor contenido de fósforo (854,7 y 657,58 ppm respectivamente) que sus correspondientes almidones de tunta (484,1 y 477,47 ppm respectivamente), indicando una reducción drástica durante el proceso.

Además, Moorthy (2002) menciona que altos contenidos de fósforo pueden impartir alta viscosidad al almidón y también mejorar la firmeza del gel, permitiéndoles encontrar aplicaciones alimentarias que requieran un gel fuerte, tal como gelatinas. Considerándose dentro de los almidones investigados, que los procedentes de la variedad ON presentaron los más altos contenidos de fósforo, principalmente el PON (Anexo 15), y los de la variedad CJ los contenidos más bajos.

4.1.3. DETERMINACIÓN DE AMILOSA-AMILOPECTINA

La amilosa influye significativamente en las propiedades funcionales del almidón, según Przetaczek-Rożnowska (2017) un alto contenido de amilosa afecta la susceptibilidad a la retrogradación y a la mayor elasticidad de pastas de almidón de cebada. Por otra parte, Villanueva *et al.* (2018) afirman que la relación amilosa/amilopectina del almidón, afectó en gran medida las propiedades funcionales del almidón; y esta relación es atribuida a los factores tal como fuente botánica, tipo de suelo y condiciones climáticas durante el crecimiento de la planta. Por ello, fue relevante el análisis del contenido de amilosa en la presente investigación.

Los contenidos de amilosa oscilaron entre 28,75(CJ)-30,94(ON) % como se observa en la Tabla 9. Estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados por Singh *et al.* (2016) (20,1-31,0%) y Peña (2017) (23,6-30,0% para AP nativos de Puno). No obstante, valores menores fueron reportados por Xu *et al.* (2013) (23,0-26,9% para AP crecidos en Virginia) y Joshi *et al.* (2013) (14,93% para AP de Australia). Esto puede ser explicado por las diferentes condiciones climáticas y tipos de suelos (Chung *et al.*, 2014), por ejemplo, la mayor altitud (3,862 m.s.n.m) del lugar de origen (Ilave, Puno) de las muestras de almidón

investigadas, factor que fue estudiado por Šimkova *et al.* (2013), quienes afirman que obtuvieron CAM significativamente más alto (21,75%) para almidones provenientes de papas cultivadas a mayor altitud sobre el nivel del mar (572-670 m.s.n.m.) en comparación a locaciones de menor altitud (460-475 m.s.n.m.) (20,94%).

Tabla 9: Contenido de amilosa y amilopectina de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	% Amilosa	% Amilopectina ¹
PON	28,75 ± 0,44 ^b	71,25 ± 0,44
PPL	30,47 ± 0,22 ^c	69,53 ± 0,22
PCJ	30,94 ± 0,44 ^c	69,06 ± 0,55
TON	23,13 ± 0,44 ^a	76,87 ± 0,44
TPL	30,00 ± 0,00 ^{bc}	70,00 ± 0,00
TCJ	28,75 ± 0,00 ^b	71,25 ± 0,00

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)

n=2

¹ Calculado por diferencia

Por otro lado, el efecto de la procedencia de los almidones (papa o tunta) fue significativo ($p < 0,5$), los AP tuvieron más altos contenidos (28,75-30,94%) que los AT (23,13-30,0%) (Anexo 16). El descenso de contenido de amilosa ha sido reportado en almidones extraídos de papas almacenadas a -15°C (Golachowski, 1985), en almidón de trigo (Tao *et al.*, 2016), almidones extraídos de masas de trigo (Tao *et al.*, 2018) y recientemente almidones de trigo, maíz y yuca (Wang *et al.*, 2019) todos sometidos a procesos de congelamiento-descongelamiento. Estos autores afirman que la expansión del agua al cambiar de fase de líquido a sólido (hielo) somete a los gránulos a una compresión que daña la estructura granular del almidón, alterando su integridad, aumentando su porosidad y facilitando la salida de componentes como: fósforo, amilosa, proteínas y lípidos durante el descongelamiento. Por lo que es probable que el proceso de obtención de tunta el que incluye entre otras operaciones congelamiento-descongelamiento y remojo en río serían los responsables de este descenso.

También, en el análisis estadístico se obtuvo que los almidones provenientes de la variedad ON (PON y TON) presentaron contenidos de amilosa (25,94%) significativamente ($p < 0,05$) menores que los almidones de las otras variedades (Anexo 16). Diferentes investigaciones han demostrado la influencia de factores como la variedad, genotipos y condiciones de crecimiento de la planta en el contenido de amilosa (Przetaczek-Rożnowska, 2017; Zhang, L. *et al.*, 2018a). Por otro lado, ha sido demostrado la relación entre el contenido de amilosa y CF, al presentar los almidones de la variedad ON los más altos contenidos de fósforo y a su vez los más bajos contenidos de amilosa; asimismo, estos resultados están en concordancia con lo reportado por Šimkova *et al.* (2013). Esta relación se ha sido atribuido a que el CF es una característica propia de la amilopectina de la papa; ya que, los grupos fosfatos están mayormente localizados en las largas cadenas B de ésta (Noda *et al.*, 2005).

El contenido más alto de amilosa fue la variedad CJ (31.02%) para almidones de papa y la variedad PL (30%) para los almidones de tunta. Y, la variedad ON de los almidones de tunta presentó el valor más bajo de amilosa (23,13%) frente a los otros almidones (Anexo 17). Abegunde *et al.* (2013) afirman que los almidones de bajo CAM tienen aplicaciones en la industria de procesamiento de papel, debido a que estos almidones son útiles por su fácil gelatinización y por la claridad de sus pastas. Así como, por su facilidad para absorber agua debido al hinchamiento del gránulo (Przetaczek-Rożnowska, 2017).

4.1.4. EVALUACIÓN DE COLOR

El color es una propiedad física y la blancura es un criterio importante para evaluar la calidad del almidón (Estrada-León *et al.*, 2016), se prefieren almidones blancos con bajos niveles de proteínas, compuestos polifenólicos, ácido ascórbico, caroteno y pigmentos para que puedan ser empleados en formulaciones sin impartir un color extraño (Falade y Christopher, 2015). En la Tabla 10 se presentan los parámetros de evaluación del color, y se observó que los almidones procedentes de papas nativas y tuntas destacan por su alto grado de blancura (W) 93,15-96,59 y luminosidad (L^*) 94,15-96,96, lo que confirmaría la alta pureza de los almidones extraídos; dado que, valores más altos de 90 brindan una blancura satisfactoria para la pureza del almidón, y valores más cercanos a 100 indican que tienen un difusor reflectante más alto atribuido a un color blanco (Boudries *et al.*, 2009; Konuma *et al.* 2012). Considerando que, W representa la blancura total al considerar L^* , a^* y b^* , y se basa en la

distancia del valor de color en el espacio de color desde un punto blanco nominal (Hsu *et al.*, 2003; Luo *et al.*, 2007).

Además, los valores del indicador de color a^* tendieron a cero (0,04-0,50) indicando una tendencia a un color neutro (Joaqui & Villada, 2013), y valores bajos para el parámetro b^* (1,55-3,54) indicaron una ligera tendencia al color amarillo (b^* positivo) probablemente debido a la presencia de pigmentos amarillos en la pulpa del tubérculo (Cruz-Tirado *et al.*, 2019), y contenido residual de proteínas y lípidos (Boudries *et al.*, 2009).

Tabla 10: Parámetros de color de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	L*	a*	b*	W
PON	96,43 ± 0,04 ^c	0,10 ± 0,00 ^{bc}	2,01 ± 0,03 ^b	95,90 ± 0,03 ^d
PPL	96,8 ± 0,08 ^d	0,09 ± 0,00 ^b	2,14 ± 0,07 ^c	96,15 ± 0,05 ^e
PCJ	96,96 ± 0,03 ^e	0,12 ± 0,01 ^c	1,55 ± 0,03 ^a	96,59 ± 0,02 ^f
TON	96,12 ± 0,03 ^b	0,21 ± 0,00 ^d	2,92 ± 0,03 ^e	95,14 ± 0,01 ^b
TPL	94,15 ± 0,06 ^a	0,50 ± 0,01 ^e	3,54 ± 0,03 ^f	93,15 ± 0,04 ^a
TCJ	96,47 ± 0,03 ^c	0,04 ± 0,00 ^a	2,44 ± 0,03 ^d	95,71 ± 0,02 ^c

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$). Donde L* es luminosidad, a^* y b^* son indicadores de color (+) rojo/(-) verde y (+) amarillo/ (-) azul, y W es blancura.

n=3

Los resultados obtenidos de parámetros de color fueron similares con los resultados en otras investigaciones de almidón de maíz reportado por Singh *et al.* (2014) ($L^*=97,4$, $a^*=0,05$, $b^*=2,6^*$, y $W=96,32$), y de almidones de papa reportados por Verma *et al.* (2018) ($L^*=98,81$, $a^*=0,16$ y $b^*=2,58$), Peña (2017) ($L^*=95,81$ a $96,84$, $a^*=-0,12$ a $-0,30$, $b^*=1,66$ a $2,49$) y Mbougung *et al.* (2012) ($L^*=96,70$, $a^*=0,22$ y $b^*=2,18$).

El factor procedencia de almidón extraído (papa o tunta) influyó estadísticamente en todos los parámetros de color evaluados. Los AT tuvieron valores de L* y W significativamente ($p < 0,05$) más bajos, y valores de indicadores de color a^* y b^* significativamente ($p < 0,05$)

más altos frente a los AP, por la posible difusión de pigmentos de color de la cáscara de los tubérculos al endosperma durante el remojo largo en río durante el proceso de elaboración de tunta (Falade & Christopher, 2015).

También se evidenció diferencias en los parámetros de color por efecto de las variedades (ver Figura 5 y 6). Los almidones de papa y tunta de la variedad PL cuyo tubérculo presentó color de pulpa amarilla (Figura 5,b y Figura 6,b) tuvieron los valores más altos de b^* , siguiendo el orden: PL>ON>CJ (Anexo 18). Además, se observó que el almidón de tunta procedente de la variedad PL tuvo los valores significativamente ($p<0,05$) más bajos de $L^*(94,15)$ y $W(93,15)$, y más altos de $a^*(0,50)$ y $b^*(3,54)$ (Anexo 19), lo que sugiere la influencia de su mayor contenido de lípidos y contenido proteico en los parámetros de color frente a los otros almidones, lo que concuerda con lo obtenido por Singh *et al.*, (2014). Los almidones provenientes de la variedad CJ, presentaron los mejores parámetros de color, mayor L^* , menor valor de a^* y b^* y mayor W .

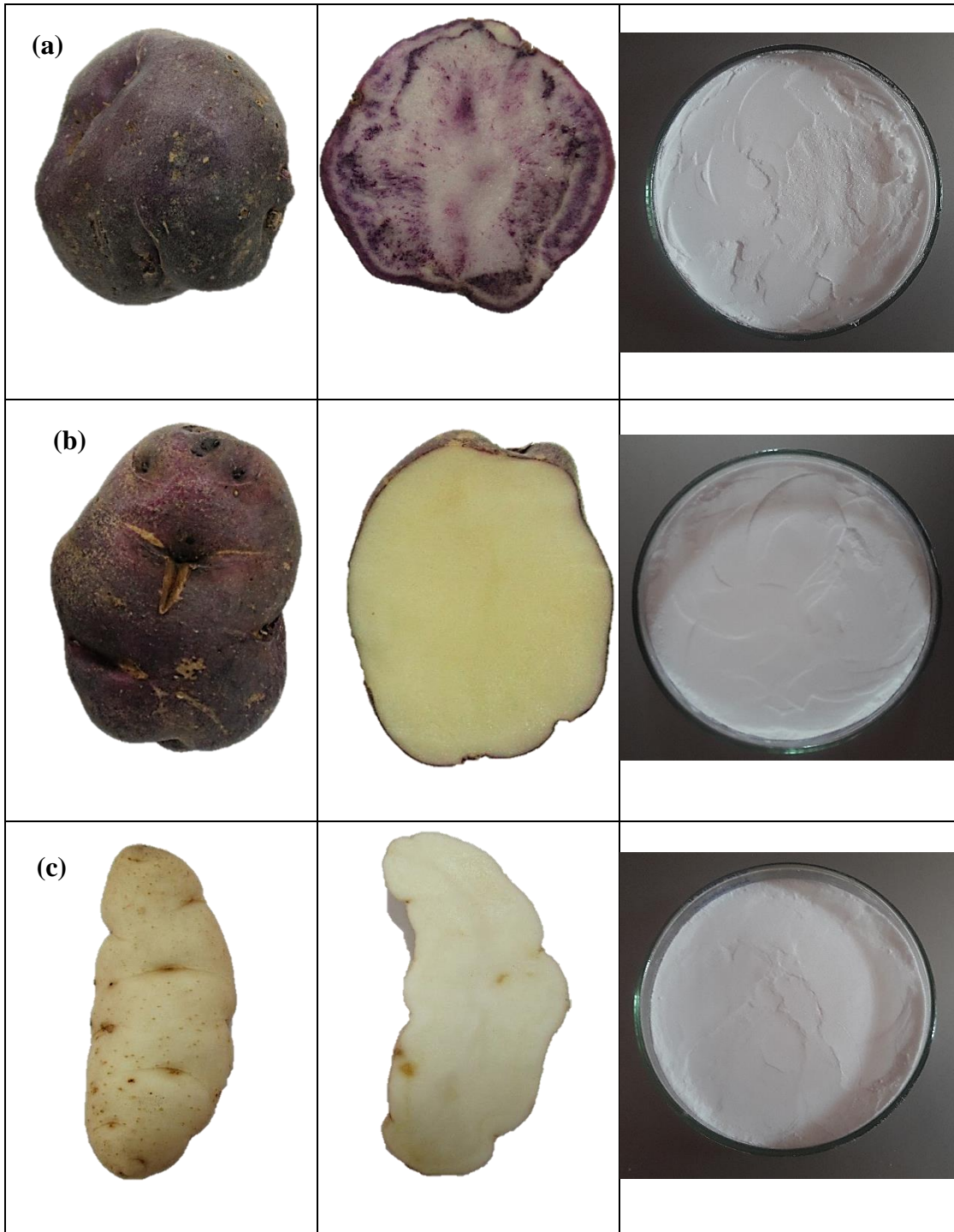


Figura 5: Imagen de las tres variedades de papas amargas (a) Ocuuri negra (b) Pala (c) Cuchi jipilla de la materia prima papa

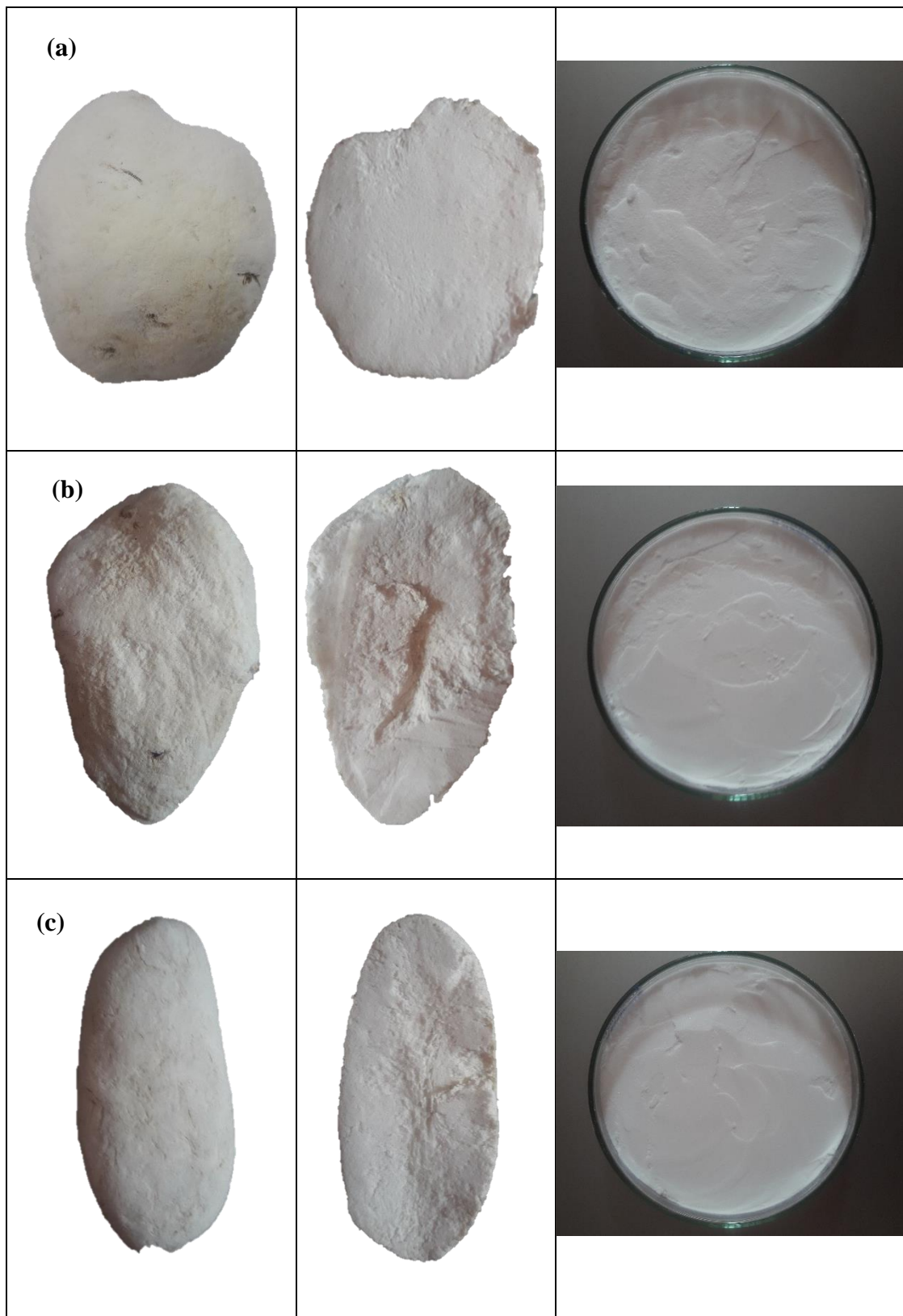


Figura 6: Imagen de las tres variedades de papas amargas (a) Ocuuri negra (b) Pala (c) Cuchi jipilla de la materia prima tunta

4.1.5. MICROSCOPIA DE LUZ POLARIZADA

En la Figura 7 y 8 se observa la morfología de los gránulos de almidón de papa y tunta obtenidas con un microscopio con luz polarizada para las tres variedades. En todos ellos se observa un típico patrón de birefringencia evidenciado por la presencia de la cruz de Malta, cuya intensidad está relacionada con la integridad del gránulo, localizada en el centro de los gránulos pequeños y excéntrica en los gránulos largos elípticos u ovals, que estaría indicando una microestructura con un alto grado de orden molecular dentro de gránulo, donde las moléculas desordenadas de la región amorfa y las moléculas ordenadas de la región cristalina se orientan radialmente a partir del hilum y, presentan diferencias en el índice refractivo y densidad (Yu *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2016). Además, la cruz de Malta se formó cuando la luz polarizada atravesó las partículas del almidón, atribuyéndose la intensidad de la birefringencia al tamaño del radio de las partículas de almidón (tamaño granular), la estructura helicoidal, la cristalinidad relativa y orientación microcristalina (Liu *et al.*, 2019; Yassaroh & Woortman, 2019).

Asimismo, se confirman las formas típicas de los gránulos de almidón de papa esféricas u ovaladas en gránulos pequeños y formas elipsoides en grandes. Teniendo en cuenta que los gránulos intactos muestran un patrón de birefringencia bien definido con una cruz oscura (Yassaroh & Woortman, 2019).

Bajo esta técnica no ha sido posible detectar diferencias morfológicas entre los almidones de papa y tuntas, sin embargo, otras investigaciones encontraron diferencias a nivel superficial entre almidones nativos y almidones sometidos a congelación-descongelación mediante técnicas de microscopía de mayor magnificación y alcance. Por ejemplo, Molina *et al.* (2016) explicaron que el efecto de congelación se manifestó como un cambio de superficie lisa (almidones nativos) a una superficie rugosa con algunas protuberancias (almidones congelados) mediante la observación bajo microscopía SEM; lo que posiblemente generó un incremento del área de superficie específica, media del diámetro del poro, y volumen total del micro y mesoporo (Szymońska & Krok, 2003; Szymońska & Wodnicka, 2005).

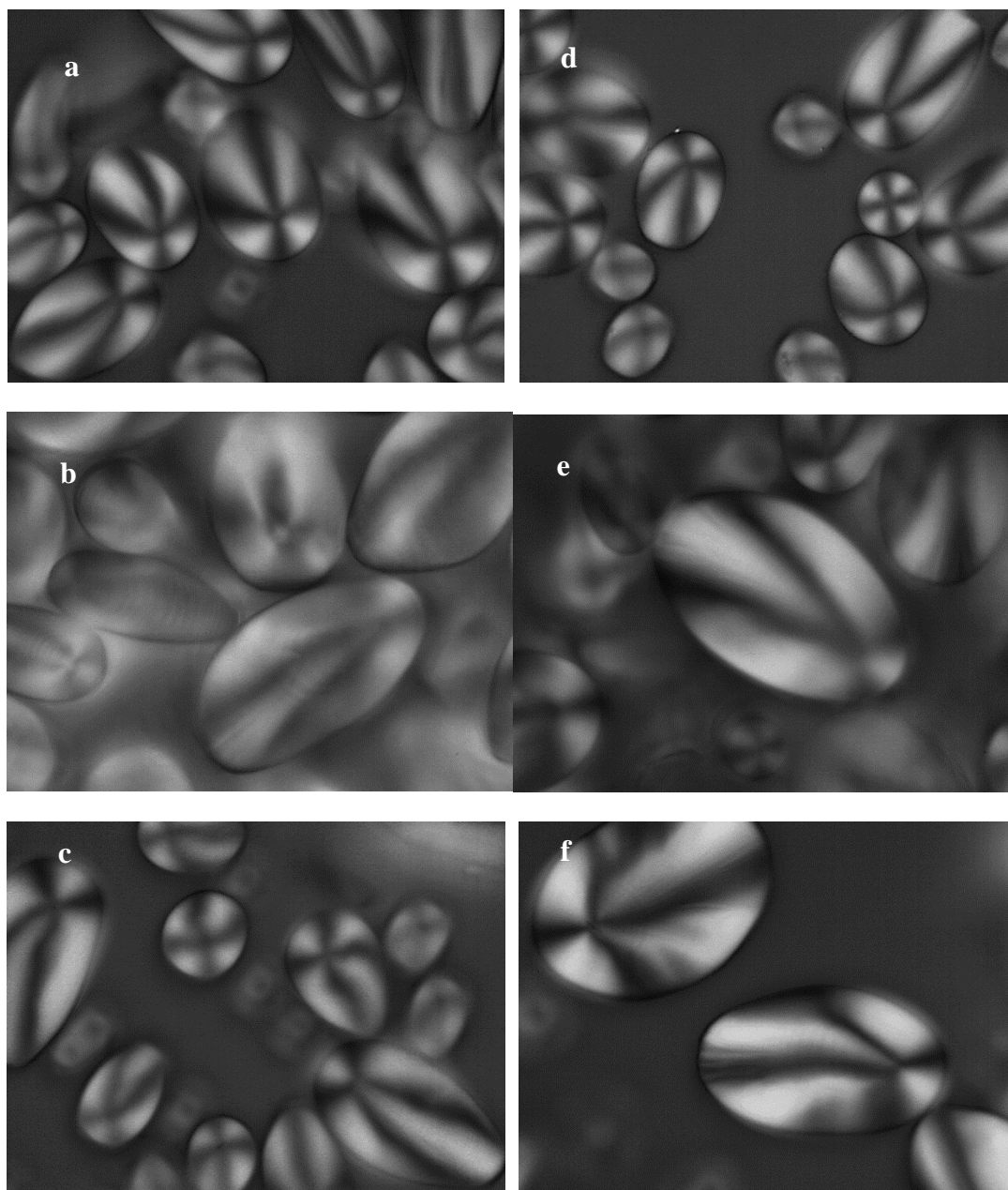


Figura 7: Microscopía de luz polarizada de almidones de papa (a: Ocucuri negra, b: Pala, c: Cuchi jipilla) y almidones de tunta (d: Ocucuri negra, e: Pala, f: Cuchi jipilla) observados a 100 X.

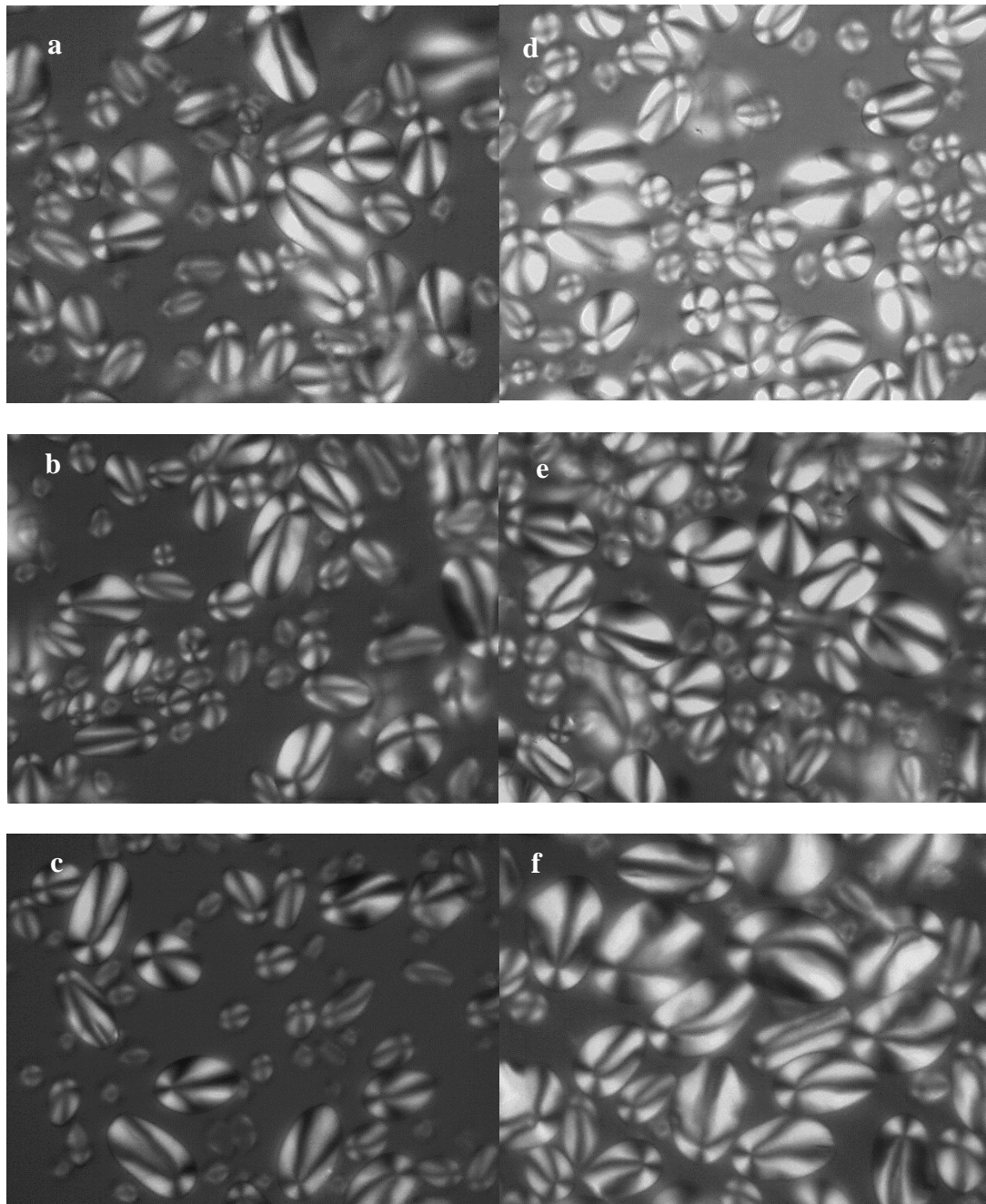


Figura 8: Microscopía de luz polarizada de almidones de papa (a: Ocucuri negra, b: Pala, c: Cuchi jipilla) y almidones de tunta (d: Ocucuri negra, e: Pala, f: Cuchi jipilla) observados a 40 X.

4.2. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL

4.2.1. PODER DE HINCHAMIENTO, SOLUBILIDAD Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

Las propiedades de hidratación dependen de la interacción entre cadenas de almidón dentro de campos amorfos y cristalinos, contenido de amilosa y amilopectina, distribución de peso molecular, grado y longitud de ramificación, grupos fosfatos y conformación de moléculas de almidón. En el caso de la CAA y el PH, ambas dependen de la estructura del gránulo, área superficial, tamaño de poro, fuerzas internas que controlan la estructura del gránulo, disponibilidad de sitios de enlaces con el agua, y el grado de asociación para formar puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón (Szymońska & Krok, 2003; Villanueva *et al.*, 2018).

Se evaluó estas propiedades a diferentes temperaturas (60, 70, 80 y 90°C), observándose un incremento de sus valores a medida que aumentó la temperatura experimental. La mayor temperatura pudo causar colapso de la estructura interna del gránulo, que conlleva a la rotura de los cristales y un incremento de las interacciones almidón-agua, induciendo mayor absorción de agua (Liu *et al.* 2003; Villanueva *et al.*, 2018).

Los resultados de las propiedades de hidratación fueron sometidos estadísticamente (ver Anexos 20, 21, 22, 23, 24 y 25). Para la propiedad de PH, los resultados de los almidones nativos investigados se presentan en la Tabla 11, observándose rangos entre 9,25-11,50 g/g (60°C), 10,77-12,35 g/g (70°C), 13,54-15,57 g/g (80°C) y 16-86-23,45 g/g (90°C), los cuales son similares a los obtenidos por Peña (2017) (9,47-11,63 g/g a 60°C, 13,80-15,19 g/g a 70°C, 19,24-26,94 g/g a 80°C y 22,97-29,51 g/g a 90°C) para papas nativas de Puno; y ligeramente menores a los reportados por Villanueva *et al.* (2018) y Kim *et al.* (2017) a 90°C; y mayores a lo obtenido por Gani *et al.* (2014) a 60°C, y Zhang, W. *et al.* (2018) a 70°C; estas diferencias de resultados de PH con otras investigaciones pueden atribuirse a la estructura molecular, incluyendo la estructura cristalina y composición química, la lixiviación de la amilosa (Liu *et al.*, 2003), complejos amilosa-lípidos, grado de interacción

entre cadenas dentro del dominio amorfo y cristalino de los gránulos y estructura de amilopectina (Wang *et al.*, 2016).

Tabla 11: Poder de hinchamiento de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	Poder de hinchamiento (g/g)			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
PON	10,65 ± 0,31 ^b	11,56 ± 0,26 ^b	14,69 ± 0,32 ^b	23,45 ± 0,65 ^c
PPL	11,30 ± 0,29 ^c	11,86 ± 0,32 ^{bc}	14,37 ± 0,55 ^b	20,86 ± 0,49 ^b
PCJ	10,39 ± 0,17 ^b	10,77 ± 0,19 ^a	13,54 ± 0,19 ^a	20,23 ± 0,39 ^b
TON	10,28 ± 0,22 ^b	11,88 ± 0,23 ^{bc}	15,57 ± 0,18 ^c	17,91 ± 0,49 ^a
TPL	9,25 ± 0,07 ^a	12,07 ± 0,17 ^{bc}	14,67 ± 0,03 ^b	17,13 ± 0,09 ^a
TCJ	11,50 ± 0,26 ^c	12,35 ± 0,28 ^c	14,70 ± 0,18 ^b	16,86 ± 0,11 ^a

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)
n=3

Respecto a la CAA, los resultados son presentados en la Tabla 12, los cuales oscilaron entre 9,07-11,17 g/g (60°C), 10,67-12,07 g/g (70°C), 13,35-15,20 g/g (80°C) y 16,01-22,40 g/g (90°C), estos fueron comparables con los obtenidos por Peña (2017) (9,22-11,35 g/g a 60°C, 13,39-14,81 g/g a 70°C, 18,44-25,20 g/g a 80°C y 20,04-27,37 g/g a 90°C). Sin embargo, valores muy bajos fueron reportados por Villanueva *et al.* (2018) (6,75 g/g a 90°C), estas diferencias pueden deberse al efecto de mayor superficie específica de contacto para el caso de almidones de tamaño de gránulo más pequeño; lo que lleva a una mayor hidratación e hinchamiento (Sandhu *et al.*, 2015).

Estadísticamente se obtuvo que el factor procedencia de almidón extraído no tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) a 60°C en sus propiedades de hidratación, posiblemente los gránulos de almidón solo absorbieron pequeñas cantidades de agua e hincharon limitadamente (Wang *et al.*, 2016). En contraste, a 70 y 80°C estadísticamente hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los AT frente a su respectivo AP para el PH y la CAA lo que concordó con los resultados obtenidos para almidones de castaña congelados frente almidones nativos,

reportado por Wang *et al.* (2016). Posiblemente, este efecto se deba a la aparición de cambios físicos externos (superficie del gránulo rugosa) en los gránulos de AT que los hizo más accesibles al ingreso de moléculas de agua, induciendo una hidratación y redistribución del agua dentro del gránulo (Molina *et al.*, 2016). También, los resultados de valores más bajos de propiedades de hidratación en los AP pueden ser atribuidos a la formación de grupos complejos más estables de amilosa-fosfato frente AT, generando una débil organización interna debido a la carga negativa de los grupos fosfatos (Villanueva *et al.*, 2018).

Tabla 12: Capacidad de absorción de agua de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	Capacidad de absorción de agua (g/g)			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
PON	10,54 ± 0,32 ^{bc}	11,43 ± 1,19 ^b	14,47 ± 0,32 ^{bc}	22,40 ± 0,53 ^d
PPL	11,17 ± 0,28 ^{cd}	11,72 ± 0,35 ^b	14,19 ± 0,55 ^b	20,48 ± 0,51 ^c
PCJ	10,25 ± 0,19 ^b	10,67 ± 0,03 ^a	13,35 ± 0,18 ^a	19,66 ± 0,45 ^c
TON	10,11 ± 0,22 ^b	11,52 ± 0,08 ^b	15,20 ± 0,18 ^c	17,17 ± 0,39 ^b
TPL	9,07 ± 0,07 ^a	11,73 ± 0,17 ^b	14,38 ± 0,03 ^b	16,70 ± 0,07 ^{ab}
TCJ	11,22 ± 0,23 ^d	12,07 ± 0,29 ^b	14,35 ± 0,16 ^b	16,01 ± 0,21 ^a

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)
n=3

Sin embargo, a 90°C se observó valores de PH y CAA significativamente ($p < 0,05$) más altos para AP, probablemente por la desestabilización de los grupos complejos formados entre amilosa-fósforo provocada por una alta temperatura de gelatinización. También, a alta temperatura (90°C) pudo ocurrir disrupción de los cristales tipo B en los almidones de tunta (Wang *et al.*, 2016), o un aumento de cristalinidad en los gránulos debido a la reorganización mediante entrecruzamientos físicos (interacciones amilosa-amilosa, amilosa-amilopectina, y amilopectina-amilopectina) que fortalecieron los puentes intra-moleculares y favorecieron la formación de enlaces covalentes entre cadenas; concretándose en una reducción de los grupos hidroxilo libres disponibles para combinarse con agua (Villanueva *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2017; Yassaroh & Woortman, 2019).

También, se observó que la variedad ON mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) para el PH y CAA a 80 y 90°C frente a las otras variedades, lo cual es consistente con el resultado del análisis de contenido de amilosa (valores más bajos), lo cual facilitó el hinchamiento de moléculas de amilopectina que se caracterizan por tener mayor capacidad de hidratación que la amilosa (diluyente o inhibidor del hinchamiento de la amilopectina) (Tao *et al.*, 2018).

Por otro lado, la propiedad de solubilidad representó la cantidad solubilizada de moléculas de almidón, ésta es frecuentemente usada como un indicador (Villanueva *et al.*, 2018). En general, en la Tabla 13 se presentó los resultados de solubilidad, se observó el incremento de solubilidad a medida que subió la temperatura. Este comportamiento pudo deberse al efecto de la gelatinización del almidón, favorecido por la temperatura, lo que provocó la lixiviación de las moléculas de amilosa (solubles en agua) y la solubilización de las moléculas de amilopectina (causada por el debilitamiento de la zona cristalina durante el fenómeno de gelatinización). No obstante, a bajas temperaturas la solubilidad no varió en gran medida, debido al hecho de que los gránulos de almidones nativos estuvieron intactos: los enlaces glicosídicos de las moléculas aún no sufrieron daño térmico, y sus grupos hidroxilo no fueron reemplazados por grupos electronegativos, encontrándose fuertemente enlazados entre ellos, lo cual dificultó su solubilidad en agua (Castanha *et al.*, 2019).

Tabla 13: Solubilidad de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	Solubilidad (%)			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
PON	1,07 ± 0,21 ^a	1,19 ± 0,0 ^a	1,50 ± 0,10 ^b	4,45 ± 0,40 ^c
PPL	1,20 ± 0,14 ^{ab}	1,25 ± 0,23 ^a	1,27 ± 0,04 ^a	1,83 ± 0,11 ^a
PCJ	1,31 ± 0,28 ^{ab}	0,94 ± 0,03 ^a	1,38 ± 0,01 ^{ab}	2,81 ± 0,52 ^{ab}
TON	1,68 ± 0,04 ^{bc}	3,07 ± 0,08 ^c	2,41 ± 0,02 ^d	4,13 ± 0,73 ^{bc}
TPL	2,00 ± 0,03 ^{cd}	2,85 ± 0,05 ^c	1,97 ± 0,06 ^c	2,50 ± 0,09 ^a
TCJ	2,51 ± 0,29 ^d	2,27 ± 0,23 ^b	2,44 ± 0,11 ^d	5,03 ± 0,65 ^c

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)
n=3

Se observó que hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) en la solubilidad por efecto del factor procedencia de almidón extraído, obteniéndose que los AT tuvieron valores significativamente ($p < 0,05$) más altos de solubilidad que los AP en todas las temperaturas. Posiblemente, los AT sean una opción de fuente de almidón para aplicaciones industriales que requieran valores altos de solubilidad y que se procese su gelatinización a temperaturas mayores que 60°C (Castanha *et al.*, 2019). Los valores de S% obtenidos en la presente investigación (1,83-5,03 %) a 90°C fueron cercanos al reportado por Villanueva *et al.* (2018) (3,57%), pero menores frente a los resultados de otras investigaciones (Gani *et al.*, 2014; Peña, 2017).

Este comportamiento, posiblemente se deba al mayor grado de degradación y dextrinización de las moléculas de almidón de tunta (Villanueva *et al.*, 2018) causado por procesos de congelación y remojo durante la elaboración de tunta, que pudieron cambiar la microestructura de la superficie debido a las contracciones de los gránulos, lo que facilitó la lixiviación de componentes solubles (principalmente la amilosa) que se disocian y difunden fuera de los gránulos durante el hinchamiento, que además dicha disrupción de los gránulos pudo provocar la disminución del hinchamiento a 90°C (Hu *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2017; Sandhu *et al.*, 2015). Asimismo, estos resultados sugieren que los AT posiblemente tuvieron menor cantidad de áreas enlazadas fuertemente y puentes de hidrógeno en su región libremente reorganizada, en comparación a los AP (Koksel *et al.*, 2008). Consecuentemente, este proceso pudo provocar la ruptura de puentes hidrógeno entre cadenas, lo que incrementó los puentes de hidrógeno con el agua (Gani *et al.*, 2014).

También se evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los bloques (variedades) para la S% en todas las temperaturas. Entonces, la variedad del tubérculo debería ser considerada al momento de seleccionar un almidón que requiera propiedades específicas de solubilidad, por ejemplo, aplicaciones industriales que requieren fácil solubilización, tal como, chocolate en polvo o sopas instantáneas (Castanha *et al.*, 2019).

4.2.2. CLARIDAD DE LA PASTA DE ALMIDÓN

La capacidad de los geles para transmitir la luz define lo que es claridad y está directamente relacionada con la tendencia a la retrogradación de los almidones y, con el estado de

dispersión; es decir, depende de los enlaces asociativos entre las moléculas de almidón en los gránulos (Moorthy, 2002; Hazarika & Sit, 2016). Por lo general, el almidón de papa tiene sabor neutro y pasta clara o traslúcida (Grommers & Van der Krogt, c2009); ya que, es un almidón polimórfico tipo B (Moorthy, 2002). Además, la claridad de los geles de almidón es considerada un parámetro clave en la calidad de la pasta de almidón, puesto que, indica el brillo y opacidad; y una alta claridad de almidones tiene mucha importancia en aplicaciones textiles y alimentarias (Moorthy, 2002).

En esta investigación, la claridad de la pasta de los almidones fue determinada como porcentaje de transmitancia (%T) desde las cero horas hasta las 72 horas de almacenamiento en refrigeración (4°C). En la Tabla 14 se observó que los valores de %T decrecieron en todos los almidones durante los días de almacenamiento, los valores finales oscilaron entre 1,7-2,5 y 1,5-2,2% para AP y AT respectivamente. Este comportamiento es atribuido a que bajas temperaturas incrementaron la retrogradación al aumentar la velocidad de agregación de moléculas de amilosa en las primeras horas, posterior a ello, durante el periodo de días de almacenamiento fue la interacción entre cadenas de amilopectina que por su naturaleza altamente ramificada cristalizan muy lentamente las que produjeron la disminución de la claridad (Ambigaipalan *et al.*, 2013; Bashir *et al.*, 2017; Bello *et al.*, 2002; Wani *et al.*, 2014).

Tabla 14: Claridad de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	Transmitancia 650 nm (%)			
	0 h	24 h	48 h	72 h
PON	89,93 ± 0,38 ^e	11,97 ± 0,70 ^c	4,30 ± 0,35 ^d	2,47 ± 0,15 ^d
PPL	79,53 ± 1,36 ^d	3,97 ± 0,06 ^b	2,37 ± 0,06 ^c	1,83 ± 0,06 ^b
PCJ	76,77 ± 1,60 ^c	4,13 ± 0,06 ^b	2,57 ± 0,15 ^c	1,67 ± 0,06 ^{ab}
TON	20,50 ± 0,30 ^b	2,43 ± 0,11 ^a	2,30 ± 0,10 ^{bc}	2,17 ± 0,06 ^c
TPL	15,5 ± 0,35 ^a	2,53 ± 0,06 ^a	1,90 ± 0,00 ^{ab}	1,53 ± 0,06 ^a
TCJ	17,4 ± 0,36 ^a	2,07 ± 0,06 ^a	1,77 ± 0,06 ^a	1,50 ± 0,00 ^a

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)
n=3

Los resultados obtenidos presentaron cierta similitud con lo reportados en otras investigaciones de papas, acorde a lo obtenido por: Vargas *et al.* (2016) (57,4% a 1,7 % a las 72 h), y Peña (2017) (50,2-78,6 % a 6,0-16,6 % a las 72 h). También, se observó que los AT tuvieron porcentaje de transmitancia (0 h) más próximo a la variedad nativa de papa Sipiera (29,15 %) (Mbougoueng *et al.*, 2012) y al almidón de papa con fracciones de gránulo largo (25,1%) (Sandhu *et al.*, 2015).

Los valores de claridad de gel presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre variedades (Anexo 26), los geles del almidón de papa y tunta de la variedad ON tuvieron los valores de claridad más altos 89,93 y 20,5% respectivamente, siendo el PON el que presentó mayor claridad durante todo el periodo de almacenamiento (Anexo 27). Los almidones con alta claridad tienen la posibilidad de aplicarse a productos tipo rellenos de tartas de fruta, aderezo para ensaladas, mermeladas, gelatinas, caramelos, jaleas, gomitas y otros productos de confitería (Ayucitra, 2012; Hernández-Medina *et al.*, 2008; Torruco-Uco & Betancur-Ancona, 2007). Estos resultados pueden explicarse por su mayor CF (PON=854,74 ppm y TON=484,09 ppm), dado que, los grupos fosfatos (principalmente los monoéster de fosfato) al estar enlazados covalentemente a las moléculas de amilopectina y cargados negativamente provocaron repulsión entre moléculas adyacentes, reduciendo las asociaciones intra e intermoleculares y como consecuencia aumentaron los niveles de hidratación de las moléculas lo que aporta mayor transmitancia (Banks & Greenwood, 1975; Jane, c2009; Šimková *et al.*, 2013); lo que concuerda con sus valores más altos de PH a altas temperaturas (80 y 90°C) y su menor CAM (Hernández-Medina *et al.*, 2008; Zhang, W. *et al.*, 2018).

También, la procedencia del almidón (papa o tunta) tuvo un efecto significativo sobre la claridad, los geles de AP presentaron mayor claridad (76,8-89,9%) que los geles procedentes de AT (15,5-20,5%). La menor claridad de los AT pudo deberse a la alta refracción de la luz por la mayor presencia de restos de gránulos hinchados, amilosa y amilopectina lixiviadas, pesos moleculares y longitudes de cadenas de amilosa y amilopectina, los cuales disminuyeron la capacidad de la pasta de almidón para transmitir luz (Craig *et al.*, 1989; Hu *et al.*, 2018; Perera & Hoover, 1999). Estos almidones más opacos pueden ser utilizados en alimentos con bajos requerimientos de claridad, tal como, salsas, aderezos, pudines, mayonesa, productos cárnicos, bebidas concentradas tipo néctar o productos de panificación (Hazarika & Sit, 2016; Hernández-Medina *et al.* 2008).

4.2.3. SINÉRESIS DE LOS GELES DE ALMIDÓN EN REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN

La sinéresis en refrigeración y congelación en gránulos de almidón se define como la expulsión del agua desde el interior de los gránulos hinchados como consecuencia de la reorganización de las moléculas de almidón (retrogradación) (Mason, c2009). Siendo el almidón un insumo utilizado en la formulación de productos procesados que se almacenan a bajas temperaturas, es importante evaluar su capacidad de resistencia a estas condiciones.

Los valores de sinéresis de los geles de almidón bajo refrigeración y congelación se presentan en la Tabla 15 y 16 respectivamente, observándose un incremento de sinéresis durante el almacenamiento para todos los almidones. Este comportamiento es atribuido a la interacción de cadenas de amilopectina y amilosa lixiviadas, que condujeron al desarrollo de zonas de unión lo que provocó la liberación de agua desde el interior de los geles de almidón. La agregación y cristalización de amilosa han sido reportadas a ser completadas dentro de las primeras horas de almacenamiento, mientras la agregación y cristalización de amilopectina ocurrió durante etapas posteriores (Verma *et al.*, 2018; Wani *et al.*, 2014).

Existen diferencias significativas entre variedades y procedencia del almidón (papa y tunta) ($p < 0.5$). Los geles de AP mostraron mejor resistencia a la SR al presentar valores significativamente ($p < 0,05$) menores de sinéresis que los AT durante todo el periodo de almacenamiento (Anexo 28). La alta estabilidad que presentaron los almidones de papas de las tres variedades a estas condiciones demuestra la conveniencia de su empleo en sistemas alimenticios que involucren procesos de refrigeración, por ejemplo, en rellenos de pasteles, alimentos infantiles y sopas (Hernández-Medina *et al.*, 2008).

Los almidones de papa de las tres variedades destacan por sus valores muy bajos de sinéresis en refrigeración al día 7 (0.1-0,14%), mientras que en los almidones de tunta la sinéresis aumentó con los días de almacenamiento de 1,25 a 18,34 (TON), 3,18 a 26,51 (TPL) y 0,33 a 9,47 (TCJ), estos últimos oscilaron en el rango reportado por Peña (2017) (0,13-21,23% para el primer día y 4,73-39,48% para séptimo día), y todos los almidones fueron más resistentes a la SR que los almidones evaluados por Verma *et al.* (2018) (39,16% para el día 4). Además, el almidón de TPL tuvo menor estabilidad bajo condiciones de refrigeración con valores significativamente ($p < 0,05$) mayores de SR en comparación a los otros

almidones (Anexo 29), que puede ser atribuido a su alto CAM (30%). Este tipo de almidón pueden ser aplicado en productos que requieran ser almacenados en refrigeración y necesiten cierta exudación de humedad para proporcionar una apariencia fresca, por ejemplo, los flanes y salsas (Hernández-Medina *et al.*, 2008).

Tabla 15: Sinéresis (%) durante la refrigeración (4°C) de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	%Sinéresis				
	Día				
	1	2	3	4	7
PON	0,01 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,00 ^a
PPL	0,01 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,01 ^a
PCJ	0,01 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,03 ^a	0,10 ± 0,04 ^a
TON	1,25 ± 0,76 ^b	5,55 ± 0,58 ^b	4,93 ± 2,02 ^b	11,94 ± 2,32 ^b	18,34 ± 1,13 ^c
TPL	3,18 ± 0,36 ^c	6,31 ± 0,72 ^b	14,81 ± 0,59 ^c	17,45 ± 0,82 ^c	26,51 ± 0,13 ^d
TCJ	0,33 ± 0,05 ^{ab}	0,69 ± 0,34 ^a	1,11 ± 0,24 ^a	2,16 ± 0,37 ^a	9,47 ± 0,99 ^b

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)
n=3

Los valores más altos de sinéresis para almidones de tunta puede ser atribuida al daño estructural derivado del esfuerzo físico provocado por subsecuente congelación-descongelación (formación de cristales de hielo en la matriz amorfa de los gránulos hinchados) durante el proceso de elaboración de tunta lo que provocó una mayor velocidad de lixiviación de la amilosa y cadenas de amilopectina dañadas (Przetaczek-Rożnowska, 2017; Zhang, C. *et al.*, 2018). Posiblemente, este daño estructural ocurrió en la superficie de los gránulos de almidón (gránulos polimórficos tipo B sin poros superficiales ni canales hacia el interior), originando una estructura superficial porosa y desorganización estructural desde escalas de longitud nanométricas a micrométricas; reduciendo las cantidades de ordenamientos moleculares cortos (dobles hélices) y de largo rango (región cristalina) de la amilopectina del gránulo de almidón, lo que indujo a la formación de un gel más débil que a temperaturas de refrigeración favoreció la liberación de agua (Mason, c2009; Zhang *et al.* 2014).

Tabla 16: Sinéresis (%) durante los ciclos de congelación-descongelación de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	%Sinéresis							
	Ciclos (días)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PON	33,01 ± 2,10 ^b	35,4 ± 3,71 ^a	37,44 ± 1,07 ^a	37,99 ± 1,75 ^a	39,81 ± 2,06 ^a	40,51 ± 1,37 ^a	40,71 ± 1,52 ^a	41,77 ± 1,77 ^a
PPL	48,32 ± 0,61 ^c	48,48 ± 3,14 ^b	48,96 ± 2,42 ^b	49,08 ± 1,32 ^b	48,87 ± 1,56 ^b	48,99 ± 2,17 ^b	48,92 ± 2,15 ^b	58,10 ± 1,44 ^c
PCJ	48,43 ± 2,52 ^c	54,98 ± 3,61 ^b	58,76 ± 0,32 ^c	56,59 ± 3,76 ^c	57,68 ± 1,45 ^c	59,23 ± 1,57 ^c	60,15 ± 1,94 ^c	60,67 ± 0,45 ^c
TON	30,96 ± 0,59 ^{ab}	32,82 ± 1,79 ^a	33,38 ± 0,45 ^a	39,20 ± 3,62 ^a	45,18 ± 2,23 ^b	47,62 ± 0,69 ^b	48,04 ± 0,63 ^b	49,00 ± 1,35 ^b
TPL	25,23 ± 1,48 ^a	35,30 ± 2,26 ^a	35,51 ± 2,96 ^a	36,70 ± 2,23 ^a	38,76 ± 1,26 ^a	39,76 ± 1,37 ^a	39,76 ± 1,37 ^a	40,33 ± 0,77 ^a
TCJ	32,02 ± 3,64 ^b	33,29 ± 2,61 ^a	37,51 ± 2,08 ^a	37,66 ± 1,74 ^a	39,02 ± 2,61 ^a	39,19 ± 2,65 ^a	41,79 ± 1,73 ^a	43,25 ± 1,64 ^a

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)

n=3

Los resultados de sinéresis en congelación (SC) pueden ser útiles para predecir la estabilidad en almacenamiento de productos congelados a base de almidón de papa o tunta, dado que, esta propiedad representa la capacidad del almidón a resistir a los indeseables cambios físicos que podrían ocurrir durante su almacenamiento en estas condiciones de temperatura. Su estudio se incrementó debido a la demanda de productos congelados listos para consumir (que generalmente incorporan almidones como aditivos); buscándose el menor daño en los productos, tal como, cambios de textura, pérdida por goteo y deterioro en general de la calidad (Ye *et al.*, 2016). Además, almidones con baja sinéresis en congelación-descongelación pueden ser empleados como micro-adsorbentes o agentes para aditivos alimentarios, encapsulación, así como filtro aglutinante de drogas o excipiente en farmacología (Szymońska & Wodnicka, 2005).

Los resultados de estabilidad en congelación-descongelación se presentan en la Tabla 16. En los cuales se observó el incremento de SC a medida que incrementó el número de ciclos de congelación-descongelación, lo que concordó con lo reportado por Srichuwong *et al.* (2012). Los valores de %SC oscilaron de 25,23 a 48,43% para el primer ciclo, aumentando hasta 40,33 a 60,67% para el octavo ciclo, valores correspondientes al TPL (más bajos) y PCJ (más altos), respectivamente. Estos resultados oscilaron en un rango ligeramente menor al reportado por Peña (2017) (36,84-50,79% para el primer ciclo y 55,92-66,11% para el octavo ciclo); y un valor similar para el cuarto ciclo del PPL (49,08%). No obstante, Vargas *et al.* (2016) obtuvieron resultados menores para el primer ciclo (<5%) y próximos para el octavo ciclo (<55%), explicando que durante los ciclos de congelación se perdió la translucidez del gel de almidón por la formación de cristales, los cuales fueron expulsados durante la descongelación.

Existen diferencias significativas en los valores de SC entre variedades en los 5 primeros ciclos de congelación-descongelación y, entre almidones de papa y tunta para todos los ciclos ($p < 0.5$) (Anexo 30). Los geles de AT tuvieron mejor estabilidad al proceso de congelación-descongelación durante todo el periodo de almacenamiento. Comportamiento también observado en otras investigaciones, explicando que la mejor resistencia a SC debido al efecto de congelación del tubérculo (Koksel *et al.*, 2008) puede atribuirse a la supresión de asociaciones de cadenas de almidón (Ye *et al.*, 2016), provocando reducción en la magnitud de puentes de hidrógeno, y disminución de fuerzas entre cadenas de amilosa-

amilosa y amilosa-amilopectina (Verma *et al.*, 2018), además de la presencia de daño de la estructura molecular de los gránulos de AT, que al presentarse como fragmentos más pequeños fueron capaces de retener más agua bajo estas condiciones (Wani *et al.*, 2014).

También, se observó dentro de los almidones de papa que la variedad PL y CJ tuvieron valores significativamente ($p < 0,05$) más altos que variedad ON desde el primer hasta el último ciclo (Anexo 31), lo cual pudo ser fuertemente influenciado por los valores significativamente mayores de CAM del PPL (30,47%) y PCJ (30,94%) frente al CAM del PON (28,75%). Por lo contrario, se observó mayor resistencia a la SC para el TPL en comparación a todos los almidones, esto puede atribuirse a que es un almidón con menos características de pureza por su mayor contenido de lípidos y proteínas, valores más altos de los parámetros de color a^* y b^* , y más bajos para la L^* , W y %T frente a los otros almidones (Singh *et al.* 2014).

4.2.4. PROPIEDADES TÉRMICAS

La gelatinización del almidón es una transición endotérmica correspondiente a la disociación de las dobles hélices de la amilopectina, que pasa de una estructura semi-cristalina a una conformación amorfa (Zhang *et al.*, 2014). Ésta es considerada una transformación que va acompañada de cambios irreversibles en sus propiedades como: absorción de agua, hinchazón del grano, fusión de la parte cristalina, pérdida de la birrefringencia, aumento en la viscosidad y la solubilidad del gránulo (Quintero *et al.*, 2012).

Las propiedades de gelatinización de los gránulos de almidón de papa y tunta fueron presentadas en la Tabla 17, donde las temperaturas de transición de gelatinización (T_0 , T_p y T_f) reflejaron la estabilidad al calor de los cristalitos, mientras que el valor de la entalpía de gelatinización (ΔH) estuvo asociada con la cantidad de orden molecular y cristalinidad (Zhang *et al.*, 2014). Además, en las Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se ilustró los termogramas del DSC.

Tabla 17: Parámetros de gelatinización de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	T _o (°C)	T _p (°C)	T _f (°C)	ΔH (J/g)*
PON	54,93 ± 0,00 ^a	58,13 ± 0,01 ^a	64,67 ± 0,13 ^a	16,81 ± 0,31 ^b
PPL	56,11 ± 0,11 ^c	60,11 ± 0,11 ^d	66,96 ± 0,15 ^c	16,74 ± 0,12 ^b
PCJ	55,68 ± 0,13 ^b	59,40 ± 0,04 ^c	66,00 ± 0,35 ^b	16,73 ± 0,07 ^b
TON	54,98 ± 0,01 ^a	58,69 ± 0,01 ^b	64,67 ± 0,04 ^a	16,08 ± 0,34 ^{ab}
TPL	56,45 ± 0,13 ^c	60,32 ± 0,01 ^d	66,38 ± 0,04 ^{bc}	16,53 ± 0,02 ^b
TCJ	54,69 ± 0,11 ^a	58,36 ± 0,09 ^a	64,40 ± 0,04 ^a	15,70 ± 0,01 ^a

* ΔH (J/g), entalpía de gelatinización

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$). Donde T_o es temperatura inicial de gelatinización, T_p es temperatura pico de gelatinización, T_f es temperatura final de gelatinización y ΔH es entalpía de gelatinización.

n=2

Los resultados de los parámetros de gelatinización de los almidones oscilaron de 54,93 a 56,45°C (T_o), 58,13 a 60,32°C (T_p), 64,40 a 66,96°C (T_f) y 15,70 a 16,81 J/g (ΔH), similares a lo reportado por Lu *et al.* (2016) (T_o=56°C, T_p=60,4°C, T_f=67,4°C y ΔH = 16.0 J/g para la almidón de papa variedad CV92056-4) y Sun *et al.* (2017) (T_o=58,7°C, T_p=64,2°C, T_f=72,8°C, ΔH=18,8 J/g para almidón de papa de China), pero menores a lo obtenido por Zhu & Hao (2019) (T_o=62,5-65,5°C, T_p=66-68,7°C, T_f=71,3-73,1°C y ΔH=12,3-19 J/g para cinco variedades de papa de Maori). Estas diferencias de resultados entre investigaciones pueden deberse a la influencia de otros factores como la forma y distribución de los gránulos de almidón, organización interna de fracciones de almidón, contenido de amilosa y tamaño (Xu *et al.*, 2013); y protocolos experimentales, tal como, el nivel de humedad, preparación de la muestra, velocidad de calentamiento e instrumento usado (Moorthy, 2002). Además, según Tong *et al.* (2018) las cargas de monoésteres de fosfato derivados de amilopectina disminuyen la T_o y aumentan la ΔH, este comportamiento se evidenció en el almidón de papa de la variedad ON frente a las otras variedades, al presentar valores más altos de CF.

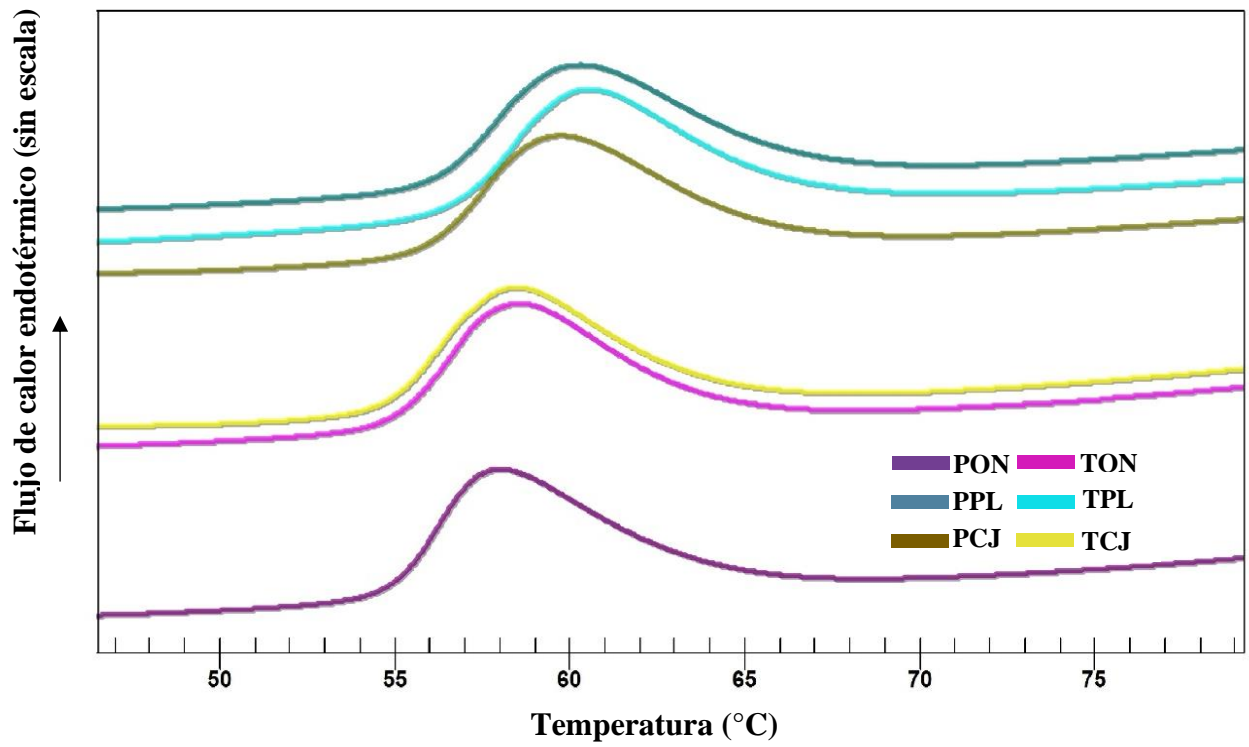


Figura 9: Termograma de almidones nativos de papas amargas y tuntas

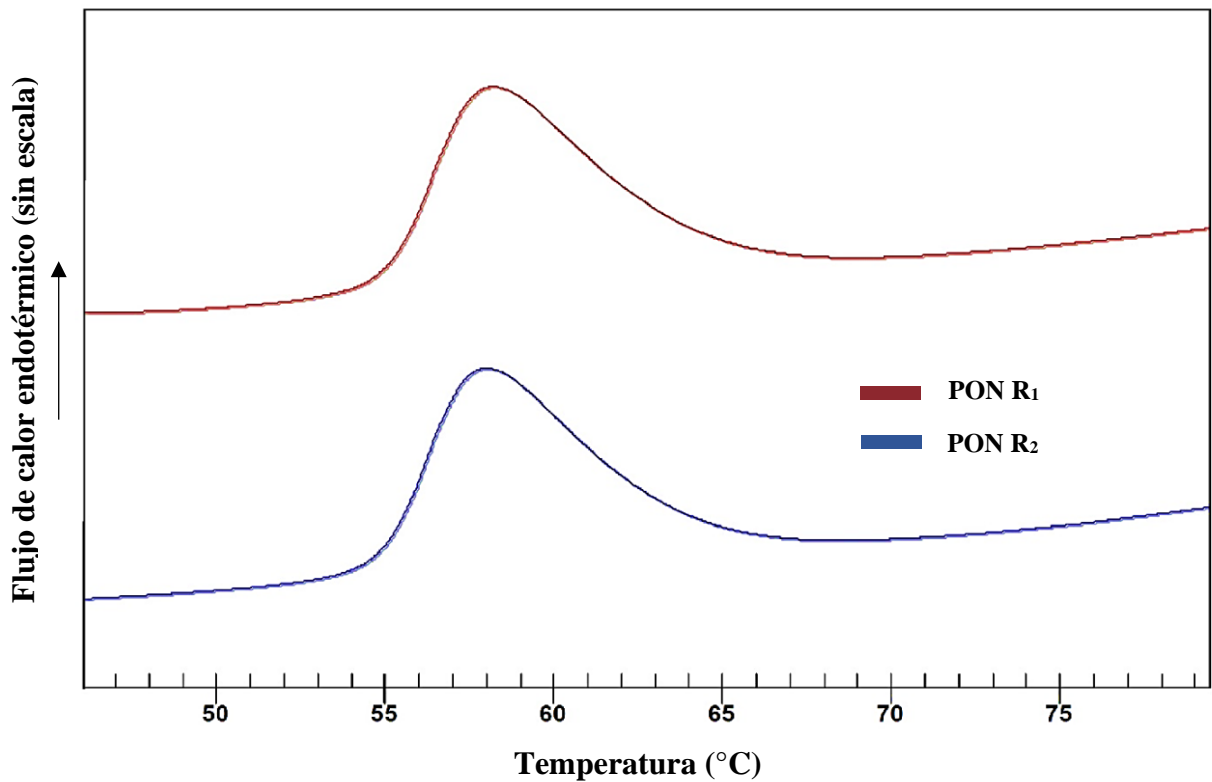


Figura 10: Termograma de almidón nativo de papa amarga variedad Ocuroides negra

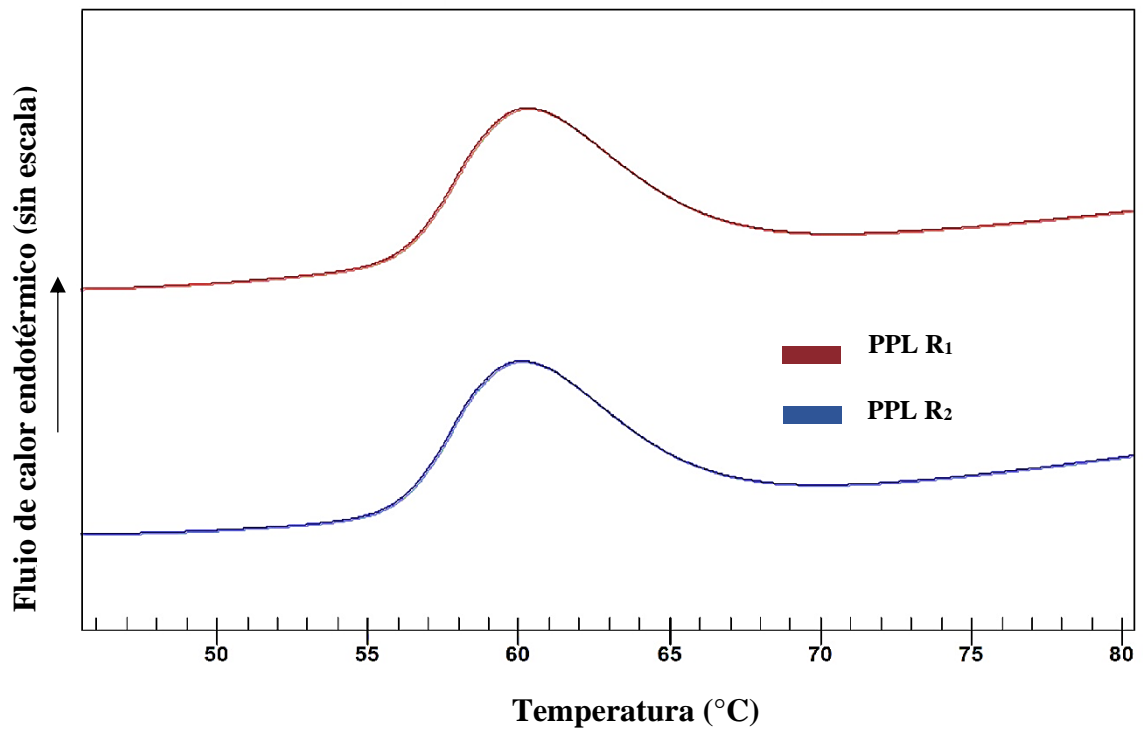


Figura 11: Termograma de almidón nativo de papa amarga variedad Pala

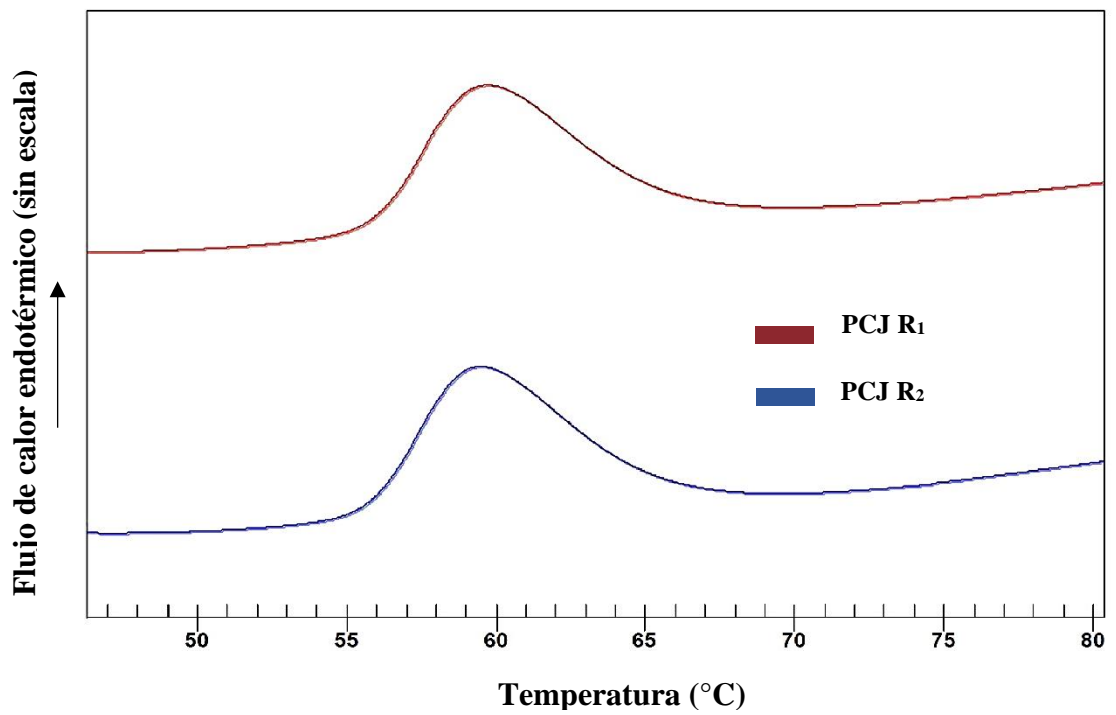


Figura 12: Termograma de almidón nativo de papa amarga variedad Cuchi jipilla

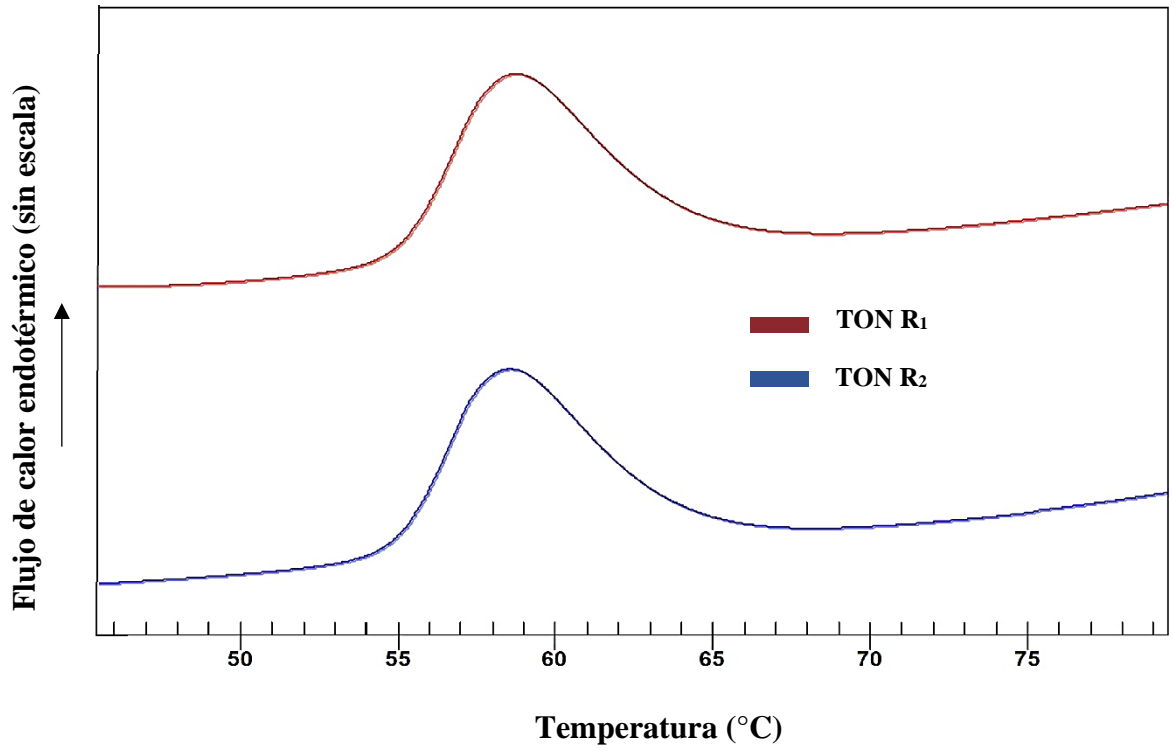


Figura 13: Termograma de almidón nativo de tunta variedad Ocucuri negra

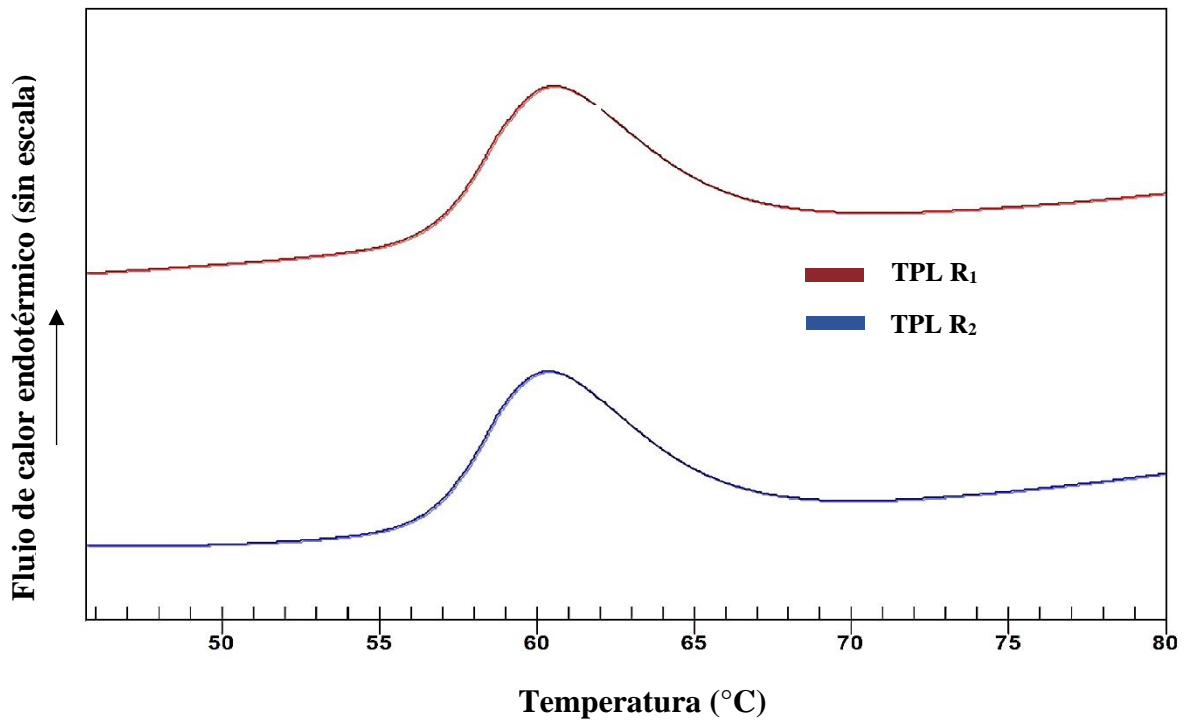


Figura 14: Termograma de almidón nativo de tunta variedad Pala

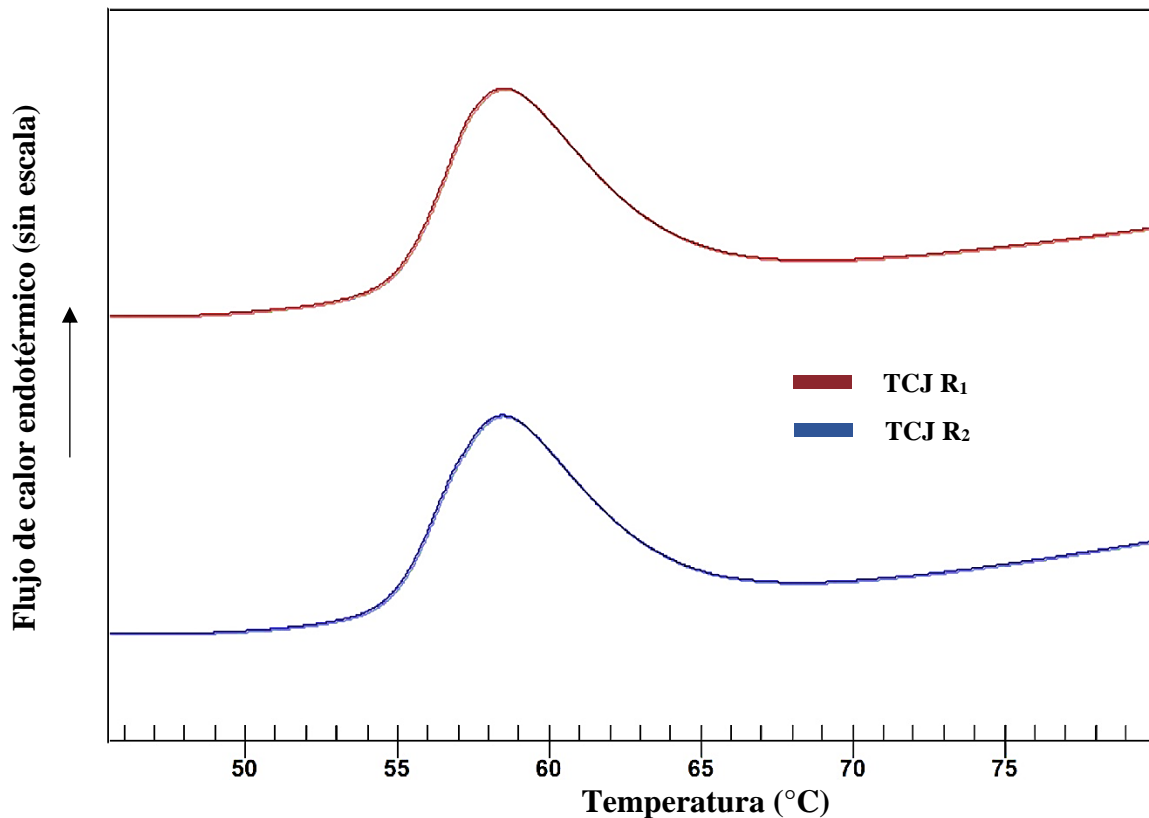


Figura 15: Termograma de almidón nativo de tunta variedad Cuchi jipilla

En el análisis estadístico de las propiedades térmicas hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) para la T_f y ΔH según la procedencia del almidón, con valores ligeramente menores de T_f y ΔH para los almidones de tunta (Anexo 32), lo que indicaría posible destrucción de la lamela cristalina y estructura amorfa en los gránulos de almidón por efecto de congelación-descongelación del tubérculo, el cual provocó una fuerza de expansión en los gránulos bajo la influencia del hielo, que ocupó tanto el interior del gránulo como los canales de su pared mediante un hinchamiento poco uniforme en la superficie e interior del gránulo. Los almidones de tunta podrían tener interesantes aplicaciones en productos que requieran gelificar a bajas temperaturas, o simplemente para reducir costos energéticos (Mbougoung *et al.*, 2012).

En concordancia con los resultados obtenidos, diversos estudios que evaluaron el efecto de la congelación-descongelación en almidones de diversas fuentes (Chung *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2018; Tao *et al.*, 2015), atribuyeron que el congelamiento-descongelamiento provocó disrupción de la organización cristalina (estructura ordenada de largo alcance), reducción en la cantidad de dobles hélices

(estructuras ordenadas de corto alcance) al haber mayor presencia de cadenas cortas frente a cadenas largas de amilopectina, destrucción de laminillas cristalinas y estructura amorfa incrementando el contenido de almidón dañado y, canales de pared más expandidos. Ésto favoreció la penetración y reacción de las moléculas de agua dentro del gránulo durante el proceso de gelatinización y, disminuyó el requerimiento energético al haber menor escisión y fusión de ramificaciones.

También hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre variedades, se observó que la variedad PL (PPL y TPL) presentó valores más altos en todas las temperaturas de gelatinización (T_o , T_p y T_f) en comparación a las otras variedades (Anexo 32). Esto puede ser atribuido a los valores altos de CAM y, la pequeña cantidad de lípidos presentes para el caso de TPL (Singh *et al.*, 2014); dado que, la mayor pérdida de amilosa durante el proceso de gelatinización requirió más energía para separar los cristales y desorganizar las estructuras organizadas de complejos helicoidales formados por interacción entre cadenas de amilosa-amilosa y amilosa-amilopectina (Tao *et al.*, 2016; Tao *et al.*, 2018); también pudo influir el tamaño y forma del gránulo, el grado de cristalinidad, relación almidón/agua y disponibilidad de agua (Alvani *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2008).

Entonces los almidones de la variedad PL presentan estructuras cristalinas altamente ordenadas de mayor calidad con una región cristalina más cohesiva y estable y mayor grado de cristalinidad por su mayor T_p y T_o , respectivamente, frente a otras variedades de su respectivo almidón (papa o tunta) (Martínez *et al.*, 2015). En esta variedad se observó que el almidón de tunta tuvo valores ligeramente mayores que el almidón de papa para la T_o y T_p (ver Anexo 33), lo que puede atribuirse a la posible presencia de interacciones amilosa-amilosa y amilosa-amilopectina, y enlaces químicos, formados durante el proceso de congelación-descongelación dando origen a nuevos cristalitas (Chung *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2019).

4.2.5. PROPIEDADES REOLÓGICAS

a. PROPIEDADES DE FORMACIÓN DE LA PASTA

El perfil de formación de pasta de un almidón permite conocer y evaluar los cambios de la viscosidad bajo condiciones previamente establecidas de calentamiento, enfriamiento y fuerzas de corte con la finalidad de inferir su comportamiento durante su procesamiento industrial. La formación de pasta ocurre después de la gelatinización en la disolución del almidón; los gránulos llegan a ser más susceptibles al cizallamiento, lo que resulta en desintegración. La pasta que es obtenida en gelatinización es una masa viscosa que consiste en una fase continua de amilosa solubilizada y/o amilopectina y gránulos remanentes adheridos en la red de amilosa lixiviada (Maaran *et al.*, 2014). Factores como la presencia de proteína, lípidos y ésteres de fosfato que formen complejos con el almidón, el tamaño, rigidez, poder de hinchamiento de los gránulos, relación amilosa/amilopectina y su estructura tienen un rol importante en la determinación de propiedades de formación de pasta (Sandhu *et al.*, 2015; Tong *et al.*, 2018).

En la Figura 16 se presenta los perfiles de formación de pasta de los almidones de papa y tunta de las tres variedades, en los cuales se observó un perfil más achatado y un pico menos pronunciado para los AT; y como la viscosidad incrementaba a medida que aumentaba la temperatura durante la formación de la pasta, lo que ocurrió como resultado de la capacidad del almidón para absorber agua siendo la amilopectina el componente que favoreció dicha propiedad, mientras que la amilosa suprimió el hinchamiento manteniendo la integridad de los gránulos de almidón. Las moléculas de amilosa empezaron a lixiviarse de los gránulos a medida que éstos se rompían bajo cizallamiento, lo que aumentó la viscosidad de la pasta resultante hasta el pico máximo. Posterior a ello, ocurrió la caída de la viscosidad cuando la temperatura fue mantenida constante y nuevamente esta propiedad incrementó hasta la viscosidad final en el ciclo de enfriamiento. En esta última etapa, sucedió la retrogradación, en la cual las cadenas de amilopectina espontáneamente re-asociadas formaron las matrices del gel incrementado la estabilidad térmica (Dos Santos *et al.*, 2016; Zhou & Lim, 2012).

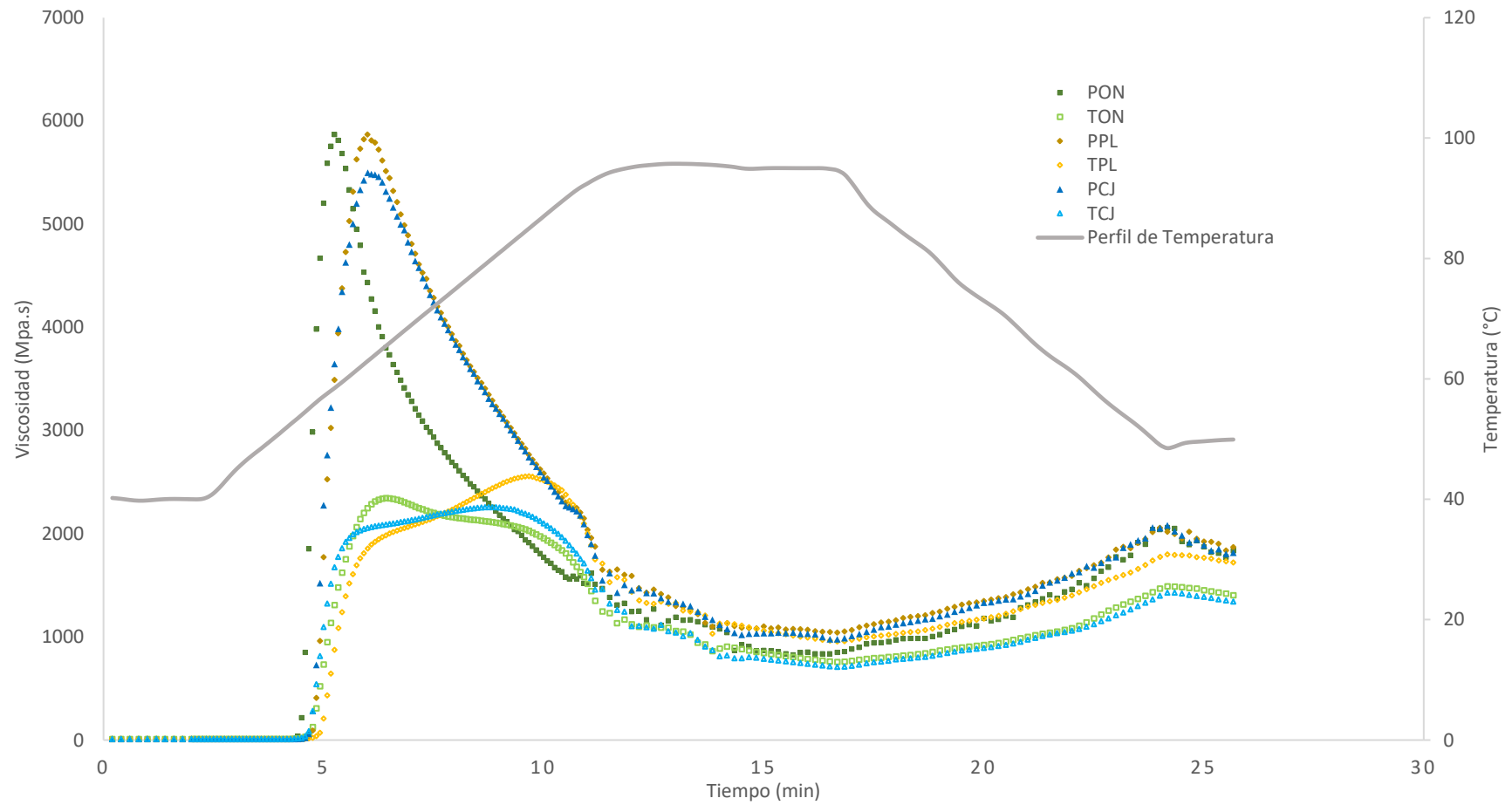


Figura 16: Curvas de formación de pasta de almidones nativos de papa y tunta y perfil de temperatura

En la Tabla 18, son presentados los resultados de las propiedades de pastificación. La viscosidad inicial de pastificación (PV) que se da antes del calentamiento, es el parámetro más importante para los almidones instantáneos (Leonel *et al.*, 2011) y fue estudiado en la presente investigación. Este parámetro presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) por efecto de la procedencia del almidón. Los valores obtenidos fueron significativamente ($p < 0,05$) más altos para los AT (PV= 39,25-44,75 cP) en comparación a los AP (PV= 30,90-34,50 cP) (Anexo 34).

Liu *et al.* (2019) mencionaron que la TP, respectiva a PV, fue la temperatura a la cual el almidón empezó a gelatinizar y reportó la primera medida de hinchamiento de los gránulos de almidón; y cuando la estructura granular del almidón no pudo sostener el hinchamiento, ocurrió distorsión o disrupción en los gránulos de almidón y la temperatura pasó a ser la PT. Estas temperaturas de formación de pasta (PT y TP) fueron comparables y cercanas a las temperaturas de transición de gelatinización (T_o y T_p), determinadas por DSC, con ligeras diferencias relacionadas al principio de detección de ambos métodos (Hu *et al.*, 2018). En comparación con otras investigaciones, los valores de TP fueron menores en comparación a lo obtenido por Yassaroh & Woortman (2019) (TP=66°C) y Villanueva *et al.* (2018) (TP=70°C), pero similares para la PT, en comparación a lo reportado por Hu *et al.* (2018) (PT=69,4°C) y Sandhu *et al.* (2015) (PT=67,9 y 67 °C para almidones de fracción de gránulo largo y corto, respectivamente). Los resultados para ambas temperaturas fueron significativamente inferiores para AP (TP = 53,76-55,11°C y PT = 58,23-63,44°C) frente a los AT (TP=54,65-56,19°C y PT= 65,73-84,97°C) (Anexo 34).

Tabla 18: Propiedades de formación de pasta de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	PV cP	TP °C	VM Cp	PT °C	Pt min	II cP	VC cP	RG cP	VF cP
PON	32,25 ± 3,18 ^{ab}	53,76 ± 0,44 ^a	5939,17 ± 24,63 ^d	58,23 ± 1,04 ^a	5,21 ± 0,18 ^a	5123,41 ± 41,80 ^d	815,75 ± 17,17 ^c	1017,66 ± 70,01 ^c	1833,41 ± 87,19 ^b
PPL	34,50 ± 0,71 ^{ab}	55,11 ± 0,00 ^b	5865,92 ± 39,97 ^d	62,94 ± 0,01 ^b	6,00 ± 0,00 ^b	4826,11 ± 42,16 ^c	1039,82 ± 2,20 ^e	829,73 ± 16,86 ^b	1869,55 ± 14,66 ^b
PCJ	30,90 ± 1,27 ^a	54,88 ± 0,35 ^b	5554,85 ± 99,49 ^c	63,44 ± 1,41 ^b	6,08 ± 0,23 ^b	4580,39 ± 116,49 ^b	974,46 ± 17,00 ^d	838,83 ± 57,52 ^b	1813,30 ± 74,52 ^b
TON	44,75 ± 2,47 ^c	54,99 ± 0,13 ^b	2343,86 ± 9,84 ^a	65,73 ± 0,34 ^b	6,46 ± 0,06 ^b	1586,67 ± 16,71 ^a	757,18 ± 6,87 ^b	645,55 ± 5,98 ^a	1402,74 ± 12,85 ^a
TPL	41,75 ± 0,35 ^c	56,19 ± 0,03 ^c	2555,26 ± 1,99 ^b	84,97 ± 0,02 ^d	9,67 ± 0,00 ^d	1600,96 ± 6,11 ^a	954,30 ± 8,10 ^d	765,23 ± 17,29 ^{ab}	1719,54 ± 25,39 ^b
TCJ	39,25 ± 1,06 ^{bc}	54,65 ± 0,06 ^{ab}	2255,80 ± 12,30 ^a	79,49 ± 0,04 ^c	8,75 ± 0,00 ^c	1547,67 ± 4,48 ^a	708,13 ± 7,82 ^a	632,73 ± 2,62 ^a	1340,86 ± 10,44 ^a

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$) $n=2$. Donde PV es viscosidad inicial de pastificación, TP es temperatura de pastificación, VM es viscosidad máxima o pico, PT es temperatura pico, Pt es tiempo pico, II es índice de inestabilidad, VC es viscosidad de caída, RG es retrogradación, y VF es viscosidad final.

Los valores más altos de TP de los AT indicó que estos almidones tienen una ligera mayor resistencia a la ruptura e hinchamiento para iniciar la formación de la pasta que los AP (Karwasra *et al.*, 2017). Similar comportamiento fue reportado por Zhang, C. *et al.* (2018) con almidones de papa modificados por tratamiento de congelación-descongelación. Este comportamiento en los AT pudo estar asociado al incremento de rigidez superficial del gránulo por la formación de capas exteriores mediante la agregación de amilosa lixiviada, favorecida por la organización cristalina tipo B de los gránulos de almidón de papa y a la presencia de enlaces más fuertes y mayor cantidad de enlaces cruzados físicos formados entre cadenas de almidón, que pudieron aparecer dentro del gránulo durante el proceso de elaboración de tunta por efecto de congelación-descongelación (Villanueva *et al.*, 2018; Yassaroh & Woortman, 2019; Zhang, C. *et al.*, 2018).

Por otro lado, para el tiempo pico (Pt), que es considerado el parámetro que mide la facilidad de cocción de los almidones, se observó valores significativamente ($p < 0,05$) más altos para AT (Pt=6,46-9,67 min) frente a los AP (Pt=5,21-6,08 min) (Anexo 34). Estos resultados son similares a los obtenidos por Yassaroh & Woortman (2019) (Pt=5,73 min) y Villanueva *et al.* (2018) (Pt=5,97 min) para almidones de papa. Los valores mayores de Pt de los AT, probablemente se puede atribuir a la presencia de gránulos de almidón que ocupan una mayor área superficial en la solución (Lucas & Quintero, 2016).

La VM es una característica funcional de los almidones como consecuencia del hinchamiento a su capacidad máxima por absorción de agua, ruptura de los gránulos y salida hacia el exterior de las cadenas de amilosa que posibilitan la formación de estructuras tridimensionales, por fricción entre gránulos largos que tienden a aumentar la viscosidad (Hu *et al.*, 2018; Martínez *et al.*, 2015). En la presente investigación, los almidones fueron caracterizados por tener un amplio rango de valores de viscosidad máxima (2255,80-5939,17 cP), siendo una de las propiedades que presentó mayor diferencia significativa ($p < 0,05$) por efecto de la procedencia del almidón. Los valores de VM para AP (5554,85-5939,17 cP) fueron aproximadamente el doble de los de AT (2255,8-2555,26 cP), lo que refleja que las pastas de AT perdieron la capacidad para mantener el agua e hincharse libremente antes de empezar la ruptura con lixiviación de amilosa simultáneamente (Hu *et al.*, 2018; Przetaczek-Rożnowska, 2017); ocurriendo lo contrario en las pastas de AP que mostraron más resistencia al calentamiento a temperaturas de gelatinización y esfuerzo mecánico (Zhou &

Lim, 2012), lo que indica que se formó un hidrogel más estable con características morfológicas de micro fibrillas interconectadas (Sandhu & Siroha, 2017).

Las diferencias de VM entre ambas fuentes de almidón por efecto de congelación concuerdan con lo obtenido por Zhang, C. *et al.* (2018) para almidones modificados por congelación frente almidones nativos. Este comportamiento puede ser atribuido a que el daño del almidón haya conducido a tener cadenas de amilopectinas internas del tipo B más cortas las cuales tendieron a bajar viscosidad dando origen a organizaciones de dobles hélices menos paralelas, y posible recristalización resultando en una reducción de la integridad estructural debido a la estructura inicialmente más desordenada en los AT (Zhou & Lim, 2012; Zhu, 2018). También, pudieron contribuir a las diferencias de VM diversos factores, tal como, la morfología de los gránulos, el contenido de amilopectina, los pesos moleculares promedio de la amilosa y la amilopectina, y las condiciones en las que se realizan las mediciones (concentración del almidón, tasa de calentamiento y tasa de esfuerzo cortante) (Martínez *et al.*, 2015). También, el CF (alto contenido de monoésteres de fosfato y largas cadenas ramificadas) influyó los resultados de VM, al presentar el PON y PPL valores significativamente ($p < 0,05$) más altos de VM debido a su mayor CF frente a los otros almidones (Villanueva *et al.*, 2018) (Anexo 35).

Con el índice de inestabilidad (II) se evaluó la estabilidad de los geles a altas temperaturas y su resistencia al cizallamiento (bajo esfuerzos mecánicos) en procesos agroindustriales, representando la fragmentación del gránulo de almidón; obteniéndose que los geles de AT (II= 1547,67-1600,96 cP) fueron significativamente más estables (a temperaturas elevadas, $>90^{\circ}\text{C}$) a la fragmentación mecánica que los AP (II= 4580,39-5123,41 cP). Los resultados obtenidos para AT fueron comparables con lo reportado por Sandhu *et al.* (2015) (II=1572 y 1468 cP para almidones de fracción de gránulo largo y corto, respectivamente); y los valores obtenidos para AP se aproximaron a lo reportado por Hu *et al.* (2018) (II=4275,0 cP), Yassaroh & Woortman (2019) (II=4456 cP) y Villanueva *et al.* (2018) (II=4820 cP). El II es atribuido a la disociación de gránulos de almidón gelatinizados durante agitación continua y calentamiento (Dos Santos *et al.*, 2016; Karwasra *et al.*, 2017), lo que significa que los gránulos de AP hinchados fueron fácilmente desorganizados por fuerzas mecánicas resultando con un II más alto, a diferencia de AT que mantuvieron mejor la viscosidad después de alcanzado el pico durante en que se sostiene el esfuerzo cortante a la temperatura

de 95°C (Martínez *et al.*, 2015; Lucas & Quintero, 2016). No obstante, el menor II de los AT podría ser favorecido por los valores más bajos de VM (Gani *et al.*, 2014); dado que, existe correlación positiva entre ambas propiedades de pastificación según Ahmed *et al.* (2018). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Yassaroh & Woortman (2019) y Zhang, C. *et al.* (2018), quienes reportaron que la estabilidad del almidón al calentamiento y cizallamiento fue mejorada por el tratamiento físico de congelación-descongelación.

Entonces, la liofilización natural del proceso de elaboración de tunta podría ser una alternativa para obtener almidones que puedan aplicarse en procesos tecnológicos que involucren el bombeo en caliente del almidón gelatinizado por la poca disminución de la viscosidad durante el proceso (Martínez *et al.*, 2015). Además, la reducción en la VM y II en AT frente a los AP, pudo ser atribuida según Hu *et al.* (2018) a un menor PH a 90°C lo que permitió obtener un gel débil, por la formación de geles menos concentrados por el menor volumen ocupado de las fracciones de almidón dañado (Barrera *et al.*, 2013).

La viscosidad de caída (VC) indicó la disminución en la viscosidad del almidón después de la VM, debido a la ruptura de los gránulos hinchados a alta temperatura (Karwasra *et al.*, 2017). En los resultados los valores de VC fueron ligeramente más altos para AP (VC=815,75-1039,852 cP) frente a AT (VC= 708,13-954,30 cP), esta propiedad es influenciada por la relación amilosa/amilopectina, la cual imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones (Lucas & Quintero, 2016).

La propiedad de retrogradación (RG) es la re-asociación de los polímeros de almidones solubles y los fragmentos granulares insolubles (Lucas & Quintero, 2016), que ocurre a través de puentes de hidrógeno, formando zonas mejor organizadas (Leonel *et al.*, 2011); y permite evaluar el comportamiento de la pasta durante la fase de enfriamiento (Leonel *et al.*, 2011), relacionándose al esfuerzo cortante interno entre estructuras (Sandhu & Siroha, 2017). Los resultados obtenidos para esta propiedad oscilaron en un rango entre 632,73-1017,66 cP para todos los almidones, los cuales fueron cercanos al reportado por Villanueva *et al.* (2018) (RG=780 cP) y Sandhu *et al.* (2015) (RG=832 y 815 cP para almidones de fracción de gránulo largo y corto, respectivamente), pero mayores que los obtenidos por Hu *et al.* (2018) (RG=481,3 cP) para almidones de papa.

Los valores significativamente ($p < 0,05$) más bajos de RG de los AT (RG= 632,73-765,23 cP) frente a los AP (RG= 829,73-1017,66 cP) reveló que la congelación-descongelación durante el proceso de elaboración de tunta restringió la retrogradación a corto plazo y los AT presentaron menor capacidad de gelificación o tendencia a retrogradar (Chen *et al.*, 2018; Karwasra *et al.*, 2017). Probablemente, se favoreció el reordenamiento o polimerización de amilosa lixiviada y despolimerización (degradación) de amilopectina de las moléculas del almidón de tunta, resultando en menor cantidad de moléculas de amilosa lixiviadas, siendo las áreas de unión de amilosa las responsables de la retrogradación, lo que llevó a obtener valores más bajos de RG y VF en los AT (Gani *et al.*, 2014; Karwasra *et al.*, 2017). También, el mayor CAM de AP influyó en la mayor RG de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que el mayor CAMP de AT permitió la formación de pastas espesas que no se retrogradaron fácilmente al enfriarse (Lucas & Quintero, 2016). Esta propiedad debe tomarse en cuenta al momento de seleccionar el almidón a incorporar a algún producto que necesite enfriamiento durante su preparación (Hernández-Medina *et al.*, 2008), siendo el almidón de tunta de la variedad CJ el que mostró el valor más bajo de RG por lo cual es más estable a los procesos de enfriamiento que el resto de los almidones.

La viscosidad final (VF) es uno de los parámetros de reología más importantes en la industria de alimentos según Przetaczek-Rożnowska (2017), que es influenciada por la agregación de moléculas de amilosa (Karwasra *et al.*, 2017). Los resultados de VF oscilaron en un rango de 1340,86 a 1869,55 cP, y fueron menores a los reportados para almidones de papa por Hu *et al.* (2018) (VF=2726,3 cP), Yassaroh & Woortman (2019) (VF=3374 cP), Villanueva *et al.* (2018) (VF=2840 cP), y Sandhu *et al.* (2015) (VF=4775 y 3943 cP, para almidones de fracción de gránulo largo y corto, respectivamente). Los valores de VF fueron significativamente ($p < 0,05$) más bajos para los AT (VF= 1340,86-1719,54 cP) frente a AP (VF= 1813,30-1869,55 cP), como consecuencia de que los AT presentaron mayor contenido de almidón dañado, indicando menor fracción de volumen ocupado de la dispersión y geles más débiles, similar a lo obtenido por Tao *et al.* (2015) para almidones congelados.

b. MEDICIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE FLUJO

El comportamiento de flujo de los almidones de papa y tunta se determinó al medir la viscosidad en un reómetro híbrido en función de la velocidad de corte. La data experimental de comportamiento de flujo para las pastas de almidón fue ajustada al modelo de Herschel-Bulkley obteniendo los parámetros reológicos y las curvas de flujo presentadas en la Tabla 19 y Figura 17, respectivamente. Las propiedades de corte en estado estacionario fueron bien descritas por el modelo de Herschel-Bulkley con alto coeficiente de determinación R^2 ($>0,99$), lo que probó que el modelo seleccionado se ajustó bien en las curvas experimentales.

Tabla 19: Parámetros de la ecuación de Herschel-Bulkley que describen el comportamiento de flujo de los geles de almidones nativos de papas amargas y tuntas

Muestra	σ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	η	R^2
PON	3,88 ± 0,10bc	15,75 ± 0,21b	0,50 ± 0,00ab	0,99
PPL	2,22 ± 0,44ab	14,52 ± 1,29b	0,48 ± 0,01ab	0,99
PCJ	5,44 ± 0,05c	15,66 ± 2,90b	0,53 ± 0,03b	0,99
TON	2,99 ± 0,41ab	8,43 ± 0,00a	0,46 ± 0,00a	0,99
TPL	1,40 ± 0,40a	8,48 ± 0,54a	0,49 ± 0,01ab	0,99
TCJ	2,86 ± 0,72ab	6,86 ± 0,55a	0,48 ± 0,00ab	0,99

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$). Donde σ_0 es umbral de fluencia, K es coeficiente de consistencia, η es índice reológico, y R^2 es coeficiente de determinación.

n=2

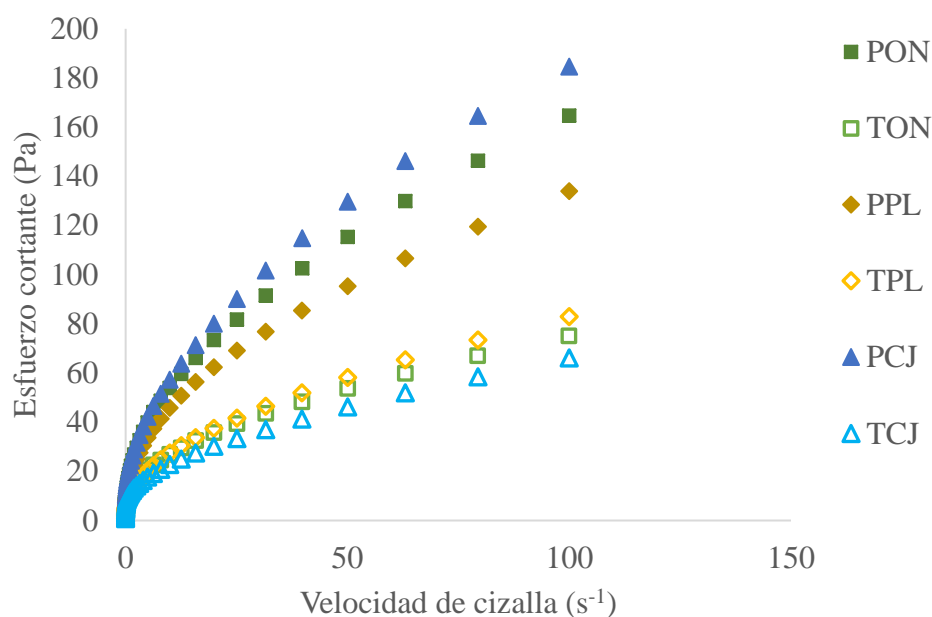


Figura 17: Curva de flujo de los geles de almidón

Los valores de σ_0 para geles de AT (1,40-2,99 Pa) fueron significativamente ($p < 0,05$) más bajos en comparación a los AP (2,22-5,44 Pa) (Anexo 36); lo que significa que las pastas de AP son más fuertes al requerir un mayor esfuerzo inicial para poder fluir, lo que podría estar relacionado con su mayor CAM (Velásquez-Barreto & Velezmoro 2018). También, se obtuvo que la variedad PL requirió esfuerzo significativamente ($p < 0,05$) menor durante el cizallamiento inicial para lograr que la pasta fluya en comparación a las otras variedades, esto puede atribuirse a una menor intensidad de fuerzas de atracción y estructura de red más débil (Bortnowska *et al.*, 2014).

El parámetro de índice de consistencia (K) es usado como un criterio de viscosidad (Sikora *et al.*, 2007), e indicador de la viscosidad inicial de las pastas de almidón (Przetaczek-Rożnowska, 2017). El índice de consistencia de los almidones evaluados osciló entre 6,86 a 15,75 Pa.sⁿ (ver Anexo 37). Estos resultados estuvieron dentro del rango obtenido por Peña (2017) (K=5,01-43,72 Pa.sⁿ), pero fueron mayores al valor reportado por Przetaczek-Rożnowska (2017) (K=3,95 Pa.sⁿ). La viscosidad inicial de los AP (K=14,52-15,75 Pa.sⁿ) fue caracterizada por tener un valor significativamente ($p < 0,05$) más alto de K, que fue casi el doble al obtenido para su respectivo AT (K=6,86-8,48 Pa.sⁿ), siendo el PON el más

viscoso (consistente), pero no se encontró diferencias significativas ($p>0,05$) entre las variedades.

Por otro lado, el parámetro índice de comportamiento de flujo (η) proporciona la desviación de la muestra del flujo Newtoniano ($\eta=1$) (Sikora *et al.*, 2007). Los valores de índice reológico (η) oscilaron entre 0,46 (TON) y 0,53 (PCJ), lo que indicó que todas las pastas examinadas exhibieron un flujo no-Newtoniano de naturaleza pseudoplástica ($\eta<1$) con un esfuerzo inicial representativo (Przetaczek-Rożnowska, 2017). Estos valores fueron menores que los obtenidos para almidones de papa por Przetaczek-Rożnowska (2017) ($\eta=0,70$), pero oscilaron muy próximos al rango obtenido por Peña (2017) ($\eta=0,31-0,49$).

Los geles de AT ($\eta = 0,46-0,49$) presentaron valores más bajos de η lo que expresa que estos almidones tuvieron un comportamiento pseudoplástico ligeramente más fuerte frente a los AP ($\eta = 0,48-0,53$) (Devi & Sit, 2019), pero no se evidenció diferencias significativas ($p>0,05$) entre almidones de papa y tunta. Un comportamiento pseudoplástico de los geles de almidón se debe al rompimiento de los enlaces intra e intermoleculares de la red de almidón como consecuencia de altas velocidades de cizallamiento, pudiendo ocurrir orientación progresiva de las moléculas de almidón solubles en la dirección del flujo, y ruptura de los enlaces de hidrógeno formada entre moléculas de amilosa durante el cizallamiento (Sandhu & Siroha, 2017; Sun & Yoo, 2015), el cual posiblemente se vio facilitado en los AT por la presencia de almidón dañado y estructura más débil.

En general, los análisis mostraron que el tratamiento provocó los cambios en las propiedades reológicas (umbral de fluencia e índice de consistencia) de los almidones de tunta respecto a su almidón de papa equivalente. Además, estas propiedades dependen de la distribución del tamaño del gránulo, poder de hinchamiento, temperatura durante el análisis, la presencia de micro o macroelementos y otros factores (Przetaczek-Rożnowska, 2017).

c. PROPIEDADES VISCOELÁSTICA

- **Barrido de amplitud**

El G' está relacionado a la energía que se almacenó en el material o la velocidad de recuperación de deformación por ciclo, mientras que, el G'' fue medido en términos de la energía que fue perdida como viscosidad disipada en la deformación por ciclo (Qiu *et al.*, 2015). La variación del módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') como una función de la amplitud para almidones nativos de papa y tunta son presentados en la Figura 18.

El barrido de amplitud hizo posible establecer la región viscoelástica lineal para identificar el esfuerzo máximo que los almidones pueden tolerar conservando su estructura (Villanueva *et al.*, 2018). En base a este resultado se analizó las características dinámicas de los almidones. Para ello, dentro del rango de esfuerzo evaluado (0,1 a 100 Pa) se distinguió dos regiones distintas: la región viscoelástica lineal (donde G' y G'' permanecieron casi constantes) y la región no lineal (donde G' y G'' empezaron a disminuir) (Yousefi & Razavi, 2015). De esta manera, se estableció al observar la Figura 18 que el dominio viscoelástico lineal se encontró mejor definido por debajo de 1 Pa para todos los almidones.

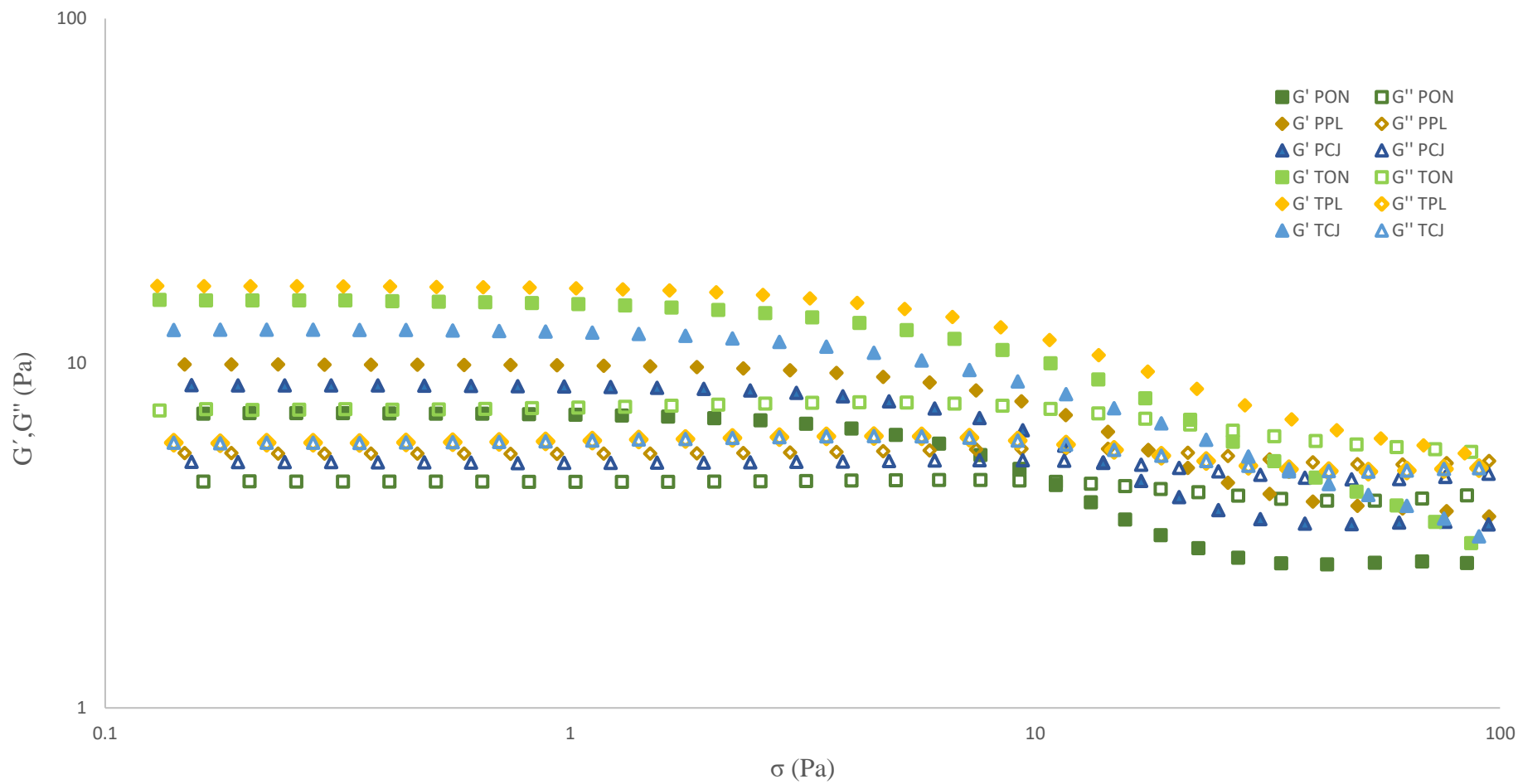


Figura 18: Barrido de amplitud para los geles de almidones nativos

Entonces, los barridos de frecuencia en la cinética de calentamiento-enfriamiento de todas las muestras se realizaron a una deformación constante de 1 Pa, ya que, este valor fue el adecuado para asegurar la integridad del gránulo (Casarrubias-Castillo *et al.*, 2012). También, se puede considerar que el gel más débil y el gel más fuerte fue el PON y TPL respectivamente, dado que, frente a esfuerzos mayores permaneció constante en la región viscoelástica o viceversa (Steffe, 1996).

- **Barrido de frecuencia**

Los barridos de frecuencia son muy útiles para comparar diferentes productos alimenticios o evaluar el efecto de varios ingredientes y tratamientos de procesamiento en la viscoelasticidad de los productos. Algunas veces son denominados “huella dactilar” (Steffe, 1996). Por ello, las propiedades reológicas dinámicas (G' y G'') de los almidones fueron evaluadas como una función de la frecuencia en el rango de 0,01 a 10,00 Hz, presentándose en la Figura 19 las curvas. Mientras que, en la Tabla 20 fueron sintetizados los parámetros obtenidos de los espectros mecánicos, que se ajustaron bien al modelo de la ley de la Potencia al tener valores altos de R^2 ($> 0,98$) para todos los almidones.

Tabla 20: Parámetros de la ecuación de ley de potencia que describen las propiedades viscoelásticas de los geles de almidón

Muestras	G'			G''		
	n'	K' (Pa.s ^{n'})	R^2	n''	K'' (Pa.s ^{n''})	R^2
PON	0,31 ± 0,01	9,03 ± 0,06bc	1,00	0,36 ± 0,00b	5,61 ± 0,08b	1,0
PPL	0,31 ± 0,02	5,79 ± 0,32a	0,98	0,39 ± 0,01c	4,25 ± 0,12a	1,0
PCJ	0,34 ± 0,04	7,58 ± 0,43ab	0,99	0,37 ± 0,00bc	4,86 ± 0,06ab	1,0
TON	0,25 ± 0,01	18,01 ± 0,42d	0,99	0,31 ± 0,01a	7,81 ± 0,54c	1,0
TPL	0,26 ± 0,03	15,71 ± 1,05d	1,00	0,32 ± 0,01a	7,38 ± 0,16c	1,0
TCJ	0,25 ± 0,01	11,43 ± 0,83c	1,00	0,36 ± 0,01b	5,53 ± 0,05b	1,0

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$). Donde G' es módulo de almacenamiento, G'' es módulo de pérdida, y n' , n'' (pendientes), K' , K'' (interceptos) son constantes determinadas experimentalmente. $n=2$

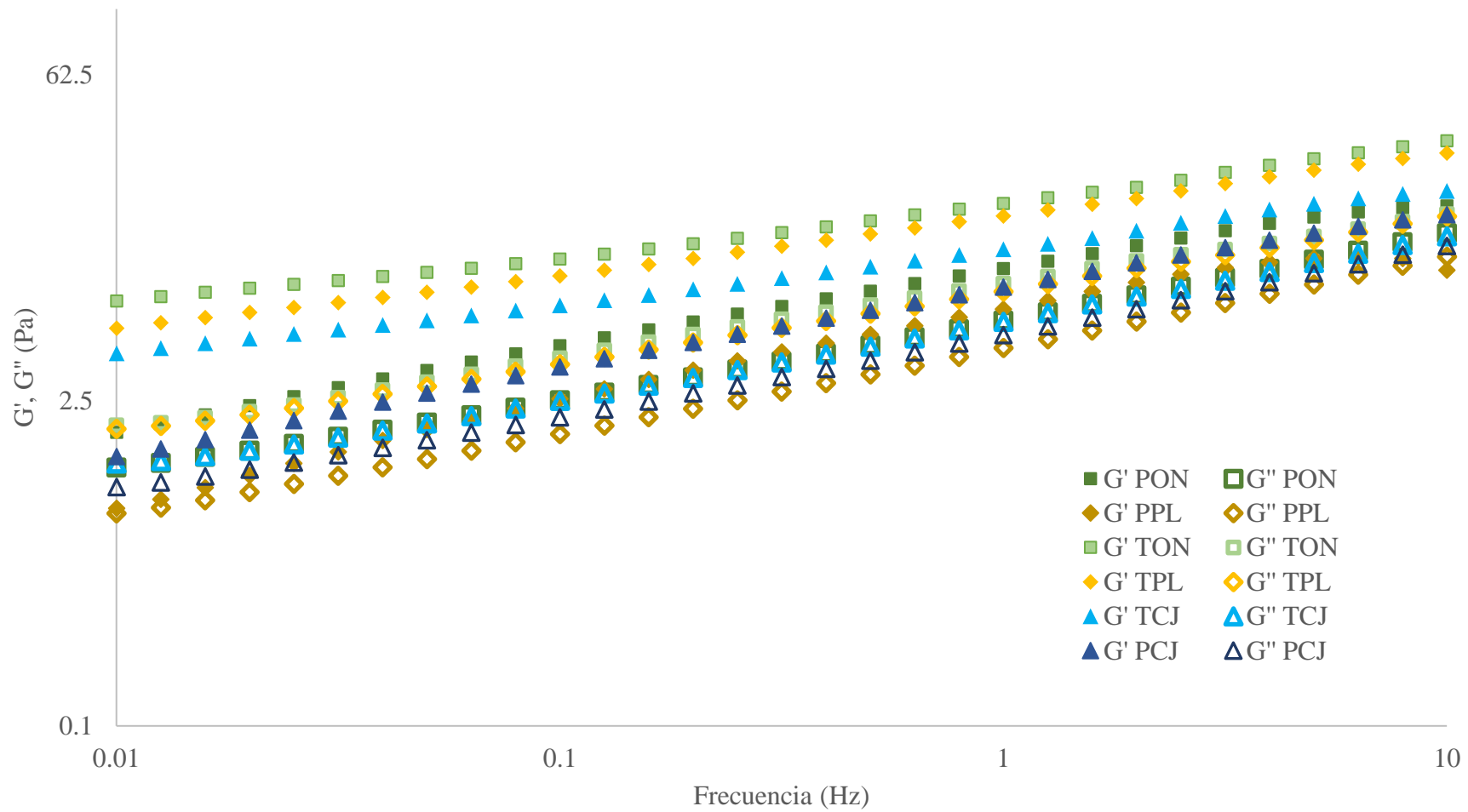


Figura 19: Barrido de frecuencia de los almidones nativos, que muestra la variación de módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'')

La viscosidad compleja (n^*) disminuyó y los módulos dinámicos (G' y G'') aumentaron con el incremento de la velocidad de cizallamiento para todos los geles de almidón, ver Figura 20 y 21, lo que comúnmente es observado para geles de almidón nativo (Kaur *et al.*, 2007). La mayor n^* indica la mejor resistencia total a la cizalla dinámica y geles más espesos, observándose en las curvas que los AT (TON, fue el más espeso) estuvieron por encima de los AP (PPL, fue el menos espeso) (Fernández, 2008).

Se caracterizó a todos los almidones como geles débiles por su fuerte dependencia de G' y G'' a la frecuencia y sus pendientes positivas (n' , n''). Además, el predominio del comportamiento elástico frente al componente viscoso por sus G' más altos que G'' ; un comportamiento más como sólido a altas frecuencias y más como líquido a bajas frecuencias por su tendencia oscilatoria ascendente, y la existencia de procesos de relajación que ocurren incluso a escalas de tiempo cortas (Chen *et al.*, 2018; Kaur *et al.*, 2008; Ortega, 2008; Rao, 2014; Sun & Yoo, 2015).

A baja frecuencia, hubo menor diferencia entre los valores de módulo a lo largo del rango de frecuencia para los AP, lo que significó que estos almidones recuperaron un menor porcentaje de la energía almacenada frente a los AT (Rao, 2014), y por lo contrario ocurrió en los AT con valores de $G' \gg G''$, lo que indicó que fueron geles más elásticos que AP. Sin embargo, tendió a disminuir la diferencia entre módulos $G' > G''$ a altas frecuencias aproximándose ambas oscilaciones sin intersección, comportándose como geles viscoelásticos débiles (Hernández-Uribe *et al.*, 2004). Además, el TON alcanzó valores mayores de G' y G'' , probablemente se atribuye a su mayor contenido de amilopectina, en la cual su organización interna le permite mayor movilidad (mayor G') (Casarrubias-Castillo *et al.*, 2012); y lo contrario ocurrió en el PPL visualizándose incluso superposición en la Figura 20b.

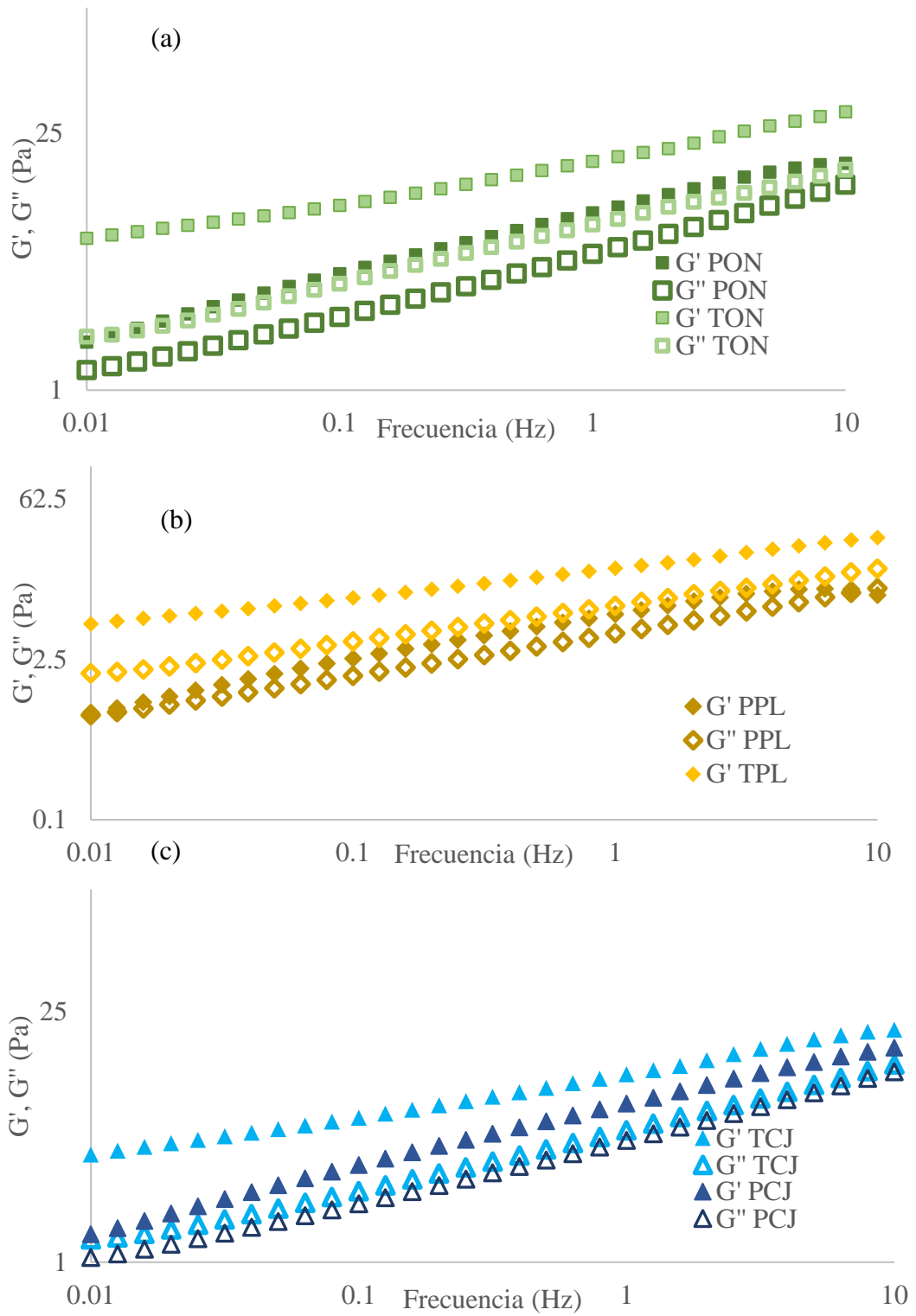


Figura 20: Barrido de frecuencia de los almidones nativos, que muestra la variación de módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') (a) Ocucuri negra (b) Pala (c) Cuchi jipilla.

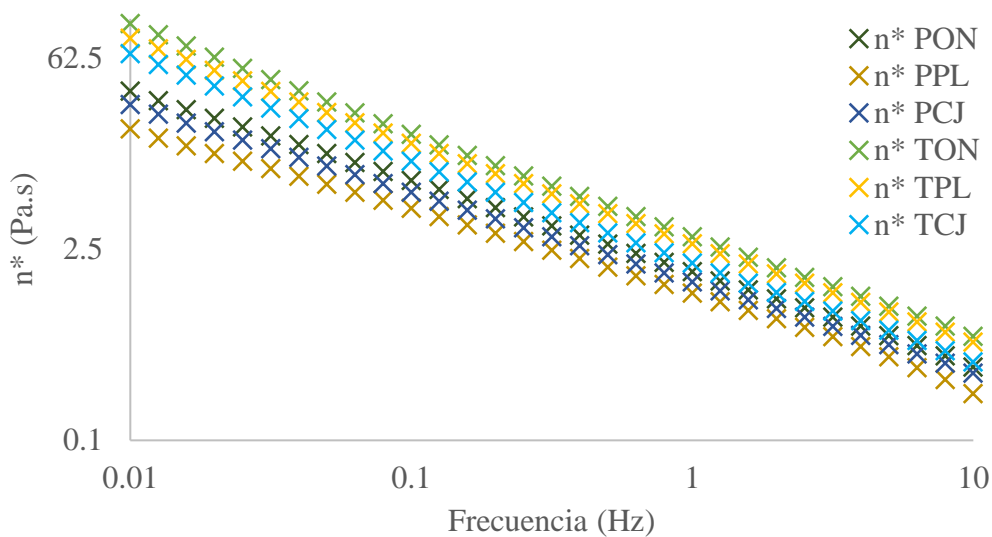


Figura 21: Barrido de frecuencia de los almidones nativos, que muestra la variación viscosidad compleja con la frecuencia

Los resultados de parámetros de la ley de Potencia presentados para los almidones evaluados fueron similares a los obtenidos por Peña (2017) para almidones de papas nativas amargas ($K' = 13,91-31,28 \text{ Pa.s}^n$, $K'' = 9,33-13,13 \text{ Pa.s}^n$, $n' = 0,24-0,39$, $n'' = 0,29-0,41$). Se observó que hubo mayor dependencia de G'' que G' a la frecuencia, al obtenerse valores de n'' (0,31-0,39) más altos que los valores de n' (0,25-0,34) en todos los almidones.

Se obtuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) en los parámetros (n' , n'' , K' , K'') según la procedencia del almidón (papa o tunta). Los valores de K' y K'' fueron más altos y los valores de n' y n'' fueron más bajos para los AT ($K' = 11,43-18,01 \text{ Pa.s}^n$, $K'' = 5,53-7,81 \text{ Pa.s}^n$, $n' = 0,25-0,26$ y $n'' = 0,31-0,36$) en comparación a los AP ($K' = 5,79-9,03 \text{ Pa.s}^n$, $K'' = 4,25-5,61 \text{ Pa.s}^n$, $n' = 0,31-0,34$, $n'' = 0,36-0,39$) (Anexo 38), presentando los valores más altos de interceptos los almidones de TON y TPL (Anexo 39). Esto podría deberse a que el tratamiento de congelación y descongelación tendió a formar una estructura agregada gruesa que mejoró su resistencia a la cizalla al promover la asociación de las cadenas de amilosa lixiviadas o interacción de moléculas remanentes permitiendo la formación de una red elástica predominante que causó un incremento en el G' , y una mayor dependencia de los módulos dinámicos a la frecuencia indicando un carácter de gel débil, pero con una viscosidad inicial y capacidad de espesamiento más alta en comparación a los AP. Posiblemente porque los tubérculos fueron sometidos a una liofilización natural basada en

una congelación lenta que provocó una estructura más esponjosa con apariencia granular, en donde la formación de cristales distorsionó la estructura del sistema y reforzó la red de amilosa (Álvarez & Fernández, 2004; Arocas *et al.*, 2008; Fernández, 2008; Qiu *et al.*, 2015; Ye *et al.*, 2016; Wang, R *et al.*, 2019).

También, se observó diferencias significativas ($p < 0,05$) para K entre variedades, la variedad ON tuvo valores más altos de K, lo que indica mayor viscosidad, frente a la variedad CJ entre almidones equivalentes; y la variedad PL no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) frente al resto de variedades en este parámetro (Liu *et al.*, 2018).

4.3. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER Y ATENUADOR DE REFLECTANCIA (FTIR-ATR)

La técnica FTIR-ATR es considerada como una prueba de corto alcance, que mide las estructuras helicoidales ordenadas ya sea dentro o fuera de las matrices cristalinas. La información estructural obtenida por esta técnica es cerca a la superficie del gránulo, dado que, la profundidad de penetración del haz infrarrojo en el interior del gránulo es solo de 2 μm (Hu *et al.*, 2018).

El espectro infrarrojo obtenido por esta técnica es denominado comúnmente como huella dactilar del almidón, el cual oscila en el rango de longitud de onda de 800-1200 cm^{-1} (Lu *et al.*, 2016). Los espectros presentan bandas asociadas al estiramiento, flexión y deformación correspondientes a los principales grupos funcionales característicos de las moléculas que conforman el almidón. En la Figura 22 se distinguió las típicas bandas de proteínas a longitudes de onda de 1480, 1643 y 1700 cm^{-1} , asignadas a componentes proteicos específicos: amida I (1580-1720 cm^{-1}) y amida II (1480-1580 cm^{-1}). En adicional, la región entre 3000 y 3600 cm^{-1} es asignada a estiramientos de los grupos OH (Lu *et al.*, 2016).

Según Gani *et al.* (2016) el ATR-FTIR es una herramienta útil para evaluar la existencia de cambios estructurales entre almidones. En la presente investigación, todos los almidones presentaron similares espectros y bandas, lo que indica que el proceso de elaboración de tunta no cambió los tipos de grupos químicos, ni produjo nuevos grupos químicos en las

moléculas de almidón. Las frecuencias de las bandas identificadas en los almidones fueron casi similares para todos los tratamientos, pero variaron en intensidad, los almidones de papa presentaron mayor intensidad a sus correspondientes almidones de tunta.

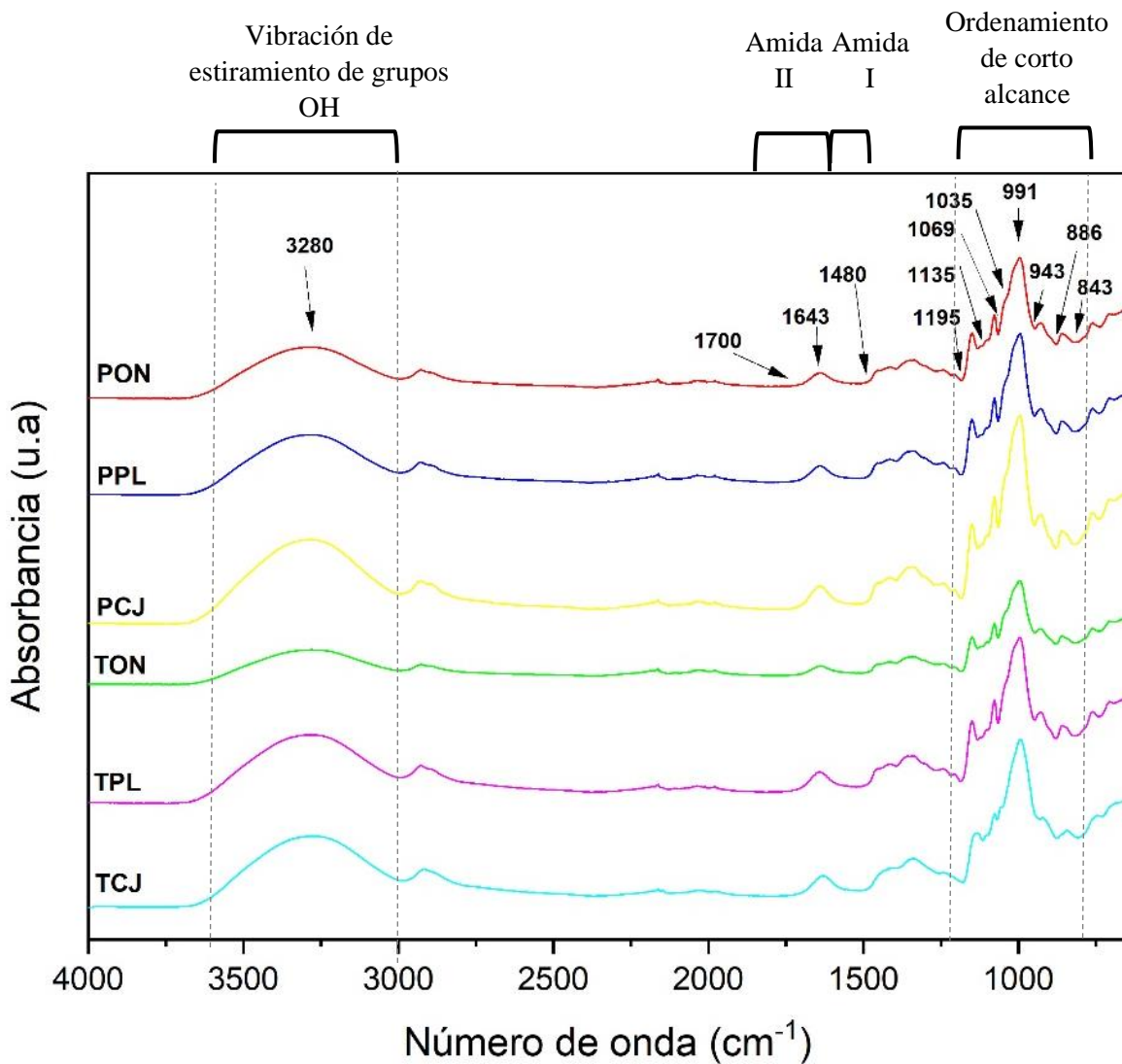


Figura 22. Espectros de Infrarrojo con Transformada de Fourier y Atenuador de Reflectancia (FTIR-ATR) de almidones de papas y tuntas de variedades andinas amargas

También se usó espectroscopía FTIR para determinar la cristanilidad del almidón, mediante la caracterización de los cambios que ocurrieron en los dominos semicristalinos y amorfos dentro de los gránulos de almidón, dado que, las bandas de absorción infrarroja de 1045 cm^{-1} o 1047 cm^{-1} y 1022 cm^{-1} o 1015 cm^{-1} de los espectros FTIR han sido asociadas con la estructura cristalina (organizada) y amorfa (desorganizada) del almidón, respectivamente.

Sus ratios de absorbancia (1045/1022, 1047/1015 y 1047/1022) fueron usados como índices para caracterizar la alineación de corto alcance de dobles hélices (Ahmad *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2014).

Los ratios de orden de corto alcance de los almidones fueron: $A_{1045/1022}=1,05-1,14$, $A_{1047/1015}=1,06-1,21$, $A_{1047/1022}=1,05-1,15$, y fueron presentados en la Tabla 21 (Warren *et al.*, 2016), valores ligeramente mayores a los reportados por Zhang *et al.* (2018b) ($A_{1045/1022}=0,90-0,97$ para almidón de papa de varios tamaños de gránulo) y Sun *et al.* (2017) ($A_{1047/1022}=0,846$). En el análisis estadístico se obtuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) para los ratios por efecto del tratamiento. Los ratios para AT ($A_{1045/1022}=1,05-1,10$, $A_{1047/1015}=1,06-1,15$, y $A_{1047/1022}=1,05-1,11$) fueron significativamente ($p < 0,05$) menores frente a su AP equivalente ($A_{1045/1022}=1,09-1,14$, $A_{1047/1015}=1,13-1,21$, $A_{1047/1022}=1,09-1,15$) (Anexo 40). Estos resultados exhibieron un efecto similar acorde a lo obtenido por Zhang *et al.* (2014) ($A_{1045/1022}=0,653$, para almidón secado por congelación frente a $A_{1045/1022}=0,705$, para almidón secado en estufa). A todo ello, la más baja intensidad de los ratios de AT indicó que el orden molecular de corto alcance de la superficie del gránulo fue disminuido por el tratamiento de congelación-descongelación; existiendo disrupción de las dobles hélices de la estructura cristalina y de la región amorfa de los gránulos de almidón en la superficie del gránulo (Chen *et al.*, 2019, Hu *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2014).

Tabla 21: Ratios de orden molecular de corto alcance (medidos por FTIR-ATR) para almidones de papas y tuntas

Muestras	1045/1022	1047/1015	1047/1022
PON	1,09 ± 0,00 ^{ab}	1,13 ± 0,00 ^{ab}	1,09 ± 0,00 ^b
PPL	1,12 ± 0,00 ^{bc}	1,18 ± 0,01 ^{bc}	1,13 ± 0,00 ^{bc}
PCJ	1,14 ± 0,02 ^c	1,21 ± 0,03 ^c	1,15 ± 0,02 ^c
TON	1,05 ± 0,01 ^a	1,06 ± 0,01 ^a	1,05 ± 0,01 ^a
TPL	1,09 ± 0,00 ^{ab}	1,12 ± 0,00 ^{ab}	1,09 ± 0,00 ^{ab}
TCJ	1,10 ± 0,00 ^{bc}	1,15 ± 0,01 ^b	1,11 ± 0,00 ^{bc}

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según la LSD de Tukey HSD ($p < 0,05$)
n=2

Asimismo, la disminución de los ratios que expresan mayor orden molecular en los AT indicó que hubo movilidad de las cadenas inducida por el tratamiento, el cual podría ser responsable de la disrupción de estructuras cristalinas de corto alcance tal como: 1) dobles hélices de amilopectina dentro de arreglos cristalinos, lo que se evidencia con la disminución de la cristalinidad relativa; 2) hélices de la mano izquierda de la amilosa dentro de arreglos cristalinos, lo que se verifica con la desaparición gradual del pico de difracción tipo V; 3) dobles hélices de amilopectina y amilosa en dominio amorfo (Hu *et al.*, 2018). Acorde a ello, Zhang *et al.* (2014) afirmaron que las temperaturas más bajas del tratamiento por congelación afectó la movilidad de las cadenas de almidón por la mayor rigidez en éstas, lo que provocó en los almidones polimórficos tipo B (papa) cambios durante la remoción del agua del interior del gránulo mediante la combinación de dos efectos: la fractura de regiones específicas (organizaciones cristalinas, ramificaciones largas), y el daño en gran escala (por aperturar poros y canales, los cuales suelen ser carentes en este tipo de almidón), lo que causó la desorganización de la estructura como resultado desde escalas de longitudes nanométricas y micrométricas, respectivamente.

Entonces, los almidones de tunta, principalmente el TON por sus valores significativamente ($p < 0,05$) más bajos de ratios frente a los otros almidones (Anexo 41), presentaron regiones externas menos ordenadas, considerándose que fueron altamente sensibles al efecto de congelación-descongelación (Sun *et al.*, 2017), lo que concuerda con los resultados de temperatura final de gelatinización y entalpía de los AT y con lo reportado por Wang *et al.* (2016) y Zhang *et al.* (2014). Este efecto de la congelación puede deberse a que es un tratamiento que genera microporos en la superficie del gránulo, y destruye el orden molecular (corto alcance) y cristalinidad (largo alcance) (Zhang *et al.*, 2014). Sin embargo, la cristalinidad no fue investigada, por ello, técnicas adicionales como difracción de rayos X, pueden ser usadas en estudios futuros para mejorar el entendimiento de este fenómeno.

No obstante, es importante considerar el efecto de la variedad en el orden molecular de la estructura de los almidones; dado que, los almidones de papa y tunta de la variedad Ocucuri negra obtuvieron ratios significativamente ($p < 0,05$) menores; a diferencia de los almidones de la variedad Cuchi jipilla, que tuvieron los valores más altos.

V. CONCLUSIONES

1. Se caracterizó todos los almidones nativos en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, evidenciándose diferencias significativas por efecto del tratamiento y entre variedades (Ocucuri negra, Pala, Cuchi jipilla).
2. Los almidones evaluados (almidón de tunta AT, almidón de papa AP) presentaron bajo contenido de proteínas (AP=0,25-0,35% y AT=0,26-0,40%), bajo contenido de ceniza (AP=0,12-0,19% y AT=0,08-0,37%) y alto contenido de carbohidratos (>99%). Además, los AP presentaron ausencia de lípidos y fibra, a diferencia de los AT que tuvieron bajo contenido de lípidos (0,03-0,16%) y bajo contenido de fibra (0,00-0,10%). Los resultados evidencian el alto grado de pureza de los almidones estudiados.
3. Los contenidos de fósforo y amilosa de los AP fueron significativamente diferentes y más altos que los encontrados en los AT.
4. Todos los almidones evaluados presentaron $L^* > 90$, destacando los AP que obtuvieron valores promedios significativamente más altos de luminosidad ($L^* = 96,73$) y blancura ($W = 96,55$), y más bajos para los indicadores de color $a^*(0,10)$ y $b^*(1,9)$ en comparación a los AT y fue el AP de la variedad Cuchi jipilla el que tuvo resultados más favorables en parámetros comerciales de color frente al resto de almidones.
5. Todos los almidones presentaron la propiedad de birrefringencia, por la cruz de malta observada bajo microscopía óptica de luz polarizada, no obstante, en los AT existió una ligera pérdida de intensidad.

6. La solubilidad a todas las temperaturas, y el poder de hinchamiento y capacidad de absorción de agua a 70 y 80°C fueron significativamente mayores para los AT, observándose lo contrario para estas dos últimas propiedades a 90°C, en comparación a los resultados obtenidos para su respectivo AP.
7. La claridad de todas las pastas disminuyó a lo largo del almacenamiento. Sin embargo, los AP presentaron valores significativamente más altos, así como mejor resistencia a la sinéresis en refrigeración, pero menor resistencia a la sinéresis en congelación, frente a los resultados de AT.
8. La variedad Pala presentó valores significativamente mayores de temperaturas de gelatinización y entalpía, lo que evidencia que estos almidones presentan una estructura cristalina de mayor calidad, más cohesiva y estable, y mayor grado de cristalinidad.
9. Los AT presentaron mayor resistencia al hinchamiento y ruptura para dar inicio a la pastificación, que se evidencia por los valores significativamente más altos de viscosidad de pastificación, temperatura de pastificación, temperatura pico y mayor dificultad de cocción. Así como, mejor estabilidad a altas temperaturas (>90°C) y resistencia a la cizalla, por su menor índice de inestabilidad., mayor restricción a la retrogradación; disminución de casi el doble de la capacidad de hinchamiento del gránulo por su menor viscosidad máxima; y decrecimiento de la viscosidad de caída y final.
10. Todos los geles de almidón exhibieron un comportamiento de flujo no Newtoniano de naturaleza pseudoplástica con un esfuerzo inicial representativo, el cual se ajustó al modelo de Herschel Bulkley. También se observó, valores de umbral de fluencia e índice de consistencia considerablemente más altos para AP ($\sigma_0 = 2,22-5,44$ Pa y $K=14,52-15,75$ Pa.sn) frente a los resultados de AT ($\sigma_0 = 1,40-2,99$ Pa y $K=6,86-8,48$ Pa.sn).
11. En las propiedades de viscoelasticidad, todos los almidones se comportaron como geles débiles evidenciándose un predominio del módulo elástico ($G' > G''$). Además, los AT presentaron comportamiento elástico predominante ($G' \gg G''$), mayor capacidad de espesamiento (n^*), y aumento de la viscosidad inicial y resistencia a la

cizalla por los valores más altos de interceptos (K' , K'') y más bajos de pendientes (n' , n'').

12. La variedad de papa y el proceso de elaboración de tunta tuvieron efecto significativo en el orden molecular de corto alcance, pero no en la estructura química del gránulo del almidón. Los AT presentaron valores más bajos de ratios AT (1045/1022=1,05-1,10, A1047/1015=1,06-1,15, A1047/1022=1,05-1,11) que los AP (1045/1022=1,09-1,14, A1047/1015=1,13-1,21, A1047/1022=1,09-1,15).
13. Los AP y AT de la variedad Ocucuri negra obtuvieron frente a los almidones equivalentes de otras variedades valores significativamente más altos de poder de hinchamiento y capacidad de absorción de agua a 80 y 90°C, claridad, índice de inestabilidad, viscosidad inicial (K' , K'') y capacidad de espesamiento (n^*); y más bajos de contenido de amilosa, temperatura y tiempo pico, y menor orden molecular; lo que sugiere su aplicación en productos cárnicos tipo embutidos, productos de confitería como gomitas o gelatina, e industria de papel.
14. Los almidones de la variedad Pala (papa y tunta), tuvieron en comparación a los otros almidones equivalentes valores significativamente mayores de contenido de amilosa, temperaturas de gelatinización, temperatura de pastificación, viscosidad de caída, viscosidad final e indicadores de color a^* y b^* ; y baja luminosidad, blancura, humedad, umbral de fluencia, y menor resistencia a la refrigeración. Por ello, podrían ser útiles para bebidas concentradas tipo néctar, productos de panificación, flanes y salsas que requieren una apariencia fresca y no translúcida.

VI. RECOMENDACIONES

- Determinar la cristalinidad mediante difracción de rayos X y la morfología a través de microscopía electrónica de barrido (SEM), para un mejor entendimiento del efecto del tratamiento del proceso de elaboración de tunta en la estructura cristalina del gránulo.
- Validar las propiedades funcionales de los almidones nativos mediante su aplicación en matrices alimentarias y/o no alimentarias.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AACC. (1999). Approved Methods of Analysis. Method 76-21.01. General Pasting Method for Wheat or Rye Flour or Starch Using the Rapid Visco Analyser (Onceava ed.). St. Paul, MN, U.S.A.: AACC International.
- Abegunde, O., Mu, T., Chen, J., & Deng, F. (2013). Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*, 33, 169-177. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.03.005
- Absar, N., Zaidul, I., Takigawa, S., Hashimoto, N., Matsuura-Endo, C., Yamauchi, H., & Noda, T. (2009). Enzymatic hydrolysis of potato starches containing different amounts of phosphorus. *Food Chemistry* 112 (1), 57-62. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.05.045
- Ahmad, M., Gani, A., Hassan, I., Huang, Q., & Shabbir, H. (2020). Production and characterization of starch nanoparticles by mild alkali hydrolysis and ultra-sonication process. *Scientific Reports* 10:3533. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60380-0>
- Ahmed, S., Zhou, X., Pang, Y., Xu, Y., Tong, C., & Bao, J. (2018). Genetic diversity of potato genotypes estimated by starch physicochemical properties and microsatellite markers. *Food Chemistry* 257:368-375. doi:10.1016/j.foodchem.2018.03.029
- Alvani, K., Qi, X., Tester, R., & Snape, C. (2010). Physico-chemical properties of potato starches. *Food Chemistry* 125(3): 1958–1965. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.088>
- Álvarez, M., Fernández, C., & Canet, W. (2004). Rheological behaviour of fresh and frozen potato puree in steady and dynamic shear at different temperatures. *European Food Research and Technology* 218:544-553. doi: 10.1007/s00217-004-0897-2
- Ambigaipalan, P.; Hoover, R.; Donner, E.; et al. 2011. Structure of faba bean, black bean and pinto bean starches at different levels of granule organization and their

- physicochemical properties. *Food Research International*, 44(9), 2962–2974. doi: 10.1016/j.foodres.2011.07.006
- AOAC. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. 18 ed. (Vol. II). Maryland, US: Editorial Board.
- Arcos, J., Gastelo, M., & Holguín, V. (2015). INIA 317 – ALTIPLANO, variedad de papa con buena adaptación en la región altiplánica del Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa* 19 (2):, 68-75. Recuperado de <https://hdl.handle.net/10568/69176>
- Arocas, A., Sanz, T., & Fiszman, S. (2008). *Influencia de la modificación del almidón en las propiedades reológicas de una salsa blanca después del calentamiento y la congelación*. Instituto Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC). Valencia, España.
- Augusto, P., Cristianini, M., & Ibarz, A. (2012). Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. *Journal of Food Engineering* , 108:283-289. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.015>
- Ayucitra, A. (2012). Preparation and Characterisation of Acetylated Corn Starches. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* , 3(3):156-159. Recuperado de <http://ijcea.org/papers/178-A664.pdf>
- Banks, W., & Greenwood, C. (1975). *Starch and its components*. Edinburgh University Press. doi: <https://doi.org/10.1002/star.19750270912>
- Barrera, G., Bustos, M., Iturriaga, L., Flores, S., León, A., & Ribotta, P. (2013). Effect of damaged starch on the rheological properties of wheat starch suspensions. *Journal of Food Engineering* , 116:233-239. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.11.020
- Bashir, K., Swer, T., Prakash, K., & Aggarwal, M. (2017). Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. *Food Science and Technology* , 76:131-139. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.050>
- Bello, L., Contreras, S., Romero, R., Solorza, J., & Jiménez, A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L (Var. Macho). *Agrociencia*, 38 (2):169-180. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236204>

- Bello-Pérez, L.A., Rodríguez-Ambriz, S.L., Sanchez-Rivera, M.M., Agama-Acevedo, E. (c2009). Starch macromolecular structure. En A.C. Bertolini, *Starches. Characterization, Properties, and Applications* (págs. 33-58). CRC Press.
- Bertof, E., & Blennow, A. (c2016). Advances in Potato Chemistry and Technology: Structure of Potato Starch. En J. Singh, & L. Kaur, *Advances in Potato Chemistry and Technology*. (Segunda ed., págs. 57-73). Elsevier.
- Bertoft, E., Annor, G., Shen, X., Rumpagaporn, P., Seethraman, K., & Hamaker, B. (2016). Small differences in amylopectin fine structure may explain large functional differences of starch. *Carbohydrate Polymers* , 140:113-121. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.12.025
- Bonifacio, F. (1992). Germoplasma de papa amarga y caracterización preliminar en el altiplano boliviano. En J. Rea, & J. Vacher, *Mesa redonda Perú-Bolivia*. La Paz, Bolivia.
- Bortnowska, G.; Balejko, J.; Schube, V.; Tokarczyk, G.; Krzeminska, N.; Mojka, K. (2014). Stability and physicochemical properties of model salad dressings prepared with pregelatinized potato starch. *Carbohydrate Polymers*, 111:624–632. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.05.015
- Boudries, N., Belhaneche, N., Nadjemi, B., Deroanne, C., Mathlouthi, M., Roger, B., & Sindic, M. (2009). Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. *Carbohydrate Polymers*, 78:475–480. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.010>
- Canahua, A., & Aguilar, P. (1992). Agroecológica de las papas amargas en Puno. *La papa amarga, Mesa redonda Perú-Bolivia*.
- Canqui, F., & Morales, E. (2009). *Conocimiento local en el cultivo de papa*. Cochabamba-Bolivia: Fundación PROINPA.
- Cardenas, L. (2018). Niveles de glicoalcaloides durante la elaboración del chuño negro a partir de la papa amarga *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum* (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Casarrubias-Castillo, M., Méndez-Montevalvo, G., Rodríguez-Ambriz, S., Sánchez-Rivera, M., & Bello-Pérez, L. (2012). Diferencias estructurales y reológicas entre almidones de frutas y cereales. *Agrociencia* , 46:455-466. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/262633297_Diferencias_estructurales_y_reologicas_entre_almidones_de_frutas_y_cereales

- Castanha, N., Nascimento, D., Lopes, R. & Duarte, P.E. (2019). Properties and possible applications of ozone-modified potato starch. *Food Research International*, 116:1192-1201. doi: 10.1016/j.foodres.2018.09.064
- Charoenrein, S., & Preechathamwong, N. (2012). Effect of waxy rice flour and cassava starch on freeze-thaw stability of rice starch gels. *Carbohydrate Polymers*, 90:1032-1037. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.06.038
- Chen, B., Zhang, B., Li, M., Xie, Y., & Chen, H. (2018). Effects of glutenin and gliadin modified by protein-glutaminase on pasting, rheological properties and microstructure of potato starch. *Food Chemistry*, 253:148-155. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.01.155
- Chung, H., Li, X., Kalinga, D., Lim, S., Yada, R., & Liu, Q. (2014). Physicochemical properties of dry matter and isolated starch from potatoes grown in different locations in Canada. *Food Research International*, 57: 89-94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.034>
- Chung, H., Liu, Q., & Hoover, R. (2010). Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. *Food Research International*, 43: 501-508. doi: 10.1016/j.foodres.2009.07.030
- Chung, H., Liu, Q., Lee, L.; & Wei, D. (2011). Relationship between the structure, physicochemical properties and *in vitro* digestibility of rice starches with different amylose contents. *Food Research International*, 25: 968-975. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.09.011
- CIP (Centro Internacional de la papa). (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica-Perú*. Lima, Perú: Federación Departamental de Comunidades Campesinas (FEDECH). Recuperado de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/003524.pdf>
- Colonna, P., & Buleon, A. (c2010). Starches: Characterization, Properties, and Applications. En A. Bertolini, *Thermal transitions of starches* (págs. 71-102). CRC Press. Taylor & Francis Group.

- Craig, S., Maningat, C., Seib, P., & Hoseney, R. (1989). Starch paste clarity. *Cereal Chemistry*, 66: 173–182. Recuperado de https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1989/Documents/66_173.pdf
- Crowe, T., Seligman, S., & Copeland, L. (2000). Inhibition of enzyme digestion of amylose by free fatty acids in vitro contributes to resistant starch formation. *Journal of nutrition*, 130: 2006-2008. doi: 10.1093/jn/130.8.2006
- Cruz-Tirado, J., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D., Barraza-Jáuregui, G., & Siche, R. (2019). Biodegradable foam tray based on starches isolated from different Peruvian species. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125:800-807. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.111
- De Haan, S., Brugos, G., Arcos, J., Ccanto, R., Scurrah, M., Salas, E., & Bonierbale, M. (2010). *Traditional Processing of Black and White Chuño in the Peruvian Andes: Regional Variants and Effect on the Mineral Content of native Potato Cultivars*. *Economy Botany* 20, 64(3): 217-234. doi: <https://doi.org/10.1007/s12231-010-9128-x>
- Devi, R., & Sit, N. (2019). Effect of single and dual steps annealing in combination with hydroxypropylation on physicochemical, functional and rheological properties of barley starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123:1006-1014. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.02.104
- Dos Santos, T., Leonel, M., Garcia, E., Do Carmo, E., & Franco, C. (2016). Crystallinity, thermal and pasting properties of starches from different potato cultivars grown in Brazil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82:144-149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.091>
- Espinoza, R. (2012). *Relación entre el contenido de fósforo y algunas propiedades térmicas y reológicas en almidón de papa nativa de Chiloé*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fae.77r/doc/fae.77r.pdf>
- Estrada-León, R. J.; Moo-Huchin, V. M.; Ríos-Soberanis, C. R.; et al. 2016. The effect of isolation method on properties of parota (*Enterolobium cyclocarpum*) starch. *Food Hydrocolloids*, 57: 1-9. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.01.008

- Falade, K., & Christopher, A. (2015). Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 44:478-490. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.10.005
- Fernández, C. (2008). Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Efectos del proceso y adición de crioprotectores (Tesis de Doctorado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/9160/1/T30942.pdf>
- Ferrero, C., Martino, M., & Zaritzky, N. (1993). Effect of freezing rate and xanthan gum on the properties of corn starch and wheat flour pastes. *International Journal of Food Science and Technology*, 28:481-498. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb01297.x>
- Flores, F. (2017). Análisis de los factores que inciden en la baja productividad de 5 variedades de papa nativa en la provincia de Cotabambas, Región Apurímac, 2015 (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2725>
- Fonseca, C., & Ordinola, M. (2011). *Mejorando la competitividad de la agroindustria rural: El caso de la tunta en el altiplano peruano*. Lima, Perú.: Centro Internacional de la Papa. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/66337/75524.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Fonseca, C., Huarachi, E., & Ordinola, M. (2011). Una experiencia de innovación tecnológica y difusión en la producción artesanal de la papa deshidratada Tunta. *Latinoamericana de la Papa*, 16(1): 99-127. doi: <https://doi.org/10.37066/ralap.v16i1.171>
- Fonseca, C., Huarachi, E., Chura, W., & Cotrado, G. (2008). *Guía de las buenas prácticas de procesamiento para la producción artesanal de la tunta*. Puno, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP). Recuperado de <https://es.slideshare.net/jorgealonso24/gua-de-las-buenas-prcticas-de-procesamiento-para-la-produccion-artesanal-de-la-tunta>
- Gabriel, J., Pereira, R., & Gandarillas, A. (2011). *Catálogo de nuevas variedades de papa en Bolivia*. (eds.). (J. Gabriel, R. Pereira, & A. Gandarillas, Edits.) Cochabamba,

Bolivia: PROINPA. Recuperado de <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Papa/Varietades%20de%20papa/pdf22.pdf>

- Gani, A., Nazia, S., Rather, S., Wann, S., Shah, A., & Bashir, M. (2014). Effect of γ -irradiation on granule structure and physicochemical properties of starch extracted from two types of potatoes grown in Jammu & Kashmir, India. *LWT – Food Science and Technology*, 58:239-246. doi: 10.1016/j.lwt.2014.03.008
- Gani, A., Jan, A., Shah, A., Masoodi, F.A., Ahmad, M., ...Ahmed, I. (2016). Physico-chemical, functional and structural properties of RS3/RS4 from kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *International Journal of Biological Macromolecules* 87:514-521. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.03.017
- Geankoplis, C. (2006). *Procesos de transporte y principios de procesos de separación (Incluye operaciones unitarias)*. Compañía Editorial Continental S.A.
- Golachowski, A. (1985). Properties of starch obtained from potato tubers influenced by various temperatures. *Starch-Stärke*, 37(8):263-266. doi: <https://doi.org/10.1002/star.19850370804>
- Gomez, J., & Dairo, J. (2018). Diseño de los procesos de fabricación para un producto aglomerado a base de cáscara de papa “Pasta dura para agendas” (Tesis de ingeniería). Escuela Tecnológica Instituto Técnica Central, Bogotá D.C.
- Grommers, H., & Van der Krogt, D. (c2009). Starch. Chemistry and Technology. En J. BeMiller, & R. Whistler, *Potato Starch: Production, Modifications and Uses* (págs. 511-540). Elsevier.
- Guo, L. (2018). Sweet potato starch modification by branching enzyme, β -amylase and transglucosidase. *Food Hydrocolloids*, 83:182-189. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.05.0050268-005X
- Hazarika, B. J.; & Sit, N. (2016). Effect of dual modification with hydroxypropylation and cross-linking on physicochemical properties of taro starch. *Carbohydrate polymers*, 140: 269-278. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.12.055
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3):718-726. doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>

- Hernández-Urbe, J., Pérez-Román, G., Méndez-Montealvo, G., Bello-Pérez, L., & Solorza-Feria, J. (2004). Thermal and viscoelastic properties of starch isolated from mexican corn hybrids. *Acta Científica Venezola*, 55(3):276-287. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28097430_Thermal_and_viscoelastic_properties_of_starch_isolated_from_mexican_corn_hybrids
- Hidalgo, A., & Micho, N. (2016). Modificación química de almidón nativo de maca (*Lepidium Peruvianum*) en sus características (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional del Centro del Perú, Tarma, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4767>
- Hoover, R., & Ratnayake, W. (2001). Determination of Total Amylose Content of Starch. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. UNIT E2.3.1-E2.3.5. doi: <https://doi.org/10.1002/0471142913.fae0203s00>
- Horton, D. (1992). *La papa: Producción, comercialización y programas*. Lima, Perú: Copublicación de Centro Internacional de la Papa (CIP) y Hemisferio Sur.
- Hoyos-Leyva, J., Alonso-Gomez, L., Rueda-Enciso, J., & Yee-Madeira, H. (2017). Morphological physicochemical and functional characteristics of starch from *Marantha ruiziana* Koern. *LWT – Food Science and Technology*, 83:150-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.019>
- Hsu, C., Chen, W., Weng, Y., & Tseng, C. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 83: 85-92. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00053-0
- Hu, X., Guo, B., Liu, C., Yan, X., Chen, J., Luo, S., . . . Zhong, Y. W. (2018). Modification of potato starch by using superheated steam. *Carbohydrate Polymers*, 198:375-384. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.06.110
- Huanco, V. (1992). Potencial de las papas amargas en el altiplano de Puno, Perú. . En *La papa amarga, Mesa redonda Perú-Bolivia*. (págs. 25-26).
- Jane, J. (c2009). Starch. Chemistry and Technology. En J. BeMiller, & R. Whistler, *Structural Features of Starch Granules II* (págs. 193-236). Elsevier.
- Jarén, C., López, A., & Arazuri, S. (c2016). Advanced Analytical Techniques for Quality Evaluation of Potato and Its Products. En J. Singh, & L. Kaur. Elsevier B.V.

- Joaqui, D., & Villada, H. (2013). Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2:59-68. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa07.pdf>
- Joshi, M., Aldred, P., McKnight, S., Panozzo, J., Kasapis, S., Adhikari, R., & B., A. (2013). Physicochemical and functional characteristics of lentil starch. *Carbohydrate Polymers*, 92:1484-1496. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.035>
- Julca, B. (2016). Impacto del gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.) en la producción y comercialización del chuño blanco en las economías campesinas del departamento de Puno (Tesis de Economía). UNALM, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2445>
- Karwasra, B., Singh, B., & Kaur, M. (2017). Rheological and structural properties of starches from different Indian wheat cultivars and their relationships. *International Journal of Food Properties*, 20(1):1093-1106. doi: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1328439>
- Kaur, L. Singh, J. (c2016). Microstructure, Starch Digestion, and Glycemic Index of Potatoes. En J. Singh, & L. Kaur, *Advances in Potato Chemistry and Technology* (págs. 369-402). Elsevier.
- Kaur, L., Singh, J., McCarthy, O., & Singh, H. (2007). Physico-chemical, rheological and structural properties of fractionated potato starches. *Journal of Food Engineering*, 82:383-394. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.02.059
- Kaur, L., Singh, J., Singh, H., & McCarthy, O. (2008). Starch-cassia gum interactions: A microstructure - Rheology study. *Food Chemistry*, 111:1-10. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.03.027
- Kim, H., Oh, S., Bae, J., Yeom, J., Kim, B., Kim, H., & Baik, M. (2017). Preparation and characterization of amorphous granular potato starches (AGPS) and cross-linked amorphous granular potato starches (CLAGPS). *Carbohydrate Polymers*, 178:41-47. doi: 10.1016/j.carbpol.2017.09.020
- Koksel, H., Masatcioglu, T., Kahraman, K., Ozturk, S., & Basman, A. (2008). Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations

- formed by acid hydrolysis and heat treatment. *Journal of Cereal Science*, 47:275-282. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2007.04.007>
- Konuma, H., Rolle, R., & Boromthanasri, S. (2012). Color characteristics of sago starch as they relate to the growth environment of the sago palm (*Metroxylon sagu* Robb). *Journal of Agricultural Technology*, 8(1):273-287. Recuperado de http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v8_n1_12_January/24_IJAT%202012_8_1__Hiroyuki%20konuma__sago-FX.pdf
- Kumar, L., Brennan, M., Zheng, H., & Brennan, C. (2018). The effects of dairy ingredients on the pasting, textural, rheological, freeze-thaw properties and swelling behavior of oat starch. *Food Chemistry*, 245:518-524. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.10.125
- Lachman, J., Hamouz, K., Orsak, M., & Pivec, V. (2001). Potato glycoalkaloids and their significance in plant protection and human nutrition-review. *Series Rostlinná Výroba, Czechoslovakia*, 47 (4):191. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280018858_Potato_glycoalkaloids_and_their_significance_in_plant_protection_and_human_nutrition_-_Review
- Lawal, O., Ogundiran, O., Awokoya, K., & Ogunkunle, A. (2008). The low-substituted propylene oxide etherified plantain (*Musa paradisiaca normalis*) starch: Characterization and functional parameters. *Carbohydrate Polymers*, 74: 717-724. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.04.039>
- Lechnovich, V. (1971). Classification of cultivated species. En S. Bukasov, *Flora of cultivated plants. The potato, Leningrad*. Publ. House Colos.
- Leonel, M., Bronzi de Souza, L., & Mischán, M. (2011). Thermal and pasting properties of cassava starch-dehydrated orange pulp blends. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 68 (3):342-346. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000300011>
- Lin, J., Kao, W., Tsai, Y., & Chang, Y. (2013). Effect of granular characteristics on pasting properties of starch blends. *Carbohydrate Polymers*, 98:1553-1560. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.07.039
- Lipa, Y., & Maquera, M. (2013). Hidrólisis enzimática del almidón de chuño y tunta para la obtención de jarabe de glucosa (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3409>

- Liu, K., Hao, Y., Chen, Y., & Gao, Q. (2019). Effects of dry heat treatment on the structure and physicochemical properties of waxy potato starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132:1044-1050. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.146
- Liu, Q., Weber, E., Currie, V., & Yada, R. (2003). Physicochemical properties of starches during potato growth. *Carbohydrate Polymers*, 51:213-221. doi: 10.1016/S0144-8617(02)00138-8
- Liu, S., Lin, L., Shen, M., Wang, W., Xiao, Y., & Xie, J. (2018). Effect of *Mesona chinensis* polysaccharide on the pasting, thermal and rheological properties of wheat starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118:945-951. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.178>
- López, O., Zaritzky, N., & García, M. (2010). Physicochemical characterization of chemically modified corn starches related to rheological behavior, retrogradation and film forming capacity. *Journal of Food Engineering*, 100:160-168. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.03.041
- Lu, Z., Donner, E., Yada, R., & Liu, Q. (2012). The synergistic effects of amylose and phosphorus on rheological, thermal and nutritional properties of potato starch and gel. *Food Chemistry*, 133:1214-1221. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.029>
- Lu, Z., Donner, E., Yada, R., & Liu, Q. (2016). Physicochemical properties and in vitro starch digestibility of potato starch/protein blends. *Carbohydrate Polymers*, 154:214-222. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.08.055
- Luallen, T. (c2018). Utilizing Starches in Product Development. En M. Sjöö, & L. Nilsson, *Starch in Food. Structure, Function and Applications* (pág. 918). Woodhead Publishing. Elsevier.
- Lucas, J., & Quintero, V. (2016). Caracterización reológica de almidón y evaluación morfológica de 20 variedades de musáceas (*Musa* sp.), del banco de germoplasma Fedeplátano, Chinchiná-Caldas, Colombia . *Agroindustria y Ciencia de los Alimentos*, 65(3):218-225. doi: 10.15446/acag.v65n3.48029
- Luo, W., Westland, S., Brunton, P., Ellwood, R., Pretty, I., & Mohan, N. (2007). Comparison of the ability of different colour indices to assess changes in tooth whiteness. *Journal of Dentistry*, 35:109-116. doi: 10.1016/j.jdent.2006.06.006

- Maaran, S., Hoover, R., Donner, E., & Liu, Q. (2014). Composition, structure, morphology and physicochemical properties of lablab bean, navy bean, rice bean, terapy bean and velvet bean starches. *Food Chemistry*, 152:491-499. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.12.014
- Martínez, O., Lapo-Calderón, B., Pérez-Rodríguez, J., Zambrano-Cabrera, C., Maza-Valle, F. (2015). Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. *Revista Colombiana de Química*, 44(2):16-21. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309044127003.pdf>
- Mason, W. (c2009). Starch. Chemistry and Technology. En J. BeMiller, & R. Whistler, *Starch Use in Foods* (págs. 745-798). Elsevier.
- Mbougoung, P., Tenin, D., Scher, J., & Tchiégang, C. (2012). Influence of acetylation on physicochemical, functional and thermal properties of potato and cassava starches. *Journal of Food Engineering*, 108: 320-326. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.08.006
- Melian, D. (2010). Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chile y dos variedades comerciales (Tesis de Lic.). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fam522e/doc/fam522e.pdf>
- Mínguez, J. (2012). Caracterización de la harina de la harina de Teff para su uso en panificación (Tesis de Maestría). Universidad de Valladolid, Valladolid, España. Recuperado de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/2030>
- Molina, M., Leiva, A., & Bouchon, P. (2016). Examining the effect of freezing on starch gelatinization during heating at high rates using online in situ hot-stage video-microscopy and differential scanning calorimetry. *Food and Bioprocess Processing*, 30:1-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.06.003>
- Moorthy, S. (2002). Physicochemical and Functional Properties of Tropical Tuber Starches: A Review. *Starch/Stärke*, 54:559-592. doi: [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200212\)54:12<559::AID-STAR2222559>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200212)54:12<559::AID-STAR2222559>3.0.CO;2-F)
- Muñoz, C., & Estaña, W. (2012). *Diversidad y variabilidad genética de papa nativa en Puno*. Puno: Dirección Regional Agraria Puno. DISKCOPY S.A.C.

- National Research Council. (1989). *Lost crops of the Incas: Lifé know plañís of the Andes with pro/rase for woríd wide cultivation*. Washington D.C., USA.: National Academy Press.
- Noda, T., Kottearachchi, N., Tsuda, S., Mori, M., Takigawa, S., Matsuura-Endo, C., . . . Yamauchi, H. (2007). Starch phosphorus content in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars and its effect on other starch properties. *Carbohydrate Polymers*, 68(4):793-796. doi: 10.1016/j.carbpol.2006.08.005
- Noda, T., Takigawa, S., Matsuura-Endo, C., Kim, S., Hashimoto, N., Yamauchi, H., . . . Takeda, Y. (2005). Physicochemical properties and amylopectin structures of large, small, and extremelly small potato starch granules. *Carbohydrate Polymers*, 60: 245-25. doi:10.1016/j.carbpol.2005.01.015
- NTP (Norma Técnica Peruana) 011.400. (2007). TUBÉRCULOS PROCESADOS. Papa deshidratada. Tunta. Requisitos y definiciones.
- Ochoa, M. (2001). *Las papas de Sudamérica: Bolivia*. Bolivia: CID, IFEA, COSUDE, CIP.
- Ortega, M. (2008). Propiedades viscoelásticas y reológicas estacionarias de suspensiones de almidón nativo de quínoa (Tesis de Maestría). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/qf-ortega_m/html/index.html
- Oviedo, F. (1995). Caracterización y determinación de asociaciones fenotípicas para 45 variedades de papa *solanum* spp. En condiciones del altiplano norte de La Paz (Tesis de Ingeniería). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Peña, E. (2017). Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno) (Tesis de Ingeniería). UNALM, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2655>
- Perera, C., & Hoover, R. (1999). Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chemistry*, 64: 361–375. doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00130-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00130-7)
- Perten Instruments. (2000). *Rapid Visco Analyser. Application & Method*. PerkinElmer Company.

- Przetaczek-Roznowska, I. (2017). Physicochemical properties of starches isolated from pumpkin compared with potato and corn starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101: 536-542. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.092
- Qiu, S., Yadav, M., Chen, H., Liu, Y., Tatsumi, E., & Yin, L. (2015). Effects of corn fiber gum (CFG) on the pasting and thermal behaviors of maize starch. *Carbohydrate Polymers*, 115:246-252. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.08.071
- Quintero, V., Lucas, J., & Álzate, E. (2012). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto . *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 14(28):16-32. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038458.pdf>
- Rao, M. (2014). *Rheology of fluid, semisolid and solid foods: principles and applications*. New York, US: Springer.
- Sandhu, K., & Siroha, A. (2017). Relationships between physicochemical, thermal, rheological and in vitro digestibility properties of starches from pearl millet cultivars. *LWT-Food Science and Technology*, 83:213-224. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.015>
- Sandhu, K., Sharma, L., & Kaur, M. (2015). Effect of granule size on physicochemical, morphological, thermal and pasting properties of native and 2-octenyl-1-ylsuccinylated potato starch prepared by dry heating under different pH conditions. *LWT – Food Science and Technology*, 61:224-230. doi: 10.1016/j.lwt.2014.11.004
- Scott, G., Wong, D., Alvarez, M., & Tupac Yupanqui, A. (1992). Papa Mezclas y cremas: Un estudio de caso del desarrollo de productos procesados de papa en el Perú. En G. e. Scott, *Desarrollo de productos de raíces y tubérculos*. Vol II América Latin.
- Shrestha, A., & Halley, P. (2014). Starch Modification to Develop Novel Starch-Biopolymer Blends. State of Art and Perspectives. En P. Halley, & L. Avérous, *Starch Polymers. From Genetic Engineering to Green Applications* (págs. 128-168). Elsevier.
- Sikora, M., Kowalski, S., Tomasik, P., & Sady, M. (2007). Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch-xanthan gum combinations . *Journal of Food Engineering*, 79:1144-1151. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.003

- Šimkova, D., Lachman, J., Hamouz, K., & Vokál, B. (2013). Effect of cultivar, location and year on total starch, amylose, phosphorus content and starch grain size of high starch potato cultivars for food and industrial processing. *Food Chemistry*, 141:3872-3880. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.06.080
- Singh, J., Colussi, R., McCarthy, O., & Kaur, L. (c2016). Advances in Potato Chemistry and Technology: Potato Starch and Its Modification. En J. Singh, & L. Kaur, *Advances in Potato Chemistry and Technology* (págs. 195-247). Elsevier.
- Singh, N., Chawla, D., & Singh, J. (2004). Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch. *Food Chemistry*, 86:601-608. doi: 10.1016/j.foodchem.2003.10.008
- Singh, N., Isono, N., Srichuwong, S., Noda, T., & Nishinari, K. (2016). Structural, thermal and viscoelastic properties of potato starches. *Food Hydrocolloid*, 22: 979-988. doi: 10.1016/j.foodhyd.2007.05.010
- Singh, N., Shevkani, K., Kaur, A., Thakur, S., Parmar, N., & Singh, A. (2014). Characteristics of starch obtained at different stages of purification during commercial wet milling of maize. *Starch/Stärke*, 66:1-10. doi: <https://doi.org/10.1002/star.201300261>
- Srichuwong, S., Isono, N., Jiang, H., Mishima, T., & Hisamatsu, M. (2012). Freeze-thaw stability of starches from different botanical sources: Correlation with structural features. *Carbohydrate Polymers*, 87:1275-1279. doi: 10.1016/j.carbpol.2011.09.004
- Steffe, J. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. Michigan, US: Editorial Freeman Press. Recuperado de <http://phariyadi.staff.ipb.ac.id/files/2013/02/STEFFE-Rheology-Book.pdf>
- Sun, B., Tian, Y., Wei, B., Chen, L., Bi, Y., & Jin, Z. (2017). Effect of reaction solvents on the multi-scale structure of potato starch during acid treatment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 97:67-75. doi: 0.1016/j.ijbiomac.2017.01.003
- Sun, D., & Yoo, B. (2015). Effect of tapioca starch addition on rheological, thermal, and gelling properties of rice starch. *LWT-Food Science and Technology*, 64:205-211. doi: 10.1016/j.lwt.2015.05.062

- Szymońska, J., & Krok, F. (2003). Potato starch granule nanostructure studied by high resolution non-contact AFM. *International Journal of Biological Macromolecules*, 33:1-7. doi: 10.1016/S0141-8130(03)00056-4
- Szymońska, J., & Wodnicka, K. (2005). Effect of multiple freezing and thawing on the surface and functional properties of granular potato starch. *Food Hydrocolloids*, 19:753-760. doi: 10.1016/j.foodhyd.2004.08.004
- Tan, I., & Halley, P. (2014). Structure-Property. Relationships of Genetically Modified Starch . En P. Halley, & L. Avérous, *Starch Polymers. From Genetic Engineering to Green Applications* (págs. 54-100). Elsevier.
- Tao, H., Huang, J., Xie, Q., Zou, Y., Wang, H., & Wu, X. (2018). Effect of multiple freezing-thawing cycles on structural and functional properties of starch granules isolated from soft and hard wheat. *Food Chemistry*, 265:18-22. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.05.065
- Tao, H., Wang, P., Wu, F., Jin, Z., & Xu, J. (2016). Effect of freezing rate on rheological, thermal and structural properties of frozen wheat starch. *RSC Adv.*, 6:97907-97911. doi: <https://doi.org/10.1039/C6RA11287K>
- Tao, H., Yan, J., Zhao, J., Tian, Y., Jin, Z., & Xu, X. (2015). Effect of Multiple Freezing/Thawing Cycles on the Structural and Functional Properties of Waxy Rice Starch. *PLoS ONE*, 10(5):1-11. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127138>
- Tapia, N., & Saravia, G. (1997). *Biodiversidad en papas amargas*. Cochabamba, Bolivia: AGRUCO.
- Tester, R., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39:151–165. doi: 10.1016/j.jcs.2003.12.001
- Tetchi, F.A., Amani, N. G., Kaneman, A. (2007). Contribution to light transmittance modelling in starch media. *African Journal of Biotechnology*, 6(5):569-575. doi: <https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2049>
- Tong, C., Ahmed, S., Pang, Y., Zhou, X., & Bao, J. (2018). Fine structure, gelatinization, and pasting properties relationships among starches from pigmented potatoes. *Food Hydrocolloids*, 83. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.04.036

- Torruco-Uco, J., & Betancur-Ancona, D. (2007). Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. *Food Chemistry*, 101:1319-1326. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.03.047
- Urrutia, J. 2017. *Plan de desarrollo urbano sostenible de Ilave 2017-2030*. Recuperado de http://www.municollao.gob.pe/wp-content/uploads/2017/10/PDSU2017-2030_opt.pdf.
- Vargas, G. (2015). Síntesis y caracterización de un almidón modificado de papa (*Solanum tuberosum*), (Var. Única) para su aplicación en un helado Soft (Tesis de Ingeniería). UNALM, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2179>
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(3):223-230. doi: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>.
- Velásquez-Barreto, F. F., & Velezmoro, C. (2018). Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos. *Scientia Agropecuaria*, 9(2): 189 – 197. doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.02.03
- Verma, R., Jan, S., Rani, S., Rani, S., Jan, K., Swer, T., . . . Bashir, K. (2018). Physicochemical and functional properties of gamma irradiated buckwheat and potato starch. *Radiation Physics and Chemistry*, 144:37-42. doi: 10.1016/j.radphyschem.2017.11.009
- Villanueva, M., De Lamo, B., Harasym, J., & Ronda, F. (2018). Microwave radiation and protein addition modulate hydration, pasting and gel rheological characteristics of rice and potato starches. *Carbohydrate Polymers*, 201:374-381. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.08.052
- Wang, M., Bai, X., Jiang, Y., Lang, S., & Yu, L. (2019). Preparation and characterization of lowoil absorption starch via freeze-thawing. *Carbohydrate Polymers*, 211:266-271. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.02.020
- Wang, R., Wan, J., Liu, C., Xia, X., & Ding, Y. (2019). Pasting, thermal, and rheological properties of rice starch partially replaced by inulin with different degrees of

- polymerization. *Food Hydrocolloids*, 92:228-232. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.008>
- Wang, S., Liu, C., & Wang, S. (2016). Drying methods used in starch isolation change properties of C-type chesnut (*Castanea mollissima*) starches. *LWT-Food Science and Technology*, 73:663-669. doi: 10.1016/j.lwt.2016.07.012
- Wani, I., Jabeen, M., Geelani, H., Masoodi, F., Saba, I., & Muzaffar, S. (2014). Effect of gamma irradiation on physicochemical properties of Indian Horse Chestnut (*Aesculus indica* Colebr.) starch. *Food Hydrocolloids*, 35:253-263. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.06.002
- Warren, F., Gidley, M., & Flanagan, B. (2016). Infrared spectroscopy as a tool to characterize starch ordered structure-a joint FTIR-ATR, NMR, XRD and DSC study. *Carbohydrate Polymers*, 139:35-42. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.11.066
- Xu, Y., Grizzard, C., Sismour, E., Bhardwaj, H., & Li, Z. (2013). Resistant starch content, molecular structure and physicochemical properties of starches in Virginia-grown corn, potato and mungbean. *Journal of Cereal and Oil seeds*, 4(1): 10-18. doi: 10.5897/JCO2012.0097
- Yamamoto, N. (1988). Potato processing learning from a traditional Andean system. En *The Social Sciences at CIP* (págs. 160-181). Lima, Perú.
- Yassaroh, A., & Woortman, K. (2019). A new way to improve physicochemical properties of potato starch. *Carbohydrate Polymers*, 204:1-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.082>
- Ye, J., Hu, X., Zhang, F., Fang, C., & Liu, C. (2016). Freeze-thaw stability of rice starch modified by Improved Extrusion Cooking Technology. *Carbohydrate Polymers*, 151:113-118. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.05.026
- Yongfeng, A., & Jay-lin, J. (c2018). Understanding Starch Structure and Functionality. En M. Sjöo, & L. Nilsson, *Starch in Food. Structure, Function and Applications* (pág. 918). Woodhead Publishing. Elsevier.
- Yousefi, A., & Razavi, S. (2015). Dynamic rheological properties of wheat starch gels as affected by chemical modification and concentration. *Starch-Stärke*, 67(7-8):567-576. doi: 10.1002/star.201500005

- Yu, S., Zhang, Y., Li, H., Wang, Y., Gong, C., Liu, . . . Koppaparapu, N. (2015). Effect of freeze-thawing treatment on the microstructure and thermal properties of non-waxy corn starch granule. *Starch/Stärke*, 67:989-1001. doi: <https://doi.org/10.1002/star.201500109>
- Zhang, B., Wang, K., Hasjim, J., Li, E., Flanagan, B., Gidley, M., & Dhital, S. (2014). Freeze-Drying Changes the Structure and Digestibility of B-Polymorphic Starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64:1482-1491. doi: 10.1021/jf405196m
- Zhang, C., Han, J., & Lim, S. (2018). Characteristics of some physically modified starches using mild heating and freeze-thawing. *Food Hydrocolloids*, 77:894-901. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.11.035
- Zhang, L., Zhao, L., Bian, X., Guo, K., Zhou, L., & Wei, C. (2018a). Characterization and comparative study of starches from seven purple sweet potatoes. *Food Hydrocolloids*, 80:168-176. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.006>
- Zhang, L., Zhao, Y., Hu, W., Qian, J., Ding, X., Guan, C., . . . Cao, Y. (2018b). Multi-scale structures of cassava and potato starch fractions varying in granule size. *Carbohydrate Polymers*, 200:400-407. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.08.022
- Zhang, W., Liu, X., Wang, Q., Zhang, H., Li, M., Song, B., & Zhao, Z. (2018). Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117:467-472. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.05.131
- Zhou, X., & Lim, S. (2012). Pasting viscosity and in vitro digestibility of retrograded waxy and normal corn starch powders. *Carbohydrate Polymers*, 87:235-239. doi: 10.1016/j.carbpol.2011.07.045
- Zhu, F. (2018). Relationships between amylopectin internal molecular structure and physicochemical properties of starch. *Trends in Foods Science & Technology*, 78:234-242. doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.024
- Zhu, F., & Hao, C. (2019). Physicochemical properties of Maori potato starch affected by molecular structure. *Food Hydrocolloids*, 90:248-253. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.021>

VII. ANEXOS

ANEXO 1: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A NIVEL INDUSTRIAL

A continuación, se presenta las operaciones realizadas para la extracción de almidón de la materia prima (papa o tunta).

- **Recepción-pesado.** Las papas cosechadas en Puno bajo previa selección en campo se recibieron en la Planta directamente de la agencia de transporte en sacos. Se pesaron y transportaron de la zona de recepción a la zona de lavado a través de un transporte de tipo tornillo sin fin. La materia prima fue remojada por un periodo de 6 horas antes de la molienda.
- **Lavado.** Las papas y tuntas fueron lavadas en una lavadora continua, por separado, que consiste en una estructura de hierro Galvanizado de forma semicircular que cuenta con un eje central y brazos que ayudaron al frotamiento de los tubérculos entre sí y contra la pared de la máquina. Esta operación produce un rozamiento que desprende las impurezas exteriores y luego con la ayuda de agua permitió el pelado y lavado de los tubérculos.
- **Molienda.** Los tubérculos lavados fueron transportados a través de una faja transportadora al molino Super Rasp, donde fueron rallados hasta convertirlos en una pasta fina (crema). Así se rasgó las células de los tubérculos y se liberó los corpúsculos de almidón contenidos dentro de ellas, simulando los raspadores industriales de plantas de gran escala. Es un molino tipo raspador, que con adición de agua raspa y rasga los tubérculos en partículas muy finas que es confinado dentro de una estructura de acero inoxidable y teniendo por única salida una criba. El agua arrastra las partículas de almidón que son impulsadas por una bomba al tanque pulmón.

- **Separación por hidrociclones.** Se separó las fibras del almidón, y se lavó el almidón de los componentes solubles de la papa (azúcares, proteína etc.). Se empleó baterías de hidrociclones con una alimentación tangencial y dos salidas por diferencia de densidades y la acción de la fuerza centrífuga generada, por un lado, suspensión de almidón y por otro lado suspensión de fibra. La línea de fibra acuosa fue separada a través de una centrífuga que trabaja a 900 RPM y cuenta con un tamiz 120 mesh. La línea diluida de almidón pasó a la siguiente etapa.
- **Concentración.** La suspensión diluida de almidón se trasladó a una segunda batería de hidrociclones con la función de concentrar la lechada de almidón.
- **Centrifugación.** Se eliminó el agua excedente de la lechada de almidón, mediante la fuerza centrífuga. Mediante una centrífuga de canasta que trabaja a 1100 RPM, la cual consiste en una canasta de acero inoxidable sujeta por un eje central, confinada dentro de una estructura circular a la cual se le da movimiento por medio de un motor eléctrico. El almidón sale de la centrífuga con un contenido de humedad aproximado de 38 por ciento.
- **Secado.** Se redujo la humedad hasta el nivel de conservación en almacenamiento empleando un secador instantáneo tipo flash. El tiempo de contacto con el aire fue instantáneo en décimas de segundo y la máxima temperatura del almidón no excedió de 40°C.
- **Tamizado.** El almidón finalmente fue tamizado en una malla de 100 mesh para su homogenización.
- **Empacado.** En sacos de papel sellados herméticamente para su posterior almacenamiento.

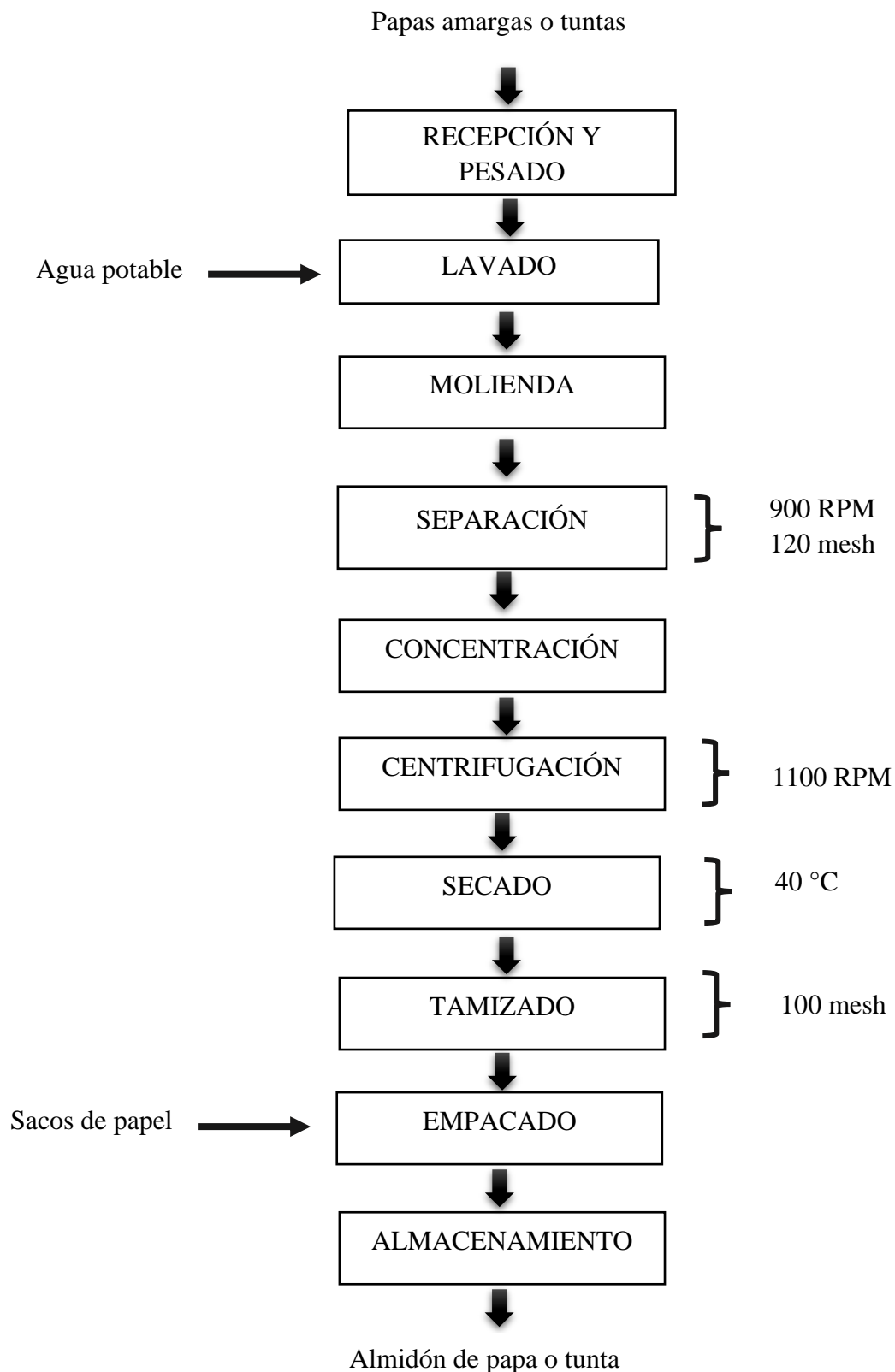


Figura A: Diagrama de proceso para la extracción de almidón de papas amargas y tuntas

ANEXO 2: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE HUMEDAD

Tabla A: ANVA para porcentaje de humedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	2.5392	1	2.5392	12.81	0.0072
B:BLOQUE	12.9437	2	6.47186	32.66	0.0001
RESIDUOS	1.58515	8	0.198144		
TOTAL (CORREGIDO)	17.0681	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de humedad por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	17.1667	0.181725	X
1	6	18.0867	0.181725	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.92	0.59264

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de humedad por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	4	16.2975	0.222567	X
1	4	17.75	0.222567	X
3	4	18.8325	0.222567	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.4525	0.897856
1 - 3	*	-1.0825	0.897856
2 - 3	*	-2.535	0.897856

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 3: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE HUMEDAD

Tabla B: ANVA para porcentaje de humedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	16.9834	5	3.39667	240.61	0.0000
Intra grupos	0.0847	6	0.0141167		
Total (Corr.)	17.0681	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de humedad por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	2	16.225	X
PPL	2	16.37	X
TON	2	17.37	X
TCJ	2	17.905	X
PON	2	18.13	X
PCJ	2	19.76	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	1.63	0.472868
PCJ - PPL	*	3.39	0.472868
PCJ - TCJ	*	1.855	0.472868
PCJ - TON	*	2.39	0.472868
PCJ - TPL	*	3.535	0.472868
PON - PPL	*	1.76	0.472868
PON - TCJ		0.225	0.472868
PON - TON	*	0.76	0.472868
PON - TPL	*	1.905	0.472868
PPL - TCJ	*	-1.535	0.472868
PPL - TON	*	-1.0	0.472868
PPL - TPL		0.145	0.472868
TCJ - TON	*	0.535	0.472868
TCJ - TPL	*	1.68	0.472868
TON - TPL	*	1.145	0.472868

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 4: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS

Tabla C: ANVA para porcentaje de carbohidratos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.16108	1	0.16108	11.75	0.0090
B:BLOQUE	0.0613556	2	0.0306778	2.24	0.1690
RESIDUOS	0.109644	8	0.0137056		
TOTAL (CORREGIDO)	0.33208	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de carbohidratos por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	99.3476	0.0477939	X
1	6	99.5793	0.0477939	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.231718	0.155865

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de carbohidratos por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	99.3623	0.0585354	X
2	4	99.5132	0.0585354	X
3	4	99.5148	0.0585354	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.150872	0.236138
1 - 3		-0.152485	0.236138
2 - 3		-0.00161246	0.236138

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 5: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS

Tabla D: ANVA para porcentaje de carbohidratos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.248505	5	0.0497011	3.57	0.0765
Intra grupos	0.0835747	6	0.0139291		
Total (Corr.)	0.33208	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de carbohidratos por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TON	2	99.2073	X
TCJ	2	99.3727	X
TPL	2	99.4628	X
PON	2	99.5174	X
PPL	2	99.5636	X
PCJ	2	99.657	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0.139581	0.469716
PCJ - PPL		0.0934016	0.469716
PCJ - TCJ		0.284309	0.469716
PCJ - TON		0.449697	0.469716
PCJ - TPL		0.194132	0.469716
PON - PPL		-0.0461797	0.469716
PON - TCJ		0.144727	0.469716
PON - TON		0.310116	0.469716
PON - TPL		0.0545507	0.469716
PPL - TCJ		0.190907	0.469716
PPL - TON		0.356295	0.469716
PPL - TPL		0.10073	0.469716
TCJ - TON		0.165388	0.469716
TCJ - TPL		-0.0901767	0.469716
TON - TPL		-0.255565	0.469716

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 6: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA

Tabla E: ANVA para porcentaje de proteína

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.000604304	1	0.000604304	0.21	0.6576
B:BLOQUE	0.0264891	2	0.0132445	4.64	0.0459
RESIDUOS	0.0228291	8	0.00285364		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0499225	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos porcentaje de proteína por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	0.30367	0.0218084	X
2	6	0.317862	0.0218084	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0141928	0.0711213

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos porcentaje de proteína por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	4	0.271763	0.0267097	X
3	4	0.283682	0.0267097	X
1	4	0.376853	0.0267097	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.10509	0.10775
1 - 3		0.0931712	0.10775
2 - 3		-0.0119187	0.10775

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 7: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA

Tabla F: ANVA para porcentaje de proteína

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0344692	5	0.00689384	2.68	0.1313
Intra grupos	0.0154532	6	0.00257554		
Total (Corr.)	0.0499225	11			

Pruebas de Múltiple Rangos porcentaje de proteína por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PPL	2	0.245108	X
TCJ	2	0.255798	X
TPL	2	0.298418	X
PCJ	2	0.311566	X
PON	2	0.354335	X
TON	2	0.399371	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.0427699	0.20198
PCJ - PPL		0.0664575	0.20198
PCJ - TCJ		0.0557673	0.20198
PCJ - TON		-0.0878052	0.20198
PCJ - TPL		0.0131472	0.20198
PON - PPL		0.109227	0.20198
PON - TCJ		0.0985372	0.20198
PON - TON		-0.0450353	0.20198
PON - TPL		0.055917	0.20198
PPL - TCJ		-0.0106902	0.20198
PPL - TON		-0.154263	0.20198
PPL - TPL		-0.0533103	0.20198
TCJ - TON		-0.143572	0.20198
TCJ - TPL		-0.0426201	0.20198
TON - TPL		0.100952	0.20198

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 8: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE LÍPIDOS

Tabla G: ANVA para porcentaje de lípidos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.0114861	1	0.0114861	5.12	0.0535
B:BLOQUE	0.0135207	2	0.00676037	3.01	0.1057
RESIDUOS	0.0179391	8	0.00224239		
TOTAL (CORREGIDO)	0.042946	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de lípidos por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	0	0.0193321	X
2	6	0.0618766	0.0193321	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0618766	0.0630457

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de lípidos por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	0	0.0236769	X
3	4	0.0152272	0.0236769	X
2	4	0.0775877	0.0236769	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0775877	0.0955151
1 - 3		-0.0152272	0.0955151
2 - 3		0.0623605	0.0955151

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 9: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE LÍPIDOS

Tabla H: ANVA para porcentaje de lípidos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0385276	5	0.00770552	10.46	0.0063
Intra grupos	0.00441835	6	0.000736392		
Total (Corr.)	0.042946	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de lípidos por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PPL	2	0	X
PCJ	2	0	X
PON	2	0	X
TON	2	0	X
TCJ	2	0.0304544	X
TPL	2	0.155175	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0	0.108001
PCJ - PPL		0	0.108001
PCJ - TCJ		-0.0304544	0.108001
PCJ - TON		0	0.108001
PCJ - TPL	*	-0.155175	0.108001
PON - PPL		0	0.108001
PON - TCJ		-0.0304544	0.108001
PON - TON		0	0.108001
PON - TPL	*	-0.155175	0.108001
PPL - TCJ		-0.0304544	0.108001
PPL - TON		0	0.108001
PPL - TPL	*	-0.155175	0.108001
TCJ - TON		0.0304544	0.108001
TCJ - TPL	*	-0.124721	0.108001
TON - TPL	*	-0.155175	0.108001

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 10: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE FIBRA

Tabla I: ANVA para porcentaje de fibra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.00493645	1	0.00493645	1.40	0.2708
B:BLOQUE	0.00611447	2	0.00305724	0.87	0.4563
RESIDUOS	0.0282163	8	0.00352704		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0392672	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para fibra por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	0	0.0242454	X
2	6	0.0405646	0.0242454	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0405646	0.0790689

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para fibra por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	4	0	0.0296944	X
1	4	0.00907441	0.0296944	X
3	4	0.0517724	0.0296944	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.00907441	0.11979
1 - 3		-0.042698	0.11979
2 - 3		-0.0517724	0.11979

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 11: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE FIBRA

Tabla J: ANVA para porcentaje de fibra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0171654	5	0.00343308	0.93	0.5207
Intra grupos	0.0221018	6	0.00368364		
Total (Corr.)	0.0392672	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para fibra por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	2	0	X
PPL	2	0	X
PON	2	0	X
PCJ	2	0	X
TON	2	0.0181488	X
TCJ	2	0.103545	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0	0.241553
PCJ - PPL		0	0.241553
PCJ - TCJ		-0.103545	0.241553
PCJ - TON		-0.0181488	0.241553
PCJ - TPL		0	0.241553
PON - PPL		0	0.241553
PON - TCJ		-0.103545	0.241553
PON - TON		-0.0181488	0.241553
PON - TPL		0	0.241553
PPL - TCJ		-0.103545	0.241553
PPL - TON		-0.0181488	0.241553
PPL - TPL		0	0.241553
TCJ - TON		0.0853961	0.241553
TCJ - TPL		0.103545	0.241553
TON - TPL		0.0181488	0.241553

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 12: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PORCENTAJE DE CENIZA

Tabla K: ANVA para porcentaje de ceniza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.020203	1	0.020203	1.56	0.2473
B:BLOQUE	0.0265986	2	0.0132993	1.03	0.4013
RESIDUOS	0.103746	8	0.0129683		
TOTAL (CORREGIDO)	0.150548	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de ceniza por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	0.146027	0.0464907	X
2	6	0.22809	0.0464907	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0820631	0.151615

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de ceniza por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	4	0.134453	0.0569392	X
3	4	0.178015	0.0569392	X
1	4	0.248707	0.0569392	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.114254	0.229699
1 - 3		0.0706913	0.229699
2 - 3		-0.0435626	0.229699

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 13: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE CENIZA

Tabla L: ANVA para porcentaje de ceniza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.111724	5	0.0223447	3.45	0.0817
Intra grupos	0.0388245	6	0.00647075		
Total (Corr.)	0.150548	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para porcentaje de ceniza por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	2	0.077590	X
PCJ	2	0.118498	X
PON	2	0.128267	X
PPL	2	0.191315	X
TCJ	2	0.237532	X
TON	2	0.369146	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.00976878	0.320148
PCJ - PPL		-0.0728164	0.320148
PCJ - TCJ		-0.119034	0.320148
PCJ - TON		-0.250648	0.320148
PCJ - TPL		0.0409076	0.320148
PON - PPL		-0.0630477	0.320148
PON - TCJ		-0.109265	0.320148
PON - TON		-0.240879	0.320148
PON - TPL		0.0506764	0.320148
PPL - TCJ		-0.0462176	0.320148
PPL - TON		-0.177831	0.320148
PPL - TPL		0.113724	0.320148
TCJ - TON		-0.131614	0.320148
TCJ - TPL		0.159942	0.320148
TON - TPL		0.291556	0.320148

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 14: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL CONTENIDO DE FÓSFORO

Tabla M: ANVA para el contenido de fósforo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	82909.2	1	82909.2	4.98	0.0561
B:BLOQUE	147728.	2	73864.2	4.44	0.0505
RESIDUOS	133174.	8	16646.7		
TOTAL (CORREGIDO)	363812.	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de fósforo por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	462.631	52.6731	X
1	6	628.873	52.6731	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		166.242	171.777

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de fósforo por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	400.272	64.5111	X
2	4	567.575	64.5111	XX
1	4	669.41	64.5111	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		101.836	260.244
1 - 3	*	269.139	260.244
2 - 3		167.303	260.244

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 15: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL CONTENIDO DE FÓSFORO

Tabla N: ANVA para el contenido de fósforo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	320303.	5	64060.7	8.83	0.0098
Intra grupos	43508.2	6	7251.37		
Total (Corr.)	363812.	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de fósforo por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PCJ	2	374.205	X
TCJ	2	426.339	X
TPL	2	477.469	X
TON	2	484.086	X
PPL	2	657.68	XX
PON	2	854.735	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-480.53	338.91
PCJ - PPL		-283.475	338.91
PCJ - TCJ		-52.1342	338.91
PCJ - TON		-109.881	338.91
PCJ - TPL		-103.265	338.91
PON - PPL		197.055	338.91
PON - TCJ	*	428.396	338.91
PON - TON	*	370.649	338.91
PON - TPL	*	377.266	338.91
PPL - TCJ		231.341	338.91
PPL - TON		173.595	338.91
PPL - TPL		180.211	338.91
TCJ - TON		-57.7467	338.91
TCJ - TPL		-51.1304	338.91
TON - TPL		6.6163	338.91

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 16: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL CONTENIDO DE AMILOSA

Tabla O: ANVA para el contenido de amilosa

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	22.8804	1	22.8804	12.70	0.0074
B:BLOQUE	45.1855	2	22.5928	12.54	0.0034
RESIDUOS	14.4113	8	1.80141		
TOTAL (CORREGIDO)	82.4772	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de amilosa por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	27.2917	0.547937	X
1	6	30.0533	0.547937	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	2.76167	1.78693

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de amilosa por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	25.9375	0.671083	X
3	4	29.845	0.671083	X
2	4	30.235	0.671083	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-4.2975	2.70721
1 - 3	*	-3.9075	2.70721
2 - 3		0.39	2.70721

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 17: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL CONTENIDO DE AMILOSA

Tabla P: ANVA para el contenido de amilosa

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	81.8432	5	16.3686	154.90	0.0000
Intra grupos	0.63405	6	0.105675		
Total (Corr.)	82.4772	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de amilosa por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TON	2	23.125	X
PON	2	28.75	X
TCJ	2	28.75	X
TPL	2	30.0	XX
PPL	2	30.47	X
PCJ	2	30.94	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	2.19	1.29378
PCJ - PPL		0.47	1.29378
PCJ - TCJ	*	2.19	1.29378
PCJ - TON	*	7.815	1.29378
PCJ - TPL		0.94	1.29378
PON - PPL	*	-1.72	1.29378
PON - TCJ		0	1.29378
PON - TON	*	5.625	1.29378
PON - TPL		-1.25	1.29378
PPL - TCJ	*	1.72	1.29378
PPL - TON	*	7.345	1.29378
PPL - TPL		0.47	1.29378
TCJ - TON	*	5.625	1.29378
TCJ - TPL		-1.25	1.29378
TON - TPL	*	-6.875	1.29378

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 18: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LOS PARÁMETROS DE COLOR

Tabla Q.1: ANVA para el parámetro de color L*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	5.93976	1	5.93976	16.31	0.0012
B:BLOQUE	4.74654	2	2.37327	6.52	0.0100
RESIDUOS	5.09874	14	0.364196		
TOTAL (CORREGIDO)	15.785	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color L* por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	95.5811	0.201162	X
1	9	96.73	0.201162	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.14889	0.610164

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color L* por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	95.4767	0.246372	X
1	6	96.2717	0.246372	XX
3	6	96.7183	0.246372	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.795	0.915418
1 - 3		-0.446667	0.915418
2 - 3	*	-1.24167	0.915418

* indica una diferencia significativa.

Tabla Q.2: ANVA para el parámetro de color a*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.0968	1	0.0968	7.18	0.0179
B:BLOQUE	0.1417	2	0.07085	5.26	0.0198
RESIDUOS	0.1887	14	0.0134786		
TOTAL (CORREGIDO)	0.4272	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color a* por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	0.103333	0.0386991	X
2	9	0.25	0.0386991	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.146667	0.117382

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color a* por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	0.0783333	0.0473965	X
1	6	0.158333	0.0473965	XX
2	6	0.293333	0.0473965	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.135	0.176106
1 - 3		0.08	0.176106
2 - 3	*	0.215	0.176106

* indica una diferencia significativa.

Tabla Q.3: ANVA para el parámetro de color b*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	5.12	1	5.12	263.95	0.0000
B:BLOQUE	2.15863	2	1.07932	55.64	0.0000
RESIDUOS	0.271567	14	0.0193976		
TOTAL (CORREGIDO)	7.5502	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color b* por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	1.9	0.0464251	X
2	9	2.96667	0.0464251	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.06667	0.140816

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color b* por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	1.995	0.0568589	X
1	6	2.46333	0.0568589	X
2	6	2.84167	0.0568589	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.378333	0.211264
1 - 3	*	0.468333	0.211264
2 - 3	*	0.846667	0.211264

* indica una diferencia significativa.

Tabla Q.4: ANVA para el parámetro de color W

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	10.7701	1	10.7701	31.46	0.0001
B:BLOQUE	6.83642	2	3.41821	9.99	0.0020
RESIDUOS	4.79228	14	0.342306		
TOTAL (CORREGIDO)	22.3988	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color W por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	94.6649	0.195023	X
1	9	96.212	0.195023	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.54704	0.591542

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color W por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	94.6468	0.238853	X
1	6	95.5185	0.238853	XX
3	6	96.15	0.238853	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.871625	0.887481
1 - 3		-0.63157	0.887481
2 - 3	*	-1.5032	0.887481

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 19: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LOS PARÁMETROS DE COLOR

Tabla R.1: ANVA para el parámetro de color L*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	15.7581	5	3.15162	1404.19	0.0000
Intra grupos	0.0269333	12	0.00224444		
Total (Corr.)	15.785	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color L* por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	94.1533	X
TON	3	96.1167	X
PON	3	96.4267	X
TCJ	3	96.4733	X
PPL	3	96.8	X
PCJ	3	96.9633	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	0.536667	0.129947
PCJ - PPL	*	0.163333	0.129947
PCJ - TCJ	*	0.49	0.129947
PCJ - TON	*	0.846667	0.129947
PCJ - TPL	*	2.81	0.129947
PON - PPL	*	-0.373333	0.129947
PON - TCJ		-0.0466667	0.129947
PON - TON	*	0.31	0.129947
PON - TPL	*	2.27333	0.129947
PPL - TCJ	*	0.326667	0.129947
PPL - TON	*	0.683333	0.129947
PPL - TPL	*	2.64667	0.129947
TCJ - TON	*	0.356667	0.129947
TCJ - TPL	*	2.32	0.129947
TON - TPL	*	1.96333	0.129947

* indica una diferencia significativa.

Tabla R.2: ANVA para el parámetro de color a*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.426533	5	0.0853067	1535.52	0.0000
Intra grupos	0.000666667	12	0.0000555556		
Total (Corr.)	0.4272	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color a* por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TCJ	3	0.0366667	X
PPL	3	0.0866667	X
PON	3	0.103333	XX
PCJ	3	0.12	X
TON	3	0.213333	X
TPL	3	0.5	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PCJ - PON		0.0166667	0.0204445
PCJ - PPL	*	0.0333333	0.0204445
PCJ - TCJ	*	0.0833333	0.0204445
PCJ - TON	*	-0.0933333	0.0204445
PCJ - TPL	*	-0.38	0.0204445
PON - PPL		0.0166667	0.0204445
PON - TCJ	*	0.0666667	0.0204445
PON - TON	*	-0.11	0.0204445
PON - TPL	*	-0.396667	0.0204445
PPL - TCJ	*	0.05	0.0204445
PPL - TON	*	-0.126667	0.0204445
PPL - TPL	*	-0.413333	0.0204445
TCJ - TON	*	-0.176667	0.0204445
TCJ - TPL	*	-0.463333	0.0204445
TON - TPL	*	-0.286667	0.0204445

* indica una diferencia significativa.

Tabla R.3: ANVA para el parámetro de color b*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.53433	5	1.50687	1139.65	0.0000
Intra grupos	0.0158667	12	0.00132222		
Total (Corr.)	7.5502	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color b* por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PCJ	3	1.55333	X
PON	3	2.00667	X
PPL	3	2.14	X
TCJ	3	2.43667	X
TON	3	2.92	X
TPL	3	3.54333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-0.453333	0.099739
PCJ - PPL	*	-0.586667	0.099739
PCJ - TCJ	*	-0.883333	0.099739
PCJ - TON	*	-1.36667	0.099739
PCJ - TPL	*	-1.99	0.099739
PON - PPL	*	-0.133333	0.099739
PON - TCJ	*	-0.43	0.099739
PON - TON	*	-0.913333	0.099739
PON - TPL	*	-1.53667	0.099739
PPL - TCJ	*	-0.296667	0.099739
PPL - TON	*	-0.78	0.099739
PPL - TPL	*	-1.40333	0.099739
TCJ - TON	*	-0.483333	0.099739
TCJ - TPL	*	-1.10667	0.099739
TON - TPL	*	-0.623333	0.099739

* indica una diferencia significativa.

Tabla R.4: ANVA para el parámetro de color W

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	22.3893	5	4.47787	5772.37	0.0000
Intra grupos	0.00930891	12	0.000775742		
Total (Corr.)	22.3986	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el parámetro de color W por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	93.145	X
TON	3	95.1365	X
TCJ	3	95.7132	X
PON	3	95.9004	X
PPL	3	96.1487	X
PCJ	3	96.5868	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	0.686467	0.0763962
PCJ - PPL	*	0.438167	0.0763962
PCJ - TCJ	*	0.873633	0.0763962
PCJ - TON	*	1.4503	0.0763962
PCJ - TPL	*	3.44183	0.0763962
PON - PPL	*	-0.2483	0.0763962
PON - TCJ	*	0.187167	0.0763962

PON - TON	*	0.763833	0.0763962
PON - TPL	*	2.75537	0.0763962
PPL - TCJ	*	0.435467	0.0763962
PPL - TON	*	1.01213	0.0763962
PPL - TPL	*	3.00367	0.0763962
TCJ - TON	*	0.576667	0.0763962
TCJ - TPL	*	2.5682	0.0763962
TON - TPL	*	1.99153	0.0763962

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 20: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA EL PODER DE HINCHAMIENTO

Tabla S.1: ANVA para el poder de hinchamiento a 60°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.842735	1	0.842735	1.44	0.2503
B:BLOQUE	1.41434	2	0.707171	1.21	0.3284
RESIDUOS	8.20255	14	0.585897		
TOTAL (CORREGIDO)	10.4596	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 60°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	10.3482	0.255146	X
1	9	10.781	0.255146	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.432752	0.773908

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 60°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	10.2797	0.312489	X
1	6	10.4683	0.312489	X
3	6	10.9458	0.312489	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.188612	1.16108
1 - 3		-0.47745	1.16108
2 - 3		-0.666062	1.16108

* indica una diferencia significativa.

Tabla S.2: ANVA para el poder de hinchamiento a 70°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	2.1883	1	2.1883	11.73	0.0041
B:BLOQUE	0.515428	2	0.257714	1.38	0.2835
RESIDUOS	2.61211	14	0.186579		
TOTAL (CORREGIDO)	5.31583	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 70°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	11.4032	0.143983	X
2	9	12.1005	0.143983	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.697344	0.436727

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 70°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	11.5603	0.176342	X
1	6	11.7233	0.176342	X
2	6	11.9719	0.176342	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.248517	0.655214
1 - 3		0.163033	0.655214
2 - 3		0.41155	0.655214

* indica una diferencia significativa.

Tabla S.3: ANVA para el poder de hinchamiento a 80°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	2.75194	1	2.75194	23.78	0.0002
B:BLOQUE	3.06575	2	1.53287	13.24	0.0006
RESIDUOS	1.62044	14	0.115746		
TOTAL (CORREGIDO)	7.43812	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 80°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	14.2	0.113405	X
2	9	14.982	0.113405	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-0.782011	0.343978

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 80°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	14.1225	0.138892	X
2	6	14.5238	0.138892	X
1	6	15.1267	0.138892	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	0.602833	0.516064
1 - 3	*	1.00418	0.516064
2 - 3		0.40135	0.516064

* indica una diferencia significativa.

Tabla S.4: ANVA para el poder de hinchamiento a 90°C

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	79.8515	1	79.8515	180.21	0.0000
B:BLOQUE	15.108	2	7.55398	17.05	0.0002
RESIDUOS	6.20332	14	0.443095		
TOTAL (CORREGIDO)	101.163	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 90°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	17.3011	0.221885	X
1	9	21.5135	0.221885	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	4.21246	0.673019

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 90°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	18.5478	0.271752	X
2	6	18.9974	0.271752	X
1	6	20.6767	0.271752	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.67923	1.00972
1 - 3	*	2.12885	1.00972
2 - 3		0.449617	1.00972

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 21: ANVA SIMPLE Y LSD PARA EL PODER DE HINCHAMIENTO

Tabla T.1: ANVA para el poder de hinchamiento a 60°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9.79084	5	1.95817	35.14	0.0000
Intra grupos	0.668791	12	0.0557326		
Total (Corr.)	10.4596	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 60°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	9.25578	X
TON	3	10.2833	X
PCJ	3	10.386	X
PON	3	10.6533	X
PPL	3	11.3037	X
TCJ	3	11.5056	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.267367	0.647541
PCJ - PPL	*	-0.9177	0.647541
PCJ - TCJ	*	-1.11963	0.647541
PCJ - TON		0.102633	0.647541
PCJ - TPL	*	1.13019	0.647541
PON - PPL	*	-0.650333	0.647541
PON - TCJ	*	-0.852267	0.647541
PON - TON		0.37	0.647541
PON - TPL	*	1.39756	0.647541
PPL - TCJ		-0.201933	0.647541
PPL - TON	*	1.02033	0.647541
PPL - TPL	*	2.04789	0.647541
TCJ - TON	*	1.22227	0.647541
TCJ - TPL	*	2.24982	0.647541
TON - TPL	*	1.02756	0.647541

* indica una diferencia significativa.

Tabla T.2: ANVA para el poder de hinchamiento a 70°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4.44423	5	0.888845	12.24	0.0002
Intra grupos	0.871607	12	0.0726339		
Total (Corr.)	5.31583	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 70°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PCJ	3	10.773	X
PON	3	11.5667	X
PPL	3	11.8698	XX
TON	3	11.88	XX
TPL	3	12.0739	XX
TCJ	3	12.3476	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PCJ - PON	*	-0.793667	0.739235
PCJ - PPL	*	-1.0968	0.739235
PCJ - TCJ	*	-1.5746	0.739235
PCJ - TON	*	-1.107	0.739235
PCJ - TPL	*	-1.3009	0.739235
PON - PPL		-0.303133	0.739235
PON - TCJ	*	-0.780933	0.739235
PON - TON		-0.313333	0.739235
PON - TPL		-0.507233	0.739235
PPL - TCJ		-0.4778	0.739235
PPL - TON		-0.0102	0.739235
PPL - TPL		-0.2041	0.739235
TCJ - TON		0.4676	0.739235
TCJ - TPL		0.2737	0.739235
TON - TPL		-0.1939	0.739235

* indica una diferencia significativa.

Tabla T.3: ANVA para el poder de hinchamiento a 80°C

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.40675	5	1.28135	14.91	0.0001
Intra grupos	1.03138	12	0.085948		
Total (Corr.)	7.43812	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 80°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PCJ	3	13.5408	X
PPL	3	14.3759	X
TPL	3	14.6718	X
PON	3	14.6833	X
TCJ	3	14.7042	X
TON	3	15.57	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-1.14257	0.804138
PCJ - PPL	*	-0.8351	0.804138
PCJ - TCJ	*	-1.16343	0.804138
PCJ - TON	*	-2.02923	0.804138
PCJ - TPL	*	-1.13103	0.804138
PON - PPL		0.307467	0.804138
PON - TCJ		-0.0208667	0.804138
PON - TON	*	-0.886667	0.804138
PON - TPL		0.0115333	0.804138
PPL - TCJ		-0.328333	0.804138
PPL - TON	*	-1.19413	0.804138
PPL - TPL		-0.295933	0.804138
TCJ - TON	*	-0.8658	0.804138
TCJ - TPL		0.0324	0.804138
TON - TPL	*	0.8982	0.804138

* indica una diferencia significativa.

Tabla T.4: ANVA para el poder de hinchamiento a 90°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	98.9887	5	19.7977	109.27	0.0000
Intra grupos	2.17409	12	0.181174		
Total (Corr.)	101.163	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para el poder de hinchamiento a 90°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	3	16.8647	X
TPL	3	17.1285	X
TON	3	17.91	X
PCJ	3	20.2309	X
PPL	3	20.8664	X
PON	3	23.4433	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-3.21243	1.16751
PCJ - PPL		-0.635467	1.16751
PCJ - TCJ	*	3.36617	1.16751
PCJ - TON	*	2.3209	1.16751
PCJ - TPL	*	3.1024	1.16751
PON - PPL	*	2.57697	1.16751
PON - TCJ	*	6.5786	1.16751
PON - TON	*	5.53333	1.16751
PON - TPL	*	6.31483	1.16751

PPL - TCJ	*	4.00163	1.16751
PPL - TON	*	2.95637	1.16751
PPL - TPL	*	3.73787	1.16751
TCJ - TON		-1.04527	1.16751
TCJ - TPL		-0.263767	1.16751
TON - TPL		0.7815	1.16751

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 22: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

Tabla U.1: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 60°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	1.21758	1	1.21758	2.21	0.1592
B:BLOQUE	1.17291	2	0.586454	1.07	0.3710
RESIDUOS	7.70878	14	0.550627		
TOTAL (CORREGIDO)	10.0993	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos la capacidad de absorción de agua a 60°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	10.1324	0.247347	X
1	9	10.6526	0.247347	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.520167	0.750253

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos la capacidad de absorción de agua a 60°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	10.1191	0.302938	X
1	6	10.325	0.302938	X
3	6	10.7334	0.302938	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.205883	1.12559
1 - 3		-0.408367	1.12559
2 - 3		-0.61425	1.12559

* indica una diferencia significativa.

Tabla U.2: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 70°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	1.1099	1	1.1099	5.68	0.0319

B:BLOQUE	0.403164	2	0.201582	1.03	0.3822
RESIDUOS	2.73724	14	0.195517		
TOTAL (CORREGIDO)	4.25031	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 70°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	11.2746	0.147391	X
2	9	11.7712	0.147391	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-0.496633	0.447066

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 70°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	11.3695	0.180517	X
1	6	11.4733	0.180517	X
2	6	11.7259	0.180517	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-0.252583	0.670725
1 - 3		0.1038	0.670725
2 - 3		0.356383	0.670725

* indica una diferencia significativa.

Tabla U.3: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 80°C

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	1.82488	1	1.82488	17.12	0.0010
B:BLOQUE	2.92308	2	1.46154	13.71	0.0005
RESIDUOS	1.49239	14	0.106599		
TOTAL (CORREGIDO)	6.24034	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 80°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	14.006	0.108832	X
2	9	14.6428	0.108832	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.636811	0.330108

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos la capacidad de absorción de agua a 80°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	13.8499	0.133291	X
2	6	14.2883	0.133291	X
1	6	14.835	0.133291	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.546667	0.495255
1 - 3	*	0.985117	0.495255
2 - 3		0.43845	0.495255

* indica una diferencia significativa.

Tabla U.4: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 90°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	80.1965	1	80.1965	265.48	0.0000
B:BLOQUE	11.5158	2	5.75789	19.06	0.0001
RESIDUOS	4.22916	14	0.302083		
TOTAL (CORREGIDO)	95.9414	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 90°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	16.628	0.183207	X
1	9	20.8495	0.183207	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	4.22154	0.555702

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 90°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	17.8406	0.224382	X
2	6	18.5923	0.224382	X
1	6	19.7833	0.224382	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.191	0.83371
1 - 3	*	1.94275	0.83371
2 - 3		0.75175	0.83371

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 23: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

Tabla V.1: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 60°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9.44419	5	1.88884	34.60	0.0000
Intra grupos	0.655079	12	0.0545899		
Total (Corr.)	10.0993	17			

Pruebas de Múltiple Rangos la capacidad de absorción de agua a 60°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	9.0708	X
TON	3	10.11	X
PCJ	3	10.2503	X
PON	3	10.54	XX
PPL	3	11.1674	XX
TCJ	3	11.2164	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.2897	0.640868
PCJ - PPL	*	-0.917133	0.640868
PCJ - TCJ	*	-0.966133	0.640868
PCJ - TON		0.1403	0.640868
PCJ - TPL	*	1.1795	0.640868
PON - PPL		-0.627433	0.640868
PON - TCJ	*	-0.676433	0.640868
PON - TON		0.43	0.640868
PON - TPL	*	1.4692	0.640868
PPL - TCJ		-0.049	0.640868
PPL - TON	*	1.05743	0.640868
PPL - TPL	*	2.09663	0.640868
TCJ - TON	*	1.10643	0.640868
TCJ - TPL	*	2.14563	0.640868
TON - TPL	*	1.0392	0.640868

* indica una diferencia significativa.

Tabla V.2: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 70°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.33801	5	0.667602	8.78	0.0011
Intra grupos	0.912298	12	0.0760248		
Total (Corr.)	4.25031	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 70°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PCJ	3	10.6715	X
PON	3	11.43	X
TON	3	11.5167	X
PPL	3	11.7223	X
TPL	3	11.7295	X
TCJ	3	12.0676	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-0.7585	0.756294
PCJ - PPL	*	-1.05083	0.756294
PCJ - TCJ	*	-1.39607	0.756294
PCJ - TON	*	-0.845167	0.756294
PCJ - TPL	*	-1.058	0.756294
PON - PPL		-0.292333	0.756294
PON - TCJ		-0.637567	0.756294
PON - TON		-0.0866667	0.756294
PON - TPL		-0.2995	0.756294
PPL - TCJ		-0.345233	0.756294
PPL - TON		0.205667	0.756294
PPL - TPL		-0.00716667	0.756294
TCJ - TON		0.5509	0.756294
TCJ - TPL		0.338067	0.756294
TON - TPL		-0.212833	0.756294

* indica una diferencia significativa.

Tabla V.3: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 80°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.25106	5	1.05021	12.74	0.0002
Intra grupos	0.989281	12	0.0824401		
Total (Corr.)	6.24034	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 80°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PCJ	3	13.354	X
PPL	3	14.194	X
TCJ	3	14.3457	X
TPL	3	14.3827	X
PON	3	14.47	XX
TON	3	15.2	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-1.11597	0.787557
PCJ - PPL	*	-0.839933	0.787557
PCJ - TCJ	*	-0.9917	0.787557
PCJ - TON	*	-1.84597	0.787557
PCJ - TPL	*	-1.02867	0.787557
PON - PPL		0.276033	0.787557
PON - TCJ		0.124267	0.787557
PON - TON		-0.73	0.787557
PON - TPL		0.0873	0.787557
PPL - TCJ		-0.151767	0.787557
PPL - TON	*	-1.00603	0.787557
PPL - TPL		-0.188733	0.787557
TCJ - TON	*	-0.854267	0.787557
TCJ - TPL		-0.0369667	0.787557
TON - TPL	*	0.8173	0.787557

* indica una diferencia significativa.

Tabla V.4: ANVA para la capacidad de absorción de agua a 90°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	94.0299	5	18.806	118.06	0.0000
Intra grupos	1.91151	12	0.159293		
Total (Corr.)	95.9414	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la capacidad de absorción de agua a 90°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	3	16.0173	X
TPL	3	16.7	XX
TON	3	17.1667	X
PCJ	3	19.6639	X
PPL	3	20.4847	X
PON	3	22.4	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-2.7361	1.09474
PCJ - PPL		-0.820767	1.09474
PCJ - TCJ	*	3.64663	1.09474
PCJ - TON	*	2.49723	1.09474
PCJ - TPL	*	2.9639	1.09474
PON - PPL	*	1.91533	1.09474
PON - TCJ	*	6.38273	1.09474
PON - TON	*	5.23333	1.09474
PON - TPL	*	5.7	1.09474
PPL - TCJ	*	4.4674	1.09474
PPL - TON	*	3.318	1.09474
PPL - TPL	*	3.78467	1.09474
TCJ - TON	*	-1.1494	1.09474
TCJ - TPL		-0.682733	1.09474
TON - TPL		0.466667	1.09474

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 24: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA SOLUBILIDAD

Tabla W.1: ANVA para la solubilidad a 60°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	3.41158	1	3.41158	65.47	0.0000
B:BLOQUE	0.867953	2	0.433977	8.33	0.0041
RESIDUOS	0.729559	14	0.0521114		
TOTAL (CORREGIDO)	5.00909	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 60°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	1.19239	0.0760931	X
2	9	2.06309	0.0760931	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.870706	0.230805

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 60°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	1.37333	0.0931946	X
2	6	1.60071	0.0931946	XX
3	6	1.90918	0.0931946	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.22738	0.346273
1 - 3	*	-0.535842	0.346273
2 - 3		-0.308462	0.346273

* indica una diferencia significativa.

Tabla W.2: ANVA para la solubilidad a 70°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	11.5552	1	11.5552	349.23	0.0000
B:BLOQUE	0.946627	2	0.473313	14.30	0.0004
RESIDUOS	0.463233	14	0.033088		
TOTAL (CORREGIDO)	12.965	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 70°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	1.12647	0.0606337	X
2	9	2.72892	0.0606337	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.60244	0.183914

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 70°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	1.60641	0.0742608	X
2	6	2.05001	0.0742608	X
1	6	2.12667	0.0742608	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.0766617	0.275923
1 - 3	*	0.520253	0.275923
2 - 3	*	0.443591	0.275923

* indica una diferencia significativa.

Tabla W.3: ANVA para la solubilidad a 80°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	3.55545	1	3.55545	329.97	0.0000
B:BLOQUE	0.399948	2	0.199974	18.56	0.0001
RESIDUOS	0.150851	14	0.0107751		
TOTAL (CORREGIDO)	4.10625	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 80°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	1.38254	0.034601	X
2	9	2.27141	0.034601	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.888876	0.104952

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 80°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	1.61792	0.0423774	X
3	6	1.908	0.0423774	X
1	6	1.955	0.0423774	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.337077	0.157457
1 - 3		0.047	0.157457
2 - 3	*	-0.290077	0.157457

* indica una diferencia significativa.

Tabla W.4: ANVA para la solubilidad a 90°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	3.31281	1	3.31281	6.01	0.0280
B:BLOQUE	15.4155	2	7.70775	13.98	0.0005
RESIDUOS	7.71779	14	0.551271		
TOTAL (CORREGIDO)	26.4461	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 90°C por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	3.02834	0.247492	X
2	9	3.88635	0.247492	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.858009	0.750691

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 90°C por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	2.16623	0.303115	X
3	6	3.91748	0.303115	X
1	6	4.28833	0.303115	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	2.12211	1.12625
1 - 3		0.370852	1.12625
2 - 3	*	-1.75125	1.12625

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 25: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA SOLUBILIDAD

Tabla X.1: ANVA para la solubilidad a 60°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4.5534	5	0.91068	23.98	0.0000
Intra grupos	0.455689	12	0.037974		
Total (Corr.)	5.00909	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 60°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PON	3	1.06667	X
PPL	3	1.20301	XX
PCJ	3	1.30749	XX
TON	3	1.68	XX
TPL	3	1.99842	XX
TCJ	3	2.51086	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ – PON		0.24082	0.53451
PCJ – PPL		0.104477	0.53451
PCJ – TCJ	*	-1.20338	0.53451
PCJ – TON		-0.372513	0.53451
PCJ – TPL	*	-0.69093	0.53451
PON – PPL		-0.136343	0.53451
PON – TCJ	*	-1.4442	0.53451
PON – TON	*	-0.613333	0.53451
PON – TPL	*	-0.93175	0.53451
PPL – TCJ	*	-1.30785	0.53451
PPL – TON		-0.47699	0.53451
PPL – TPL	*	-0.795407	0.53451
TCJ – TON	*	0.830863	0.53451
TCJ – TPL		0.512447	0.53451
TON – TPL		-0.318417	0.53451

* indica una diferencia significativa.

Tabla X.2: ANVA para la solubilidad a 70°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	12.7251	5	2.54503	127.31	0.0000
Intra grupos	0.239895	12	0.0199913		
Total (Corr.)	12.965	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 70°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PCJ	3	0.942574	X
PON	3	1.19	X
PPL	3	1.24685	X
TCJ	3	2.27025	X
TPL	3	2.85316	X
TON	3	3.06333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.247426	0.387822
PCJ - PPL		-0.304276	0.387822
PCJ - TCJ	*	-1.32768	0.387822
PCJ - TON	*	-2.12076	0.387822
PCJ - TPL	*	-1.91059	0.387822
PON - PPL		-0.05685	0.387822
PON - TCJ	*	-1.08025	0.387822
PON - TON	*	-1.87333	0.387822
PON - TPL	*	-1.66316	0.387822
PPL - TCJ	*	-1.0234	0.387822
PPL - TON	*	-1.81648	0.387822
PPL - TPL	*	-1.60631	0.387822
TCJ - TON	*	-0.79308	0.387822
TCJ - TPL	*	-0.582907	0.387822
TON - TPL		0.210173	0.387822

* indica una diferencia significativa.

Tabla X.3: ANVA para la solubilidad a 80°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4.04978	5	0.809955	172.11	0.0000
Intra grupos	0.0564716	12	0.00470597		
Total (Corr.)	4.10625	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 80°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PPL	3	1.26556	X
PCJ	3	1.37871	XX
PON	3	1.50333	X
TPL	3	1.97028	X
TON	3	2.40667	X
TCJ	3	2.43729	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.12462	0.188164
PCJ - PPL		0.11315	0.188164
PCJ - TCJ	*	-1.05857	0.188164
PCJ - TON	*	-1.02795	0.188164
PCJ - TPL	*	-0.59157	0.188164
PON - PPL	*	0.23777	0.188164
PON - TCJ	*	-0.933953	0.188164
PON - TON	*	-0.903333	0.188164
PON - TPL	*	-0.46695	0.188164
PPL - TCJ	*	-1.17172	0.188164
PPL - TON	*	-1.1411	0.188164
PPL - TPL	*	-0.70472	0.188164
TCJ - TON		0.03062	0.188164
TCJ - TPL	*	0.467003	0.188164
TON - TPL	*	0.436383	0.188164

* indica una diferencia significativa.

Tabla X.4: ANVA para la solubilidad a 90°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	23.6345	5	4.7269	20.17	0.0000
Intra grupos	2.81158	12	0.234298		
Total (Corr.)	26.4461	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la solubilidad a 90°C por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PPL	3	1.83102	X
TPL	3	2.50144	X
PCJ	3	2.80735	XX
TON	3	4.13	XX
PON	3	4.44667	X
TCJ	3	5.02762	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-1.63932	1.32769
PCJ - PPL		0.97633	1.32769
PCJ - TCJ	*	-2.22027	1.32769
PCJ - TON		-1.32265	1.32769
PCJ - TPL		0.305907	1.32769
PON - PPL	*	2.61565	1.32769
PON - TCJ		-0.58095	1.32769

PON - TON		0.316667	1.32769
PON - TPL	*	1.94523	1.32769
PPL - TCJ	*	-3.1966	1.32769
PPL - TON	*	-2.29898	1.32769
PPL - TPL		-0.670423	1.32769
TCJ - TON		0.897617	1.32769
TCJ - TPL	*	2.52618	1.32769
TON - TPL	*	1.62856	1.32769

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 26: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA CLARIDAD DEL GEL

Tabla Y.1: ANVA para la claridad de las pastas a 0 h

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	18592.3	1	18592.3	3029.56	0.0000
B:BLOQUE	251.258	2	125.629	20.47	0.0001
RESIDUOS	85.9178	14	6.13698		
TOTAL (CORREGIDO)	18929.5	17			

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

Pruebas de Múltiple Rango para la claridad de las pastas a 0 h por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	17.8	0.825765	X
1	9	82.0778	0.825765	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	64.2778	2.5047

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 0 h por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	47.0833	1.01135	X
2	6	47.5167	1.01135	X
1	6	55.2167	1.01135	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	7.7	3.75776
1 - 3	*	8.13333	3.75776
2 - 3		0.433333	3.75776

* indica una diferencia significativa.

Tabla Y.2: ANVA para la claridad de las pastas a 24 h

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	84.9339	1	84.9339	19.20	0.0006
B:BLOQUE	64.87	2	32.435	7.33	0.0066
RESIDUOS	61.9211	14	4.42294		
TOTAL (CORREGIDO)	211.725	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 24 h por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	2.34444	0.701026	X
1	9	6.68889	0.701026	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	4.34444	2.12635

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 24 h por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	3.1	0.858578	X
2	6	3.25	0.858578	X
1	6	7.2	0.858578	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	3.95	3.19012
1 - 3	*	4.1	3.19012
2 - 3		0.15	3.19012

* indica una diferencia significativa.

Tabla Y.3: ANVA para la claridad de las pastas a 48 h

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	5.33556	1	5.33556	32.89	0.0001
B:BLOQUE	5.29333	2	2.64667	16.32	0.0002
RESIDUOS	2.27111	14	0.162222		
TOTAL (CORREGIDO)	12.9	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 48 h por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	1.98889	0.134256	X
1	9	3.07778	0.134256	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.08889	0.407225

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 48 h por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	2.13333	0.164429	X
3	6	2.16667	0.164429	X
1	6	3.3	0.164429	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.16667	0.610952
1 - 3	*	1.13333	0.610952
2 - 3		-0.0333333	0.610952

* indica una diferencia significativa.

Tabla Y.4: ANVA para la claridad de las pastas a 72 h

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.293889	1	0.293889	45.16	0.0000
B:BLOQUE	1.89778	2	0.948889	145.80	0.0000
RESIDUOS	0.0911111	14	0.00650794		
TOTAL (CORREGIDO)	2.28278	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 72 h por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	1.73333	0.0268906	X
1	9	1.98889	0.0268906	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.255556	0.0815644

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 72 h por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	1.58333	0.0329341	X
2	6	1.68333	0.0329341	X
1	6	2.31667	0.0329341	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.633333	0.12237
1 - 3	*	0.733333	0.12237
2 - 3		0.1	0.12237

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 27: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA CLARIDAD DEL GEL

Tabla Z.1: ANVA para la claridad de las pastas a 0 h

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	18919.7	5	3783.95	4642.88	0.0000
Intra grupos	9.78	12	0.815		
Total (Corr.)	18929.5	17			

Pruebas de Múltiple Rango para la claridad de las pastas a 0 h por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	15.5	X
TCJ	3	17.4	X
TON	3	20.5	X
PCJ	3	76.7667	X
PPL	3	79.5333	X
PON	3	89.9333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-13.1667	2.47623
PCJ - PPL	*	-2.76667	2.47623
PCJ - TCJ	*	59.3667	2.47623
PCJ - TON	*	56.2667	2.47623
PCJ - TPL	*	61.2667	2.47623
PON - PPL	*	10.4	2.47623
PON - TCJ	*	72.5333	2.47623
PON - TON	*	69.4333	2.47623
PON - TPL	*	74.4333	2.47623
PPL - TCJ	*	62.1333	2.47623
PPL - TON	*	59.0333	2.47623
PPL - TPL	*	64.0333	2.47623
TCJ - TON	*	-3.1	2.47623
TCJ - TPL		1.9	2.47623
TON - TPL	*	5.0	2.47623

* indica una diferencia significativa.

Tabla Z.2: ANVA para la claridad de las pastas a 24 h

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	210.685	5	42.137	486.20	0.0000
Intra grupos	1.04	12	0.0866667		
Total (Corr.)	211.725	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 24 h por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TCJ	3	2.06667	X
TON	3	2.43333	X
TPL	3	2.53333	X
PPL	3	3.96667	X
PCJ	3	4.13333	X
PON	3	11.96667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PCJ - PON	*	-7.83333	0.523723
PCJ - PPL		0.166667	0.523723
PCJ - TCJ	*	2.06667	0.523723
PCJ - TON	*	1.7	0.523723
PCJ - TPL	*	1.6	0.523723
PON - PPL	*	8.0	0.523723
PON - TCJ	*	9.9	0.523723
PON - TON	*	9.53333	0.523723
PON - TPL	*	9.43333	0.523723
PPL - TCJ	*	1.9	0.523723
PPL - TON	*	1.53333	0.523723
PPL - TPL	*	1.43333	0.523723
TCJ - TON		-0.366667	0.523723
TCJ - TPL		-0.466667	0.523723
TON - TPL		-0.1	0.523723

* indica una diferencia significativa.

Tabla Z.3: ANVA para la claridad de las pastas a 48 h

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.58	5	2.516	94.35	0.0000
Intra grupos	0.32	12	0.0266667		
Total (Corr.)	12.9	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 48 h por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TCJ	3	1.76667	X
TPL	3	1.9	XX
TON	3	2.3	XX
PPL	3	2.36667	X
PCJ	3	2.56667	X
PON	3	4.3	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-1.73333	0.447917
PCJ - PPL		0.2	0.447917
PCJ - TCJ	*	0.8	0.447917
PCJ - TON		0.266667	0.447917
PCJ - TPL	*	0.666667	0.447917
PON - PPL	*	1.93333	0.447917
PON - TCJ	*	2.53333	0.447917
PON - TON	*	2.0	0.447917
PON - TPL	*	2.4	0.447917
PPL - TCJ	*	0.6	0.447917
PPL - TON		0.0666667	0.447917
PPL - TPL	*	0.466667	0.447917
TCJ - TON	*	-0.533333	0.447917
TCJ - TPL		-0.133333	0.447917
TON - TPL		0.4	0.447917

* indica una diferencia significativa.

Tabla Z.4: ANVA para la claridad de las pastas a 72 h

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.20944	5	0.441889	72.31	0.0000
Intra grupos	0.0733333	12	0.00611111		
Total (Corr.)	2.28278	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la claridad de las pastas a 72 h por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	3	1.5	X
TPL	3	1.53333	X
PCJ	3	1.66667	XX
PPL	3	1.83333	X
TON	3	2.16667	X
PON	3	2.46667	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-0.8	0.214424
PCJ - PPL		-0.166667	0.214424
PCJ - TCJ		0.166667	0.214424
PCJ - TON	*	-0.5	0.214424
PCJ - TPL		0.133333	0.214424
PON - PPL	*	0.633333	0.214424
PON - TCJ	*	0.966667	0.214424
PON - TON	*	0.3	0.214424

PON - TPL	*	0.933333	0.214424
PPL - TCJ	*	0.333333	0.214424
PPL - TON	*	-0.333333	0.214424
PPL - TPL	*	0.3	0.214424
TCJ - TON	*	-0.666667	0.214424
TCJ - TPL		-0.0333333	0.214424
TON - TPL	*	0.633333	0.214424

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 28: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA SINÉRESIS EN REFRIGERACIÓN

Tabla AA.1: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	11.2338	1	11.2338	20.27	0.0005
B:BLOQUE	6.33434	2	3.16717	5.71	0.0153
RESIDUOS	7.75943	14	0.554245		
TOTAL (CORREGIDO)	25.3276	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 1 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	0.00888889	0.248159	X
2	9	1.58889	0.248159	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.58	0.752714

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 1 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	0.171667	0.303931	X
1	6	0.63	0.303931	XX
2	6	1.595	0.303931	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.965	1.12928
1 - 3		0.458333	1.12928
2 - 3	*	1.42333	1.12928

* indica una diferencia significativa.

Tabla AA.2: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 2

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	78.125	1	78.125	36.73	0.0000
B:BLOQUE	27.9547	2	13.9773	6.57	0.0097
RESIDUOS	29.7753	14	2.12681		
TOTAL (CORREGIDO)	135.855	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 2 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	0.0133333	0.486119	X
2	9	4.18	0.486119	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-4.16667	1.47449

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 2 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	0.348333	0.595372	X
1	6	2.77833	0.595372	X
2	6	3.16333	0.595372	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.385	2.21216
1 - 3	*	2.43	2.21216
2 - 3	*	2.815	2.21216

* indica una diferencia significativa.

Tabla AA.3: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 3

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	229.194	1	229.194	21.41	0.0004
B:BLOQUE	146.351	2	73.1753	6.83	0.0085
RESIDUOS	149.899	14	10.7071		
TOTAL (CORREGIDO)	525.443	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 3 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	9	0.0277778	1.09072	X
2	9	7.16444	1.09072	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-7.13667	3.30837

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 3 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	0.561667	1.33585	X
1	6	2.81333	1.33585	XX
2	6	7.41333	1.33585	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-4.6	4.96349
1 - 3		2.25167	4.96349
2 - 3	*	6.85167	4.96349

* indica una diferencia significativa.

Tabla AA.4: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 4

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	492.352	1	492.352	35.77	0.0000
B:BLOQUE	179.541	2	89.7706	6.52	0.0100
RESIDUOS	192.685	14	13.7632		
TOTAL (CORREGIDO)	864.578	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 4 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	0.0544444	1.23663	X
2	9	10.5144	1.23663	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-10.46	3.75093

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 4 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	1.105	1.51455	X
1	6	6.01	1.51455	XX
2	6	8.73833	1.51455	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-2.72833	5.62745
1 - 3		4.905	5.62745
2 - 3	*	7.63333	5.62745

* indica una diferencia significativa.

Tabla AA.5: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 7

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	1456.87	1	1456.87	92.12	0.0000
B:BLOQUE	218.706	2	109.353	6.91	0.0082
RESIDUOS	221.416	14	15.8154		
TOTAL (CORREGIDO)	1896.99	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 7 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	0.115556	1.32562	X
2	9	18.1086	1.32562	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-17.993	4.02086

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 7 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	6	4.79	1.62355	X
1	6	9.22	1.62355	XX
2	6	13.3262	1.62355	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-4.10622	6.03243
1 - 3		4.43	6.03243
2 - 3	*	8.53622	6.03243

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 29: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA SINÉRESIS EN REFRIGERACIÓN

Tabla AB.1: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	23.9231	5	4.78463	40.55	0.0000
Intra grupos	1.41575	12	0.117979		
Total (Corr.)	25.3389	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 1 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PON	3	0.00564594	X
PPL	3	0.0113233	X
PCJ	3	0.0127898	X
TCJ	3	0.327726	XX
TON	3	1.25462	X
TPL	3	3.18159	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0.00714382	0.942139
PCJ - PPL		0.00146643	0.942139
PCJ - TCJ		-0.314937	0.942139
PCJ - TON	*	-1.24183	0.942139
PCJ - TPL	*	-3.1688	0.942139
PON - PPL		-0.00567739	0.942139
PON - TCJ		-0.32208	0.942139
PON - TON	*	-1.24897	0.942139
PON - TPL	*	-3.17594	0.942139
PPL - TCJ		-0.316403	0.942139
PPL - TON	*	-1.24329	0.942139
PPL - TPL	*	-3.17026	0.942139
TCJ - TON		-0.92689	0.942139
TCJ - TPL	*	-2.85386	0.942139
TON - TPL	*	-1.92697	0.942139

* indica una diferencia significativa.

Tabla AB.2: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 2

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	134.049	5	26.8098	166.43	0.0000
Intra grupos	1.9331	12	0.161092		
Total (Corr.)	135.982	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 2 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PCJ	3	0.0113651	X
PON	3	0.0115951	X
PPL	3	0.0148904	X
TCJ	3	0.691209	X
TON	3	5.54565	X
TPL	3	6.31359	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PCJ - PON		-0.000230027	1.1009
PCJ - PPL		-0.00352532	1.1009
PCJ - TCJ		-0.679844	1.1009
PCJ - TON	*	-5.53428	1.1009
PCJ - TPL	*	-6.30222	1.1009
PON - PPL		-0.00329529	1.1009
PON - TCJ		-0.679614	1.1009
PON - TON	*	-5.53405	1.1009
PON - TPL	*	-6.30199	1.1009
PPL - TCJ		-0.676319	1.1009
PPL - TON	*	-5.53076	1.1009
PPL - TPL	*	-6.2987	1.1009
TCJ - TON	*	-4.85444	1.1009
TCJ - TPL	*	-5.62238	1.1009
TON - TPL		-0.767937	1.1009

* indica una diferencia significativa.

Tabla AB.3: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 3

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	522.332	5	104.466	367.49	0.0000
Intra grupos	3.4112	12	0.284267		
Total (Corr.)	525.743	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 3 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PCJ	3	0.0178068	X
PPL	3	0.0179784	X
PON	3	0.0461879	X
TCJ	3	1.10612	X
TON	3	5.58361	X
TPL	3	14.81	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.0283811	1.46243
PCJ - PPL		-0.000171597	1.46243
PCJ - TCJ		-1.08831	1.46243
PCJ - TON	*	-5.5658	1.46243
PCJ - TPL	*	-14.7922	1.46243
PON - PPL		0.0282095	1.46243
PON - TCJ		-1.05993	1.46243
PON - TON	*	-5.53742	1.46243
PON - TPL	*	-14.7638	1.46243
PPL - TCJ		-1.08814	1.46243
PPL - TON	*	-5.56563	1.46243
PPL - TPL	*	-14.792	1.46243
TCJ - TON	*	-4.47749	1.46243
TCJ - TPL	*	-13.7039	1.46243
TON - TPL	*	-9.22639	1.46243

* indica una diferencia significativa.

Tabla AB.4: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 4

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	852.35	5	170.47	164.90	0.0000
Intra grupos	12.4051	12	1.03376		
Total (Corr.)	864.755	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 4 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PPL	3	0.0312974	X
PCJ	3	0.0531262	X
PON	3	0.0793082	X
TCJ	3	2.15773	X
TON	3	11.9402	X
TPL	3	17.4494	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.026182	2.78884
PCJ - PPL		0.0218288	2.78884
PCJ - TCJ		-2.1046	2.78884
PCJ - TON	*	-11.887	2.78884
PCJ - TPL	*	-17.3963	2.78884
PON - PPL		0.0480108	2.78884
PON - TCJ		-2.07842	2.78884

PON - TON	*	-11.8608	2.78884
PON - TPL	*	-17.3701	2.78884
PPL - TCJ		-2.12643	2.78884
PPL - TON	*	-11.9089	2.78884
PPL - TPL	*	-17.4181	2.78884
TCJ - TON	*	-9.78243	2.78884
TCJ - TPL	*	-15.2917	2.78884
TON - TPL	*	-5.50925	2.78884

* indica una diferencia significativa.

Tabla AB.5: ANVA para la sinéresis en refrigeración del día 7

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1892.54	5	378.509	999.90	0.0000
Intra grupos	4.54256	12	0.378547		
Total (Corr.)	1897.09	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en refrigeración del día 7 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PON	3	0.0971321	X
PCJ	3	0.104521	X
PPL	3	0.142028	X
TCJ	3	9.47026	X
TON	3	18.3423	X
TPL	3	26.5091	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0.00738913	1.68761
PCJ - PPL		-0.0375068	1.68761
PCJ - TCJ	*	-9.36574	1.68761
PCJ - TON	*	-18.2377	1.68761
PCJ - TPL	*	-26.4046	1.68761
PON - PPL		-0.0448959	1.68761
PON - TCJ	*	-9.37312	1.68761
PON - TON	*	-18.2451	1.68761
PON - TPL	*	-26.412	1.68761
PPL - TCJ	*	-9.32823	1.68761
PPL - TON	*	-18.2002	1.68761
PPL - TPL	*	-26.3671	1.68761
TCJ - TON	*	-8.87201	1.68761
TCJ - TPL	*	-17.0388	1.68761
TON - TPL	*	-8.16683	1.68761

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 30: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LA SINÉRESIS EN CONGELACIÓN

Tabla AC.1: ANVA para la sinéresis en congelación del día 1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	863.563	1	863.563	30.19	0.0001
B:BLOQUE	205.502	2	102.751	3.59	0.0550
RESIDUOS	400.433	14	28.6024		
TOTAL (CORREGIDO)	1469.5	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 1 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	29.4016	1.78271	X
1	9	43.2545	1.78271	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	13.8529	5.40729

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 1 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	31.9834	2.18336	X
2	6	36.7777	2.18336	XX
3	6	40.2231	2.18336	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-4.79438	8.11246
1 - 3	*	-8.23978	8.11246
2 - 3		-3.4454	8.11246

* indica una diferencia significativa.

Tabla AC.2: ANVA para la sinéresis en congelación del día 2

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	701.204	1	701.204	25.94	0.0002

B:BLOQUE	332.287	2	166.144	6.15	0.0121
RESIDUOS	378.509	14	27.0363		
TOTAL (CORREGIDO)	1412.0	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 2 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	33.8038	1.73322	X
1	9	46.2867	1.73322	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	12.4829	5.25718

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 2 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	34.1089	2.12275	X
2	6	41.8907	2.12275	XX
3	6	44.1362	2.12275	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-7.78178	7.88725
1 - 3	*	-10.0272	7.88725
2 - 3		-2.24545	7.88725

* indica una diferencia significativa.

Tabla AC.3: ANVA para la sinéresis en congelación del día 3

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	751.838	1	751.838	40.00	0.0000
B:BLOQUE	486.723	2	243.361	12.95	0.0007
RESIDUOS	263.129	14	18.795		
TOTAL (CORREGIDO)	1501.69	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 3 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	35.4629	1.44511	X
1	9	48.3887	1.44511	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	12.9258	4.38328

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 3 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	35.409	1.76988	X
2	6	42.2332	1.76988	X
3	6	48.1352	1.76988	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-6.82425	6.57616
1 - 3	*	-12.7262	6.57616
2 - 3		-5.902	6.57616

* indica una diferencia significativa.

Tabla AC.4: ANVA para la sinéresis en congelación del día 4

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	450.22	1	450.22	15.98	0.0013
B:BLOQUE	215.78	2	107.89	3.83	0.0471
RESIDUOS	394.351	14	28.1679		
TOTAL (CORREGIDO)	1060.35	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 4 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	37.8522	1.76912	X
1	9	47.8547	1.76912	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	10.0024	5.36607

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 4 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	38.5955	2.16671	X
2	6	42.8886	2.16671	XX
3	6	47.0762	2.16671	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-4.29312	8.05062
1 - 3	*	-8.48073	8.05062
2 - 3		-4.18762	8.05062

* indica una diferencia significativa.

Tabla AC.5: ANVA para la sinéresis en congelación del día 5

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	273.672	1	273.672	7.83	0.0142
B:BLOQUE	113.27	2	56.6352	1.62	0.2328
RESIDUOS	489.366	14	34.9547		
TOTAL (CORREGIDO)	876.308	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 5 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	40.9877	1.97075	X
1	9	48.7862	1.97075	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	7.79846	5.97767

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 5 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	42.4919	2.41367	X
2	6	43.818	2.41367	X
3	6	48.351	2.41367	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-1.32612	8.96819
1 - 3		-5.85908	8.96819
2 - 3		-4.53297	8.96819

* indica una diferencia significativa.

Tabla AC.6: ANVA para la sinéresis en congelación del día 6

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	245.836	1	245.836	5.71	0.0315
B:BLOQUE	99.9364	2	49.9682	1.16	0.3415
RESIDUOS	602.484	14	43.0346		
TOTAL (CORREGIDO)	948.257	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 6 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	42.1837	2.18669	X
1	9	49.5749	2.18669	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	7.39123	6.63266

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 6 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	44.0612	2.67814	X
2	6	44.37	2.67814	X
3	6	49.2068	2.67814	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-0.3088	9.95086
1 - 3		-5.14565	9.95086
2 - 3		-4.83685	9.95086

* indica una diferencia significativa.

Tabla AC.7: ANVA para la sinéresis en congelación del día 7

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	203.801	1	203.801	5.28	0.0375
B:BLOQUE	174.714	2	87.3572	2.26	0.1406
RESIDUOS	540.139	14	38.5813		
TOTAL (CORREGIDO)	918.654	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 7 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	43.1984	2.07046	X
1	9	49.9281	2.07046	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	6.72971	6.28011

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 7 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	44.3438	2.53579	X
1	6	44.3768	2.53579	X
3	6	50.9692	2.53579	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.0330333	9.42195
1 - 3		-6.5924	9.42195
2 - 3		-6.62543	9.42195

* indica una diferencia significativa.

Tabla AC.8: ANVA para la sinéresis en congelación del día 8

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	391.105	1	391.105	8.59	0.0110
B:BLOQUE	130.841	2	65.4203	1.44	0.2708
RESIDUOS	637.653	14	45.5467		
TOTAL (CORREGIDO)	1159.6	17			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 8 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	9	44.1904	2.24961	X
1	9	53.513	2.24961	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	9.32267	6.8235

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 8 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	45.3846	2.7552	X
2	6	49.2113	2.7552	X
3	6	51.9592	2.7552	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-3.82673	10.2372
1 - 3		-6.57462	10.2372
2 - 3		-2.74788	10.2372

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 31: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LA SINÉRESIS EN CONGELACIÓN

Tabla AD.1: ANVA para la sinéresis en congelación del día 1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1415.72	5	283.143	63.18	0.0000
Intra grupos	53.7806	12	4.48172		
Total (Corr.)	1469.5	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 1 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	25.2307	X
TON	3	30.9554	XX
TCJ	3	32.0188	X
PON	3	33.0113	X
PPL	3	48.3248	X
PCJ	3	48.4275	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	15.4162	5.80677
PCJ - PPL		0.102667	5.80677
PCJ - TCJ	*	16.4087	5.80677
PCJ - TON	*	17.4721	5.80677
PCJ - TPL	*	23.1968	5.80677
PON - PPL	*	-15.3135	5.80677
PON - TCJ		0.9925	5.80677
PON - TON		2.0559	5.80677
PON - TPL	*	7.78063	5.80677
PPL - TCJ	*	16.306	5.80677
PPL - TON	*	17.3694	5.80677
PPL - TPL	*	23.0941	5.80677
TCJ - TON		1.0634	5.80677
TCJ - TPL	*	6.78813	5.80677
TON - TPL		5.72473	5.80677

* indica una diferencia significativa.

Tabla AD.2: ANVA para la sinéresis en congelación del día 2

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1308.35	5	261.67	30.29	0.0000
Intra grupos	103.651	12	8.6376		
Total (Corr.)	1412.0	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 2 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TON	3	32.8169	X
TCJ	3	33.2911	X
TPL	3	35.3035	X
PON	3	35.401	X
PPL	3	48.4779	X
PCJ	3	54.9812	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PCJ - PON	*	19.5803	8.06138
PCJ - PPL		6.5033	8.06138
PCJ - TCJ	*	21.6902	8.06138
PCJ - TON	*	22.1644	8.06138
PCJ - TPL	*	19.6778	8.06138
PON - PPL	*	-13.077	8.06138
PON - TCJ		2.1099	8.06138
PON - TON		2.5841	8.06138
PON - TPL		0.0975	8.06138
PPL - TCJ	*	15.1869	8.06138
PPL - TON	*	15.6611	8.06138
PPL - TPL	*	13.1745	8.06138
TCJ - TON		0.4742	8.06138
TCJ - TPL		-2.0124	8.06138
TON - TPL		-2.4866	8.06138

* indica una diferencia significativa.

Tabla AD.3: ANVA para la sinéresis en congelación del día 3

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1460.88	5	292.177	85.92	0.0000
Intra grupos	40.8061	12	3.4005		
Total (Corr.)	1501.69	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 3 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TON	3	33.3761	X
TPL	3	35.5069	X
PON	3	37.4419	X
TCJ	3	37.5058	X

PPL	3	48.9596	X
PCJ	3	58.7646	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	21.3227	5.05807
PCJ - PPL	*	9.80503	5.05807
PCJ - TCJ	*	21.2588	5.05807
PCJ - TON	*	25.3885	5.05807
PCJ - TPL	*	23.2577	5.05807
PON - PPL	*	-11.5177	5.05807
PON - TCJ		-0.0639667	5.05807
PON - TON		4.0658	5.05807
PON - TPL		1.935	5.05807
PPL - TCJ	*	11.4537	5.05807
PPL - TON	*	15.5835	5.05807
PPL - TPL	*	13.4527	5.05807
TCJ - TON		4.12977	5.05807
TCJ - TPL		1.99897	5.05807
TON - TPL		-2.1308	5.05807

* indica una diferencia significativa.

Tabla AD.4: ANVA para la sinéresis en congelación del día 4

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	980.227	5	196.045	29.36	0.0000
Intra grupos	80.1239	12	6.67699		
Total (Corr.)	1060.35	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 4 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	36.6955	X
TCJ	3	37.6589	X
PON	3	37.9888	X
TON	3	39.2022	X
PPL	3	49.0817	X
PCJ	3	56.4935	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	18.5047	7.08767
PCJ - PPL	*	7.4118	7.08767
PCJ - TCJ	*	18.8346	7.08767
PCJ - TON	*	17.2913	7.08767
PCJ - TPL	*	19.798	7.08767
PON - PPL	*	-11.0929	7.08767

PON - TCJ		0.329833	7.08767
PON - TON		-1.21343	7.08767
PON - TPL		1.29327	7.08767
PPL - TCJ	*	11.4228	7.08767
PPL - TON	*	9.8795	7.08767
PPL - TPL	*	12.3862	7.08767
TCJ - TON		-1.54327	7.08767
TCJ - TPL		0.963433	7.08767
TON - TPL		2.5067	7.08767

* indica una diferencia significativa.

Tabla AD.5: ANVA para la sinéresis en congelación del día 5

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	832.007	5	166.401	45.07	0.0000
Intra grupos	44.3015	12	3.69179		
Total (Corr.)	876.308	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 5 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	38.7639	X
TCJ	3	39.0218	X
PON	3	39.8063	X
TON	3	45.1775	X
PPL	3	48.8721	X
PCJ	3	57.6801	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	17.8738	5.27025
PCJ - PPL	*	8.80797	5.27025
PCJ - TCJ	*	18.6583	5.27025
PCJ - TON	*	12.5026	5.27025
PCJ - TPL	*	18.9162	5.27025
PON - PPL	*	-9.06583	5.27025
PON - TCJ		0.784467	5.27025
PON - TON	*	-5.37117	5.27025
PON - TPL		1.04243	5.27025
PPL - TCJ	*	9.8503	5.27025
PPL - TON		3.69467	5.27025
PPL - TPL	*	10.1083	5.27025
TCJ - TON	*	-6.15563	5.27025
TCJ - TPL		0.257967	5.27025
TON - TPL	*	6.4136	5.27025

* indica una diferencia significativa.

Tabla AD.6: ANVA para la sinéresis en congelación del día 6

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	906.362	5	181.272	51.92	0.0000
Intra grupos	41.8949	12	3.49124		
Total (Corr.)	948.257	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 6 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	3	39.1868	X
TPL	3	39.7479	X
PON	3	40.5059	X
TON	3	47.6164	X
PPL	3	48.992	X
PCJ	3	59.2269	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	18.7209	5.1251
PCJ - PPL	*	10.2349	5.1251
PCJ - TCJ	*	20.0401	5.1251
PCJ - TON	*	11.6105	5.1251
PCJ - TPL	*	19.4789	5.1251
PON - PPL	*	-8.48607	5.1251
PON - TCJ		1.31917	5.1251
PON - TON	*	-7.11047	5.1251
PON - TPL		0.758	5.1251
PPL - TCJ	*	9.80523	5.1251
PPL - TON		1.3756	5.1251
PPL - TPL	*	9.24407	5.1251
TCJ - TON	*	-8.42963	5.1251
TCJ - TPL		-0.561167	5.1251
TON - TPL	*	7.86847	5.1251

* indica una diferencia significativa.

Tabla AD.7: ANVA para la sinéresis en congelación del día 7

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	886.741	5	177.348	66.69	0.0000
Intra grupos	31.9126	12	2.65938		
Total (Corr.)	918.654	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 7 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	39.7648	X
PON	3	40.7122	X
TCJ	3	41.7891	X
TON	3	48.0414	X
PPL	3	48.9228	X
PCJ	3	60.1493	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	19.4371	4.47304
PCJ - PPL	*	11.2266	4.47304
PCJ - TCJ	*	18.3603	4.47304
PCJ - TON	*	12.108	4.47304
PCJ - TPL	*	20.3846	4.47304
PON - PPL	*	-8.21053	4.47304
PON - TCJ		-1.07683	4.47304
PON - TON	*	-7.32913	4.47304
PON - TPL		0.947467	4.47304
PPL - TCJ	*	7.1337	4.47304
PPL - TON		0.8814	4.47304
PPL - TPL	*	9.158	4.47304
TCJ - TON	*	-6.2523	4.47304
TCJ - TPL		2.0243	4.47304
TON - TPL	*	8.2766	4.47304

* indica una diferencia significativa.

Tabla AD.8: ANVA para la sinéresis en congelación del día 8

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1138.59	5	227.717	130.04	0.0000
Intra grupos	21.0128	12	1.75106		
Total (Corr.)	1159.6	17			

Pruebas de Múltiple Rangos para la sinéresis en congelación del día 8 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	3	40.3253	X
PON	3	41.7691	X
TCJ	3	43.2457	X
TON	3	49.0001	X
PPL	3	58.0973	X
PCJ	3	60.6727	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	18.9036	3.62964
PCJ - PPL		2.57533	3.62964
PCJ - TCJ	*	17.4269	3.62964
PCJ - TON	*	11.6726	3.62964
PCJ - TPL	*	20.3474	3.62964
PON - PPL	*	-16.3282	3.62964
PON - TCJ		-1.47663	3.62964
PON - TON	*	-7.23097	3.62964
PON - TPL		1.4438	3.62964
PPL - TCJ	*	14.8516	3.62964
PPL - TON	*	9.09727	3.62964
PPL - TPL	*	17.772	3.62964
TCJ - TON	*	-5.75433	3.62964
TCJ - TPL		2.92043	3.62964
TON - TPL	*	8.67477	3.62964

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 32: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES TÉRMICAS

Tabla AE.1: ANVA para la temperatura inicial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.122008	1	0.122008	0.94	0.3616
B:BLOQUE	4.01585	2	2.00792	15.40	0.0018
RESIDUOS	1.04277	8	0.130346		
TOTAL (CORREGIDO)	5.18063	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura inicial por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	55.3717	0.147392	X
1	6	55.5733	0.147392	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.201667	0.480672

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura inicial por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	54.955	0.180517	X
3	4	55.1825	0.180517	X
2	4	56.28	0.180517	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.325	0.728224
1 - 3		-0.2275	0.728224
2 - 3	*	1.0975	0.728224

* indica una diferencia significativa.

Tabla AE.2: ANVA para la temperatura pico

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.0224251	1	0.0224251	0.13	0.7327
B:BLOQUE	7.01578	2	3.50789	19.57	0.0008
RESIDUOS	1.43371	8	0.179213		
TOTAL (CORREGIDO)	8.47191	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura pico por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	59.1257	0.172826	X
1	6	59.2122	0.172826	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.0864583	0.563619

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura pico por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	58.4123	0.211668	X
3	4	58.8782	0.211668	X
2	4	60.2163	0.211668	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.80398	0.85389
1 - 3		-0.465918	0.85389
2 - 3	*	1.33806	0.85389

* indica una diferencia significativa.

Tabla AE.3: ANVA para la temperatura final

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	1.56963	1	1.56963	8.51	0.0194
B:BLOQUE	8.56595	2	4.28297	23.22	0.0005
RESIDUOS	1.47582	8	0.184477		
TOTAL (CORREGIDO)	11.6114	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura final por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	65.1483	0.175346	X
1	6	65.8717	0.175346	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.723333	0.571836

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura final por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	64.6675	0.214754	X
3	4	65.1975	0.214754	X
2	4	66.665	0.214754	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.9975	0.866339
1 - 3		-0.53	0.866339
2 - 3	*	1.4675	0.866339

* indica una diferencia significativa.

Tabla AE.4: ANVA para la entalpía de gelatinización

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	1.29578	1	1.29578	17.98	0.0028
B:BLOQUE	0.355526	2	0.177763	2.47	0.1464
RESIDUOS	0.576437	8	0.0720546		
TOTAL (CORREGIDO)	2.22774	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la entalpía de gelatinización por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	16.1036	0.109586	X
1	6	16.7609	0.109586	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.657212	0.357381

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la entalpía de gelatinización por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	16.2143	0.134215	X
1	4	16.4473	0.134215	X
2	4	16.6351	0.134215	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.187794	0.541436
1 - 3		0.233016	0.541436
2 - 3		0.42081	0.541436

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 33: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPIEDADES TÉRMICAS

Tabla AF.1: ANVA para la temperatura inicial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.12398	5	1.0248	108.54	0.0000
Intra grupos	0.05665	6	0.00944167		
Total (Corr.)	5.18063	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura inicial por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	54.685	X
PON	2	54.93	X
TON	2	54.98	X
PCJ	2	55.68	X
PPL	2	56.11	X
TPL	2	56.45	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	0.75	0.386721
PCJ - PPL	*	-0.43	0.386721
PCJ - TCJ	*	0.995	0.386721
PCJ - TON	*	0.7	0.386721
PCJ - TPL	*	-0.77	0.386721
PON - PPL	*	-1.18	0.386721
PON - TCJ		0.245	0.386721
PON - TON		-0.05	0.386721
PON - TPL	*	-1.52	0.386721
PPL - TCJ	*	1.425	0.386721
PPL - TON	*	1.13	0.386721
PPL - TPL		-0.34	0.386721
TCJ - TON		-0.295	0.386721
TCJ - TPL	*	-1.765	0.386721
TON - TPL	*	-1.47	0.386721

* indica una diferencia significativa.

Tabla AF.2: ANVA para la temperatura pico

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	8.45008	5	1.69002	464.36	0.0000
Intra grupos	0.0218365	6	0.00363941		
Total (Corr.)	8.47191	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura pico por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PON	2	58.1306	X
TCJ	2	58.3606	X
TON	2	58.694	X
PCJ	2	59.3958	X
PPL	2	60.11	X
TPL	2	60.3226	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	1.26521	0.240099
PCJ - PPL	*	-0.71415	0.240099
PCJ - TCJ	*	1.03526	0.240099
PCJ - TON	*	0.701885	0.240099
PCJ - TPL	*	-0.92671	0.240099
PON - PPL	*	-1.97937	0.240099
PON - TCJ		-0.22995	0.240099
PON - TON	*	-0.56333	0.240099
PON - TPL	*	-2.19192	0.240099
PPL - TCJ	*	1.74941	0.240099
PPL - TON	*	1.41603	0.240099
PPL - TPL		-0.21256	0.240099
TCJ - TON	*	-0.33338	0.240099
TCJ - TPL	*	-1.96197	0.240099
TON - TPL	*	-1.62859	0.240099

* indica una diferencia significativa.

Tabla AF.3: ANVA para la temperatura final

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	11.4464	5	2.28928	83.25	0.0000
Intra grupos	0.165	6	0.0275		
Total (Corr.)	11.6114	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para la temperatura final por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	64.4	X
PON	2	64.665	X
TON	2	64.67	X
PCJ	2	65.995	X
TPL	2	66.375	XX
PPL	2	66.955	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	1.33	0.659994
PCJ - PPL	*	-0.96	0.659994
PCJ - TCJ	*	1.595	0.659994
PCJ - TON	*	1.325	0.659994
PCJ - TPL		-0.38	0.659994
PON - PPL	*	-2.29	0.659994
PON - TCJ		0.265	0.659994
PON - TON		-0.005	0.659994
PON - TPL	*	-1.71	0.659994
PPL - TCJ	*	2.555	0.659994
PPL - TON	*	2.285	0.659994
PPL - TPL		0.58	0.659994
TCJ - TON		-0.27	0.659994
TCJ - TPL	*	-1.975	0.659994
TON - TPL	*	-1.705	0.659994

* indica una diferencia significativa.

Tabla AF.4: ANVA para la entalpía de gelatinización

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.99991	5	0.399983	10.53	0.0062
Intra grupos	0.22783	6	0.0379717		
Total (Corr.)	2.22774	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para la entalpía de gelatinización por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	15.6965	X
TON	2	16.084	XX
TPL	2	16.5305	X
PCJ	2	16.7321	X
PPL	2	16.7398	X
PON	2	16.8107	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.0785664	0.77554
PCJ - PPL		-0.00767396	0.77554
PCJ - TCJ	*	1.0356	0.77554
PCJ - TON		0.648136	0.77554
PCJ - TPL		0.201656	0.77554
PON - PPL		0.0708924	0.77554
PON - TCJ	*	1.11417	0.77554
PON - TON		0.726703	0.77554
PON - TPL		0.280222	0.77554
PPL - TCJ	*	1.04328	0.77554
PPL - TON		0.65581	0.77554
PPL - TPL		0.20933	0.77554
TCJ - TON		-0.387466	0.77554
TCJ - TPL	*	-0.833946	0.77554
TON - TPL		-0.44648	0.77554

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 34: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES DE FORMACIÓN DE PASTA)

Tabla AG.1: ANVA para viscosidad inicial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	263.203	1	263.203	60.24	0.0001
B:BLOQUE	28.2317	2	14.1158	3.23	0.0936
RESIDUOS	34.9517	8	4.36896		
TOTAL (CORREGIDO)	326.387	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad inicial por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	32.55	0.853323	X
2	6	41.9167	0.853323	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-9.36667	2.78285

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad inicial por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	35.075	1.0451	X
2	4	38.125	1.0451	X
1	4	38.5	1.0451	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.375	4.21605
1 - 3		3.425	4.21605
2 - 3		3.05	4.21605

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.2: ANVA para temperatura de pastificación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	1.43521	1	1.43521	7.07	0.0289
B:BLOQUE	3.42572	2	1.71286	8.44	0.0107
RESIDUOS	1.62397	8	0.202996		
TOTAL (CORREGIDO)	6.48489	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para temperatura de pastificación por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	54.5833	0.183937	X
2	6	55.275	0.183937	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.691667	0.599852

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para temperatura de pastificación para bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	54.3725	0.225275	X
3	4	54.765	0.225275	XX
2	4	55.65	0.225275	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-1.2775	0.908783
1 - 3		-0.3925	0.908783
2 - 3		0.885	0.908783

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.3: ANVA para viscosidad máxima

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	3.47142E7	1	3.47142E7	4044.58	0.0000
B:BLOQUE	204993.	2	102497.	11.94	0.0040

RESIDUOS	68663.1	8	8582.89		
TOTAL (CORREGIDO)	3.49878E7	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad máxima por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	6	2384.97	37.8217	X
1	6	5786.65	37.8217	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/-
<i>e</i>		<i>a</i>	Límites
1 - 2	*	3401.68	123.344

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad máxima por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	4	3905.32	46.3219	X
1	4	4141.51	46.3219	X
2	4	4210.59	46.3219	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/-
<i>e</i>		<i>a</i>	Límites
1 - 2		-69.08	186.867
1 - 3	*	236.187	186.867
2 - 3	*	305.268	186.867

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.4: ANVA para temperatura pico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	692.588	1	692.588	50.46	0.0001
B:BLOQUE	319.376	2	159.688	11.63	0.0043
RESIDUOS	109.811	8	13.7264		
TOTAL (CORREGIDO)	1121.78	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para temperatura pico por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	61.537	1.51253	X
2	6	76.7312	1.51253	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-15.1942	4.93263

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para temperatura pico por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	4	61.9808	1.85246	X
3	4	71.468	1.85246	X
2	4	73.9535	1.85246	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-11.9728	7.473
1 - 3	*	-9.48725	7.473
2 - 3		2.4855	7.473

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.5: ANVA para tiempo pico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	19.1752	1	19.1752	50.46	0.0001
B:BLOQUE	8.90666	2	4.45333	11.72	0.0042
RESIDUOS	3.04026	8	0.380032		
TOTAL (CORREGIDO)	31.1221	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para tiempo pico por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	5.76542	0.251672	X
2	6	8.2936	0.251672	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-2.52819	0.82075

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para tiempo pico por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	5.8352	0.308234	X
3	4	7.41798	0.308234	X
2	4	7.83535	0.308234	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-2.00015	1.24345
1 - 3	*	-1.58278	1.24345
2 - 3		0.417368	1.24345

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.6: ANVA para estabilidad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	3.19781E7	1	3.19781E7	1742.45	0.0000
B:BLOQUE	169424.	2	84711.8	4.62	0.0465
RESIDUOS	146819.	8	18352.3		
TOTAL (CORREGIDO)	3.22944E7	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para estabilidad por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	1578.43	55.3057	X
1	6	4843.3	55.3057	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	3264.87	180.362

* indica una diferencia significativa

Pruebas de Múltiple Rangos para estabilidad por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	3064.03	67.7354	X
2	4	3213.53	67.7354	XX
1	4	3355.04	67.7354	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		141.511	273.251
1 - 3	*	291.016	273.251
2 - 3		149.505	273.251

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.7: ANVA para viscosidad de caída

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	56147.4	1	56147.4	17.08	0.0033
B:BLOQUE	95489.1	2	47744.5	14.53	0.0022
RESIDUOS	26293.1	8	3286.64		
TOTAL (CORREGIDO)	177930.	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad de caída por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	806.538	23.4046	X
1	6	943.343	23.4046	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	136.806	76.3267

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad de caída por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	786.467	28.6646	X

3	4	841.296	28.6646	X
2	4	997.058	28.6646	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-210.591	115.636
1 - 3		-54.8288	115.636
2 - 3	*	155.763	115.636

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.8: ANVA para retrogradación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	137689.	1	137689.	19.58	0.0022
B:BLOQUE	18871.3	2	9435.67	1.34	0.3144
RESIDUOS	56248.0	8	7031.0		
TOTAL (CORREGIDO)	212808.	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para retrogradación por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	681.173	34.232	X
1	6	895.407	34.232	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	214.234	111.637

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Retrogradación por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	735.782	41.9255	X
2	4	797.482	41.9255	X
1	4	831.606	41.9255	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/-</i> <i>Límites</i>
1 - 2		34.1237	169.132
1 - 3		95.8238	169.132
2 - 3		61.7	169.132

* indica una diferencia significativa.

Tabla AG.9: ANVA para viscosidad final

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	369687.	1	369687.	39.03	0.0002
B:BLOQUE	106815.	2	53407.5	5.64	0.0297
RESIDUOS	75780.1	8	9472.52		
TOTAL (CORREGIDO)	552282.	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad final por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	1487.71	39.7335	X
1	6	1838.75	39.7335	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/-</i> <i>Límites</i>
1 - 2	*	351.04	129.579

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad final por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	1577.08	48.6634	X
1	4	1618.07	48.6634	XX
2	4	1794.54	48.6634	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/-</i> <i>Límites</i>
1 - 2		-176.467	196.313
1 - 3		40.995	196.313
2 - 3	*	217.463	196.313

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 35: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES DE FORMACIÓN DE PASTA)

Tabla AH.1: ANVA para viscosidad inicial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	306.767	5	61.3533	18.76	0.0013
Intra grupos	19.62	6	3.27		
Total (Corr.)	326.387	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad inicial por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PCJ	2	30.9	X
PON	2	32.25	XX
PPL	2	34.5	XX
TCJ	2	39.25	XX
TPL	2	41.75	X
TON	2	44.75	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-1.35	7.19694
PCJ - PPL		-3.6	7.19694
PCJ - TCJ	*	-8.35	7.19694
PCJ - TON	*	-13.85	7.19694
PCJ - TPL	*	-10.85	7.19694
PON - PPL		-2.25	7.19694
PON - TCJ		-7.0	7.19694
PON - TON	*	-12.5	7.19694
PON - TPL	*	-9.5	7.19694
PPL - TCJ		-4.75	7.19694
PPL - TON	*	-10.25	7.19694
PPL - TPL	*	-7.25	7.19694
TCJ - TON		-5.5	7.19694
TCJ - TPL		-2.5	7.19694
TON - TPL		3.0	7.19694

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.2: ANVA para temperatura de pastificación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6.14564	5	1.22913	21.74	0.0009
Intra grupos	0.33925	6	0.0565417		
Total (Corr.)	6.48489	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para temperatura de pastificación por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PON	2	53.76	X
TCJ	2	54.65	XX
PCJ	2	54.88	X
TON	2	54.985	X
PPL	2	55.11	X
TPL	2	56.19	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	1.12	0.946364
PCJ - PPL		-0.23	0.946364
PCJ - TCJ		0.23	0.946364
PCJ - TON		-0.105	0.946364
PCJ - TPL	*	-1.31	0.946364
PON - PPL	*	-1.35	0.946364
PON - TCJ		-0.89	0.946364
PON - TON	*	-1.225	0.946364
PON - TPL	*	-2.43	0.946364
PPL - TCJ		0.46	0.946364
PPL - TON		0.125	0.946364
PPL - TPL	*	-1.08	0.946364
TCJ - TON		-0.335	0.946364
TCJ - TPL	*	-1.54	0.946364
TON - TPL	*	-1.205	0.946364

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.3: ANVA para viscosidad máxima

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.49755E7	5	6.9951E6	3397.33	0.0000
Intra grupos	12354.0	6	2059.0		
Total (Corr.)	3.49878E7	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad máxima por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TCJ	2	2255.8	X
TON	2	2343.86	X
TPL	2	2555.26	X
PCJ	2	5554.85	X
PPL	2	5865.92	X
PON	2	5939.17	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PCJ - PON	*	-384.315	180.593
PCJ - PPL	*	-311.07	180.593
PCJ - TCJ	*	3299.06	180.593
PCJ - TON	*	3211.0	180.593
PCJ - TPL	*	2999.59	180.593
PON - PPL		73.245	180.593
PON - TCJ	*	3683.37	180.593
PON - TON	*	3595.31	180.593
PON - TPL	*	3383.9	180.593
PPL - TCJ	*	3610.13	180.593
PPL - TON	*	3522.07	180.593
PPL - TPL	*	3310.66	180.593
TCJ - TON		-88.06	180.593
TCJ - TPL	*	-299.465	180.593
TON - TPL	*	-211.405	180.593

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.4: ANVA para temperatura pico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1118.61	5	223.722	423.97	0.0000
Intra grupos	3.16609	6	0.527681		
Total (Corr.)	1121.78	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para temperatura pico por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PON	2	58.2305	X
PPL	2	62.939	X
PCJ	2	63.4415	X
TON	2	65.731	X
TCJ	2	79.4945	X
TPL	2	84.968	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	5.211	2.89108
PCJ - PPL		0.5025	2.89108
PCJ - TCJ	*	-16.053	2.89108
PCJ - TON		-2.2895	2.89108
PCJ - TPL	*	-21.5265	2.89108
PON - PPL	*	-4.7085	2.89108
PON - TCJ	*	-21.264	2.89108
PON - TON	*	-7.5005	2.89108
PON - TPL	*	-26.7375	2.89108
PPL - TCJ	*	-16.5555	2.89108
PPL - TON		-2.792	2.89108
PPL - TPL	*	-22.029	2.89108
TCJ - TON	*	13.7635	2.89108
TCJ - TPL	*	-5.4735	2.89108
TON - TPL	*	-19.237	2.89108

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.5: ANVA para tiempo pico

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	31.0326	5	6.20651	415.73	0.0000
Intra grupos	0.089575	6	0.0149292		
Total (Corr.)	31.1221	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para tiempo pico por proceso tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PON	2	5.2102	X
PPL	2	6.0017	X

PCJ	2	6.08435	X
TON	2	6.4602	X
TCJ	2	8.75162	X
TPL	2	9.669	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	0.87415	0.486286
PCJ - PPL		0.08265	0.486286
PCJ - TCJ	*	-2.66727	0.486286
PCJ - TON		-0.37585	0.486286
PCJ - TPL	*	-3.58465	0.486286
PON - PPL	*	-0.7915	0.486286
PON - TCJ	*	-3.54142	0.486286
PON - TON	*	-1.25	0.486286
PON - TPL	*	-4.4588	0.486286
PPL - TCJ	*	-2.74992	0.486286
PPL - TON		-0.4585	0.486286
PPL - TPL	*	-3.6673	0.486286
TCJ - TON	*	2.29142	0.486286
TCJ - TPL	*	-0.917385	0.486286
TON - TPL	*	-3.2088	0.486286

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.6: ANVA para estabilidad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.22769E7	5	6.45539E6	2221.97	0.0000
Intra grupos	17431.5	6	2905.25		
Total (Corr.)	3.22944E7	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para estabilidad por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	1547.67	X
TON	2	1586.67	X
TPL	2	1600.96	X
PCJ	2	4580.39	X
PPL	2	4826.1	X
PON	2	5123.41	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-543.028	214.519
PCJ - PPL	*	-245.719	214.519
PCJ - TCJ	*	3032.72	214.519
PCJ - TON	*	2993.71	214.519
PCJ - TPL	*	2979.43	214.519
PON - PPL	*	297.31	214.519
PON - TCJ	*	3575.75	214.519
PON - TON	*	3536.74	214.519
PON - TPL	*	3522.46	214.519
PPL - TCJ	*	3278.44	214.519
PPL - TON	*	3239.43	214.519
PPL - TPL	*	3225.15	214.519
TCJ - TON		-39.004	214.519
TCJ - TPL		-53.291	214.519
TON - TPL		-14.287	214.519

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.7: ANVA para viscosidad de caída

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	177167.	5	35433.4	278.75	0.0000
Intra grupos	762.7	6	127.117		
Total (Corr.)	177930.	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad de caída por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	708.128	X
TON	2	757.184	X
PON	2	815.75	X
TPL	2	954.302	X
PCJ	2	974.464	X
PPL	2	1039.82	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	158.713	44.872
PCJ - PPL	*	-65.351	44.872
PCJ - TCJ	*	266.336	44.872
PCJ - TON	*	217.28	44.872
PCJ - TPL		20.1625	44.872

PON - PPL	*	-224.065	44.872
PON - TCJ	*	107.623	44.872
PON - TON	*	58.567	44.872
PON - TPL	*	-138.551	44.872
PPL - TCJ	*	331.688	44.872
PPL - TON	*	282.631	44.872
PPL - TPL	*	85.5135	44.872
TCJ - TON	*	-49.056	44.872
TCJ - TPL	*	-246.174	44.872
TON - TPL	*	-197.118	44.872

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.8: ANVA para retrogradación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	203972.	5	40794.4	27.70	0.0004
Intra grupos	8836.29	6	1472.71		
Total (Corr.)	212808.	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para retrogradación por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	632.733	X
TON	2	645.552	X
TPL	2	765.234	XX
PPL	2	829.73	X
PCJ	2	838.831	X
PON	2	1017.66	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	-178.829	152.733
PCJ - PPL		9.101	152.733
PCJ - TCJ	*	206.098	152.733
PCJ - TON	*	193.279	152.733
PCJ - TPL		73.5975	152.733
PON - PPL	*	187.929	152.733
PON - TCJ	*	384.927	152.733
PON - TON	*	372.108	152.733
PON - TPL	*	252.426	152.733
PPL - TCJ	*	196.997	152.733
PPL - TON	*	184.178	152.733
PPL - TPL		64.4965	152.733

TCJ - TON		-12.819	152.733
TCJ - TPL		-132.501	152.733
TON - TPL		-119.682	152.733

* indica una diferencia significativa.

Tabla AH.9: ANVA para viscosidad final

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	537994.	5	107599.	45.18	0.0001
Intra grupos	14288.6	6	2381.43		
Total (Corr.)	552282.	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para viscosidad final por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TCJ	2	1340.86	X
TON	2	1402.74	X
TPL	2	1719.53	X
PCJ	2	1813.3	X
PON	2	1833.41	X
PPL	2	1869.55	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PCJ - PON		-20.115	194.22
PCJ - PPL		-56.25	194.22
PCJ - TCJ	*	472.435	194.22
PCJ - TON	*	410.56	194.22
PCJ - TPL		93.76	194.22
PON - PPL		-36.135	194.22
PON - TCJ	*	492.55	194.22
PON - TON	*	430.675	194.22
PON - TPL		113.875	194.22
PPL - TCJ	*	528.685	194.22
PPL - TON	*	466.81	194.22
PPL - TPL		150.01	194.22
TCJ - TON		-61.875	194.22
TCJ - TPL	*	-378.675	194.22
TON - TPL	*	-316.8	194.22

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 36: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (COMPORTAMIENTO DE FLUJO)

Tabla AI.1: ANVA para el esfuerzo inicial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	6.11817	1	6.11817	16.03	0.0039
B:BLOQUE	11.4956	2	5.74782	15.06	0.0019
RESIDUOS	3.05364	8	0.381705		
TOTAL (CORREGIDO)	20.6674	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el esfuerzo inicial por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	2.41662	0.252225	X
1	6	3.84469	0.252225	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.42807	0.822554

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el esfuerzo inicial por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	4	1.80979	0.308911	X
1	4	3.43268	0.308911	X
3	4	4.14948	0.308911	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	1.62289	1.24618
1 - 3		-0.7168	1.24618
2 - 3	*	-2.33969	1.24618

* indica una diferencia significativa.

Tabla AI.2: ANVA para el índice de consistencia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	163.853	1	163.853	90.30	0.0000
B:BLOQUE	1.46202	2	0.731012	0.40	0.6812
RESIDUOS	14.5157	8	1.81446		
TOTAL (CORREGIDO)	179.831	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de consistencia por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	7.92227	0.549919	X
1	6	15.3127	0.549919	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	7.39038	1.79339

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de consistencia por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	11.2589	0.67351	X
2	4	11.5029	0.67351	X
1	4	12.0906	0.67351	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.587615	2.71701
1 - 3		0.831665	2.71701
2 - 3		0.24405	2.71701

* indica una diferencia significativa.

Tabla AI.3: ANVA para el índice de flujo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.00238448	1	0.00238448	4.98	0.0561
B:BLOQUE	0.00114178	2	0.000570889	1.19	0.3521
RESIDUOS	0.00382934	8	0.000478668		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0073556	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de flujo por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	0.474845	0.00893185	X
1	6	0.503038	0.00893185	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.0281927	0.0291285

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de flujo por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	0.481542	0.0109392	X
2	4	0.482558	0.0109392	X
3	4	0.502723	0.0109392	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0010155	0.04413
1 - 3		-0.0211813	0.04413
2 - 3		-0.0201657	0.04413

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 37: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (COMPORTAMIENTO DE FLUJO)

Tabla AJ.1: ANVA para el esfuerzo inicial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	19.6071	5	3.92142	22.19	0.0008
Intra grupos	1.06035	6	0.176725		
Total (Corr.)	20.6674	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el esfuerzo inicial por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TPL	2	1.4009	X
PPL	2	2.21868	XX
TCJ	2	2.8594	XX
TON	2	2.98954	XX
PON	2	3.87582	XX
PCJ	2	5.43956	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		1.56374	1.6731
PCJ - PPL	*	3.22088	1.6731
PCJ - TCJ	*	2.58016	1.6731
PCJ - TON	*	2.45002	1.6731
PCJ - TPL	*	4.03866	1.6731
PON - PPL		1.65714	1.6731
PON - TCJ		1.01642	1.6731
PON - TON		0.886285	1.6731
PON - TPL	*	2.47492	1.6731
PPL - TCJ		-0.640725	1.6731
PPL - TON		-0.77086	1.6731
PPL - TPL		0.817775	1.6731
TCJ - TON		-0.130135	1.6731
TCJ - TPL		1.4585	1.6731
TON - TPL		1.58864	1.6731

* indica una diferencia significativa.

Tabla AJ.2: ANVA para el índice de consistencia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	169.147	5	33.8294	19.00	0.0013
Intra grupos	10.6836	6	1.7806		
Total (Corr.)	179.831	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de consistencia por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	6.85548	X
TON	2	8.42881	X
TPL	2	8.48253	X
PPL	2	14.5234	X
PCJ	2	15.6623	X
PON	2	15.7523	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.09	5.31077
PCJ - PPL		1.13895	5.31077
PCJ - TCJ	*	8.80682	5.31077
PCJ - TON	*	7.23349	5.31077
PCJ - TPL	*	7.17977	5.31077
PON - PPL		1.22895	5.31077
PON - TCJ	*	8.89682	5.31077
PON - TON	*	7.32349	5.31077
PON - TPL	*	7.26977	5.31077
PPL - TCJ	*	7.66787	5.31077
PPL - TON	*	6.09454	5.31077
PPL - TPL	*	6.04082	5.31077
TCJ - TON		-1.57333	5.31077
TCJ - TPL		-1.62705	5.31077
TON - TPL		-0.05372	5.31077

* indica una diferencia significativa.

Tabla AJ.3: ANVA para el índice de flujo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00597147	5	0.00119429	5.18	0.0348
Intra grupos	0.00138413	6	0.000230688		
Total (Corr.)	0.0073556	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de flujo por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TON	2	0.461295	X
TCJ	2	0.475051	XX
PPL	2	0.476927	XX
TPL	2	0.488189	XX
PON	2	0.50179	XX
PCJ	2	0.530396	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0.0286065	0.0604486
PCJ - PPL		0.053469	0.0604486
PCJ - TCJ		0.055345	0.0604486
PCJ - TON	*	0.069101	0.0604486
PCJ - TPL		0.0422075	0.0604486
PON - PPL		0.0248625	0.0604486
PON - TCJ		0.0267385	0.0604486
PON - TON		0.0404945	0.0604486
PON - TPL		0.013601	0.0604486
PPL - TCJ		0.001876	0.0604486
PPL - TON		0.015632	0.0604486
PPL - TPL		-0.0112615	0.0604486
TCJ - TON		0.013756	0.0604486
TCJ - TPL		-0.0131375	0.0604486
TON - TPL		-0.0268935	0.0604486

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 38: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS)

Tabla AK.1: ANVA para el intercepto (G')

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	172.521	1	172.521	58.48	0.0001
B:BLOQUE	33.826	2	16.913	5.73	0.0285
RESIDUOS	23.6021	8	2.95026		
TOTAL (CORREGIDO)	229.949	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el intercepto (G') por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	7.46333	0.701221	X
2	6	15.0467	0.701221	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-7.58333	2.28681

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el intercepto (G') por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	9.5	0.858817	X
2	4	10.7475	0.858817	XX
1	4	13.5175	0.858817	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		2.77	3.46455
1 - 3	*	4.0175	3.46455
2 - 3		1.2475	3.46455

* indica una diferencia significativa.

Tabla AK.2: ANVA para la pendiente (G')

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.0120333	1	0.0120333	24.58	0.0011
B:BLOQUE	0.00035	2	0.000175	0.36	0.7101
RESIDUOS	0.00391667	8	0.000489583		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0163	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la pendiente (G') por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	0.253333	0.00903312	X
1	6	0.316667	0.00903312	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.0633333	0.0294587

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la pendiente (G') por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	0.28	0.0110633	X
2	4	0.2825	0.0110633	X
3	4	0.2925	0.0110633	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0025	0.0446303
1 - 3		-0.0125	0.0446303
2 - 3		-0.01	0.0446303

* indica una diferencia significativa.

Tabla AK.3: ANVA para el intercepto (G'')

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	12.02	1	12.02	27.97	0.0007
B:BLOQUE	4.67122	2	2.33561	5.43	0.0323

RESIDUOS	3.43827	8	0.429783		
TOTAL (CORREGIDO)	20.1295	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el intercepto (G'') por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

PROCESO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	4.90333	0.267639	X
2	6	6.905	0.267639	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-2.00167	0.872821

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el intercepto (G'') por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

BLOQUE	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	4	5.19	0.327789	X
2	4	5.8125	0.327789	XX
1	4	6.71	0.327789	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		0.8975	1.32233
1 - 3	*	1.52	1.32233
2 - 3		0.6225	1.32233

* indica una diferencia significativa.

Tabla AK.4: ANVA para la pendiente (G'')

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.00653333	1	0.00653333	28.77	0.0007
B:BLOQUE	0.00181667	2	0.000908333	4.00	0.0625
RESIDUOS	0.00181667	8	0.000227083		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0101667	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para la pendiente (G'') por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	0.325	0.00615201	X
1	6	0.371667	0.00615201	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.0466667	0.0200629

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para la pendiente (G'') por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	0.3325	0.00753464	X
2	4	0.35	0.00753464	X
3	4	0.3625	0.00753464	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0175	0.0303955
1 - 3		-0.03	0.0303955
2 - 3		-0.0125	0.0303955

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 39: ANVA SIMPLE Y LSD PARA LAS PROPEIDADES REOLÓGICAS DE LOS GELES (PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS)

Tabla AL.1: ANVA para el intercepto (G')

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	227.705	5	45.5409	121.76	0.0000
Intra grupos	2.2442	6	0.374033		
Total (Corr.)	229.949	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el intercepto (G') por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PPL	2	5.785	X
PCJ	2	7.575	XX
PON	2	9.03	XX
TCJ	2	11.425	X
TPL	2	15.71	X
TON	2	18.005	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-1.455	2.43405
PCJ - PPL		1.79	2.43405
PCJ - TCJ	*	-3.85	2.43405
PCJ - TON	*	-10.43	2.43405
PCJ - TPL	*	-8.135	2.43405
PON - PPL	*	3.245	2.43405
PON - TCJ		-2.395	2.43405
PON - TON	*	-8.975	2.43405
PON - TPL	*	-6.68	2.43405
PPL - TCJ	*	-5.64	2.43405
PPL - TON	*	-12.22	2.43405
PPL - TPL	*	-9.925	2.43405
TCJ - TON	*	-6.58	2.43405
TCJ - TPL	*	-4.285	2.43405
TON - TPL		2.295	2.43405

* indica una diferencia significativa.

Tabla AL.2: ANVA para la pendiente (G')

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0132	5	0.00264	5.11	0.0359
Intra grupos	0.0031	6	0.000516667		
Total (Corr.)	0.0163	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para la pendiente (G') por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TCJ	2	0.25	X
TON	2	0.25	X
TPL	2	0.26	X
PPL	2	0.305	X
PON	2	0.31	X
PCJ	2	0.335	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0.025	0.0904647
PCJ - PPL		0.03	0.0904647
PCJ - TCJ		0.085	0.0904647
PCJ - TON		0.085	0.0904647
PCJ - TPL		0.075	0.0904647
PON - PPL		0.005	0.0904647
PON - TCJ		0.06	0.0904647
PON - TON		0.06	0.0904647
PON - TPL		0.05	0.0904647
PPL - TCJ		0.055	0.0904647
PPL - TON		0.055	0.0904647
PPL - TPL		0.045	0.0904647
TCJ - TON		0	0.0904647
TCJ - TPL		-0.01	0.0904647
TON - TPL		-0.01	0.0904647

* indica una diferencia significativa.

Tabla AL.3: ANVA para el intercepto (G'')

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	19.7883	5	3.95767	69.61	0.0000
Intra grupos	0.34115	6	0.0568583		
Total (Corr.)	20.1295	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el intercepto (G'') por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PPL	2	4.245	X
PCJ	2	4.855	XX
TCJ	2	5.525	X
PON	2	5.61	X
TPL	2	7.38	X
TON	2	7.81	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		-0.755	0.94901
PCJ - PPL		0.61	0.94901
PCJ - TCJ		-0.67	0.94901
PCJ - TON	*	-2.955	0.94901
PCJ - TPL	*	-2.525	0.94901
PON - PPL	*	1.365	0.94901
PON - TCJ		0.085	0.94901
PON - TON	*	-2.2	0.94901
PON - TPL	*	-1.77	0.94901
PPL - TCJ	*	-1.28	0.94901
PPL - TON	*	-3.565	0.94901
PPL - TPL	*	-3.135	0.94901
TCJ - TON	*	-2.285	0.94901
TCJ - TPL	*	-1.855	0.94901
TON - TPL		0.43	0.94901

* indica una diferencia significativa.

Tabla AL.4: ANVA para la pendiente (G'')

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00996667	5	0.00199333	59.80	0.0000
Intra grupos	0.0002	6	0.0000333333		
Total (Corr.)	0.0101667	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para la pendiente (G'') por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TON	2	0.305	X
TPL	2	0.315	X
TCJ	2	0.355	X
PON	2	0.36	X
PCJ	2	0.37	XX
PPL	2	0.385	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON		0.01	0.0229781
PCJ - PPL		-0.015	0.0229781
PCJ - TCJ		0.015	0.0229781
PCJ - TON	*	0.065	0.0229781
PCJ - TPL	*	0.055	0.0229781
PON - PPL	*	-0.025	0.0229781
PON - TCJ		0.005	0.0229781
PON - TON	*	0.055	0.0229781
PON - TPL	*	0.045	0.0229781
PPL - TCJ	*	0.03	0.0229781
PPL - TON	*	0.08	0.0229781
PPL - TPL	*	0.07	0.0229781
TCJ - TON	*	0.05	0.0229781
TCJ - TPL	*	0.04	0.0229781
TON - TPL		-0.01	0.0229781

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 40: ANVA Y LSD PARA DISEÑO EXPERIMENTAL (UN FACTOR CATEGÓRICO) PARA RATIOS DE ORDEN MOLECULAR DE CORTO ALCANCE (FTIR-ATR)

Tabla AM.1: ANVA para el ratio 1045/1022

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.0042488	1	0.0042488	53.07	0.0001
B:BLOQUE	0.0066187	2	0.00330935	41.33	0.0001
RESIDUOS	0.000640512	8	0.000080064		
TOTAL (CORREGIDO)	0.011508	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1045/1022 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	1.0779	0.00365294	X
1	6	1.11553	0.00365294	X
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	
1 - 2	*	0.0376333	0.0119129	

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1045/1022 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	1.06548	0.00447392	X
2	4	1.10258	0.00447392	X
3	4	1.1221	0.00447392	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.0371	0.0180483
1 - 3	*	-0.056625	0.0180483
2 - 3	*	-0.019525	0.0180483

* indica una diferencia significativa.

Tabla AM.2: ANVA para el ratio 1047/1015

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.0113283	1	0.0113283	58.70	0.0001
B:BLOQUE	0.0144976	2	0.0072488	37.56	0.0001
RESIDUOS	0.00154386	8	0.000192983		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0273698	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1047/1015 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	1.11018	0.00567131	X
1	6	1.17163	0.00567131	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.06145	0.0184952

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1047/1015 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	4	1.09475	0.00694591	X
2	4	1.14935	0.00694591	X
3	4	1.17863	0.00694591	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0.0546	0.0280205
1 - 3	*	-0.083875	0.0280205
2 - 3	*	-0.029275	0.0280205

* indica una diferencia significativa.

Tabla AM.3: ANVA para el ratio 1047/1022

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PROCESO	0.00519584	1	0.00519584	6.52	0.0340
B:BLOQUE	0.00216774	2	0.00108387	1.36	0.3101
RESIDUOS	0.00637482	8	0.000796852		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0137384	11			

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

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1047/1022 por proceso

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>PROCESO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	6	1.08427	0.0115243	X
1	6	1.12588	0.0115243	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.0416167	0.0375828

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1047/1022 por bloque

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>BLOQUE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	4	1.0899	0.0141143	X
1	4	1.10275	0.0141143	X
3	4	1.12257	0.0141143	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia a</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.01285	0.0569384
1 - 3		-0.019825	0.0569384
2 - 3		-0.032675	0.0569384

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 41: ANVA SIMPLE Y LSD PARA RATIOS DE ORDEN MOLECULAR DE CORTO ALCANCE (FTIR-ATR)

Tabla AN.1: ANVA para el ratio 1045/1022

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0108805	5	0.00217611	20.81	0.0010
Intra grupos	0.00062748	6	0.00010458		
Total (Corr.)	0.011508	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1045/1022 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TON	2	1.04535	X
TPL	2	1.085	XX
PON	2	1.0856	XX
TCJ	2	1.10335	XX
PPL	2	1.12015	XX
PCJ	2	1.14085	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	0.05525	0.0407004
PCJ - PPL		0.0207	0.0407004
PCJ - TCJ		0.0375	0.0407004
PCJ - TON	*	0.0955	0.0407004
PCJ - TPL	*	0.05585	0.0407004
PON - PPL		-0.03455	0.0407004
PON - TCJ		-0.01775	0.0407004
PON - TON		0.04025	0.0407004
PON - TPL		0.0006	0.0407004
PPL - TCJ		0.0168	0.0407004
PPL - TON	*	0.0748	0.0407004
PPL - TPL		0.03515	0.0407004
TCJ - TON	*	0.058	0.0407004
TCJ - TPL		0.01835	0.0407004
TON - TPL		-0.03965	0.0407004

* indica una diferencia significativa.

Tabla AN.2: ANVA para el ratio 1047/1015

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0258675	5	0.0051735	20.66	0.0010
Intra grupos	0.00150227	6	0.000250379		
Total (Corr.)	0.0273698	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1047/1015 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TON	2	1.0637	X
TPL	2	1.12105	XX
PON	2	1.1258	XX
TCJ	2	1.1458	X
PPL	2	1.17765	XX
PCJ	2	1.21145	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	0.08565	0.0629757
PCJ - PPL		0.0338	0.0629757
PCJ - TCJ	*	0.06565	0.0629757
PCJ - TON	*	0.14775	0.0629757
PCJ - TPL	*	0.0904	0.0629757
PON - PPL		-0.05185	0.0629757
PON - TCJ		-0.02	0.0629757
PON - TON		0.0621	0.0629757
PON - TPL		0.00475	0.0629757
PPL - TCJ		0.03185	0.0629757
PPL - TON	*	0.11395	0.0629757
PPL - TPL		0.0566	0.0629757
TCJ - TON	*	0.0821	0.0629757
TCJ - TPL		0.02475	0.0629757
TON - TPL		-0.05735	0.0629757

* indica una diferencia significativa.

Tabla AN.3: ANVA para el ratio 1047/1022

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.012986	5	0.00259721	20.71	0.0010
Intra grupos	0.000752365	6	0.000125394		
Total (Corr.)	0.0137384	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para el ratio 1047/1022 por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TON	2	1.04885	X
TPL	2	1.092	XX
PON	2	1.09355	X
TCJ	2	1.11195	XX
PPL	2	1.13095	XX
PCJ	2	1.15315	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PCJ - PON	*	0.0596	0.0445669
PCJ - PPL		0.0222	0.0445669
PCJ - TCJ		0.0412	0.0445669
PCJ - TON	*	0.1043	0.0445669
PCJ - TPL	*	0.06115	0.0445669
PON - PPL		-0.0374	0.0445669
PON - TCJ		-0.0184	0.0445669
PON - TON	*	0.0447	0.0445669
PON - TPL		0.00155	0.0445669
PPL - TCJ		0.019	0.0445669
PPL - TON	*	0.0821	0.0445669
PPL - TPL		0.03895	0.0445669
TCJ - TON	*	0.0631	0.0445669
TCJ - TPL		0.01995	0.0445669
TON - TPL		-0.04315	0.0445669

* indica una diferencia significativa.