UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Influencia de la temperatura y concentración de sólidos solubles en el comportamiento reológico de la pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*)

Tesis para optar el título de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

JOSÉ DANIEL DÍAZ SHUÑA

SUSSY REÁTEGUI PAREDES

ASESOR

ING. CALEB LEANDRO LAGUNA

YARINACOCHA – UCAYALI

PERÚ - 2016

Dedicatoria

A Dios, que ilumina nuestras vidas en todo momento, por ser nuestra fortaleza e inteligencia para seguir adelante y nunca decaer, por darnos una maravillosa familia y cruzar en nuestros caminos a personas que jamás olvidaremos.

A nuestros hermanos por su, apoyo, cariño y por compartir momentos inolvidables.

Con mucho cariño para nuestras Madres, gracias por todo, por sus sacrificio, por darnos una carrera para nuestro futuro, por creer en nosotros y brindárnos todo su amor.

A todos nuestros buenos amigos por sus apoyo incondicional en toda nuestra vida universitaria.

A los docentes que nos inculcaron en la búsqueda del saber científico con carácter humanista, forjando en nosotros ese deseo de superación, instrumentos que nos permiten afrontar este mundo competitivo.

Daniel y Sussy.

AGRADECIMIENTOS

Luego de muchos obstáculos propios de la consolidadción profesional y contentos de arribar en la presentación del informe de nuestro trabajo de investigación, no queremos dejar de mencionar el agradecimiento a todos aquellos que nos ayudaron a lograr esta meta.

Agradecer a Dios por darnos la sabiduría y el entendimiento necesario para culminar con éxito un logro más de nuestra vida.

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por brindarnos lo mejor para nuestra formación como profesional.

A nuestras familias por el cariño, amor y la paciencia en la ejecución de nuestro proyecto de tesis y en este informe final.

A nuestro Asesor de tesis Ing. Caleb Leandro Laguna, por su apoyo y sus consejos en las coordinaciones durante la elaboración y ejecución del presente proyecto de tesis, como también en la realización del informe final.

Al Ing. Jaime Eduardo Basilio Atencio, Co Asesor del pesente trabajo; docente de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias – Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su apoyo durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

Daniel y Sussy.

Índice General

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS …….……..	vi
ÍNDICE DE FIGURAS ……..……..……..…	vii
INTRODUCCIÓN ……..……..……..	viii
RESUMEN ……...……..….....	8
ABSTRACT ……..……..…	9
I. INTRODUCCIÓN ……	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA ……...……..	12
2.1. Antecedentes ……	12
2.2. Bases teóricas ……...	15
2.2.1. Cocona …….....	15
a. Aspectos botánicos ……...	15
b. Composición química y valor nutritivo de los frutos ……	17
c. Potencial agroindustrial ……..….	18
d. Usos ……	19
2.2.2. Flujo de proceso para la obtención de la pulpa ……	19
2.2.3. Reología ……..	21
2.2.4. Importancia de la reología ……	24
2.2.5. Factores que influyen en el comportamiento reológico ……	24
2.3. Definición de términos básicos ..……..	26
III. MÉTODOS……	28
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio ……..……	28
3.1.1. Ubicación ……	28
3.1.2. Descripción del área de estudio ……	28
3.2. Identificación y descripción del material experimental ……	28
3.2.1. Materiales ……...	28
3.2.1. Reactivos y equipos ……...……...	28
3.3. Variables ……..	29
3.3.1. Variable independiente ……	29
3.3.2. Variable dependiente ……	29
3.4. Población y muestra ……	29
3.4.1. Población ……	29
3.4.2. Muestra ……	29
3.5. Tratamientos ……...	29
3.6. Recolección de datos ……	29
3.6.1. Fuentes de información ……..……..	29
a. Determinación de las características biométricas y fisicoquímicas ..	29
b. Obtención de la pulpa de cocona ……...	31
c. Determinación de los parámetros reológicos K y n ……	32
d. Evaluación del efecto de la temperatura y concentración de sólidos solubles en los parámetros reológicos K y n ……	32
e. Determinación de la energía de activación ……...	32
3.6.2 Unidad experimental y unidad de medición ……..	33
3.6.3. Tipo de muestreo ……...	33
3.6.4. Técnicas para la recolección de datos ……..	33
3.7. Procesamiento de los datos …….....	34
3.7.1. Diseño experimental para evaluar el efecto de la concentración y temperatura en el comportamiento reológico …….	34
3.7.2. Técnicas para el procesamiento de los datos ……..……	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ……..……	35

4.1. Características biométricas de la fruta de cocona ……..... 35
4.2. Características fisicoquímicas de la pulpa de cocona …… 35
4.3. Determinación de los parámetros reológicos de la pulpa de cocona …….. 36
4.4. Influencia de la concentración de sólidos solubles y temperatura en los parámetros reológicos de la pulpa de cocona ..……. 38
4.5. Determinación de la energía de activación al flujo ……..……. 48
V. CONCLUSIONES…… 51
VI. RECOMENDACIONES ……..…….…….. 52
VII. BIBLIOGRAFÍA …….. 53
VIII. ANEXOS …….. 58

Índice de Cuadros

		Pág.
Cuadro 1.	Valor nutricional en 100 g de pulpa fresca de cocona	18
Cuadro 2.	Características biométricas del fruto de cocona ……..	35
Cuadro 3.	Características físicas y químicas de la pulpa de cocona ……...	36
Cuadro 4:	Parámetros reológicos: Índice de consistencia (K) e índice de flujo (n) de la pulpa de cocona por cada tratamiento …….	37
Cuadro 5.	Análisis de varianza para el índice de consistencia (K) de la pulpa de cocona …...	38
Cuadro 6.	Análisis de varianza para el índice de flujo (n) de la pulpa de cocona ……	39
Cuadro 7.	Prueba de comparación múltiple de Tukey para el índice de consistencia e índice de flujo, por concentración para la pulpa de cocona ……	40
Cuadro 8.	Prueba de comparación múltiple de Tukey para el índice de consistencia e índice de flujo, por temperatura para la pulpa de cocona ……	40
Cuadro 9.	Energía de activación de la pulpa de cocona, según la concentración de sólidos solubles ……	48
Cuadro 10.	Valores del índice de flujo para la pulpa de cocona y coeficiente de regresión lineal para la pulpa de cocona, según la concentración ……...	51
Cuadro 11.	Valores de las características biométricas del fruto de cocona ……	59
Cuadro 12.	Valores de las características físicas y químicas del fruto de cocona ……..	60
Cuadro 13.	Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 10°Brix ……	61
Cuadro 14.	Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 15°Brix ……	62
Cuadro 15.	Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 20°Brix ……..	63
Cuadro 16.	Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 25°Brix ……	64
Cuadro 17.	Valores obtenidos durante la segunda evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 10°Brix ……	65
Cuadro 18.	Valores obtenidos durante la seguna evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 15°Brix ……..	66
Cuadro 19.	Valores obtenidos durante la segunda evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 20°Brix ……...	67
Cuadro 20.	Valores obtenidos durante la segunda evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 25°Brix ……..	68
Cuadro 21.	Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 10°Brix ……..	69
Cuadro 22.	Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 15°Brix ……..	70
Cuadro 23.	Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 20°Brix ……..	71
Cuadro 24.	Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 25°Brix ……..	72
Cuadro 25.	Valores del índice de consistencia (K) e índice de flujo (n) para la pulpa de cocona, calculados aplicando el modelo de Ostwald ……	73
Cuadro 26.	Cálculo de la energía de activación según el modelo de Arrhenius ……	74

Índice de Figuras

		Pág.
Figura 1.	Forma de los frutos de cocona …….……...	17
Figura 2.	Flujo de proceso para la obtención de pulpa de cocona …….……	20
Figura 3.	Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de cocona	31
Figura 4.	Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (10°Brix) a diferentes temperaturas …….……	41
Figura 5.	Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (15°Brix) a diferentes temperaturas ……..……	41
Figura 6.	Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (20°Brix) a diferentes temperaturas ….....……..	42
Figura 7.	Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (25°Brix) a diferentes temperaturas … ……...……	42
Figura 8.	Reograma evaluado a 30°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones	43
Figura 9.	Reograma evaluado a 40°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones	43
Figura 10.	Reograma evaluado a 50°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones	44
Figura 11.	Reograma evaluado a 60°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones	45
Figura 12.	Reograma de la pulpa de cocona (10°Brix), evaluado a diferentes temperaturas	46
Figura 13.	Reograma de la pulpa de cocona (15°Brix), evaluado a diferentes temperaturas	46
Figura 14.	Reograma de la pulpa de cocona (20°Brix), evaluado a diferentes temperaturas	47
Figura 15.	Reograma de la pulpa de cocona (25°Brix), evaluado a diferentes temperaturas	47
Figura 16.	Efecto de la temperatura en el índice de consistencia de la pulpa de cocona …	49
Figura 17.	Efecto de la temperatura en el índice de flujo de la pulpa de cocona …….……	50
Figura 18.	Valores promedio del índice de consistencia (K) de la pulpa de cocona por cada concentración (°Brix) ……..	74
Figura 19.	Valores promedio del índice de consistencia (K) por cada temperatura ……..….	74
Figura 20.	Valores promedio del índice de flujo (n) por cada concentración (°Brix) ……	75
Figura 21.	Valores promedios del índice de flujo (n) por cada temperatura ..	75
Figura 22.	Registros fotográficos ……...	76

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de la temperatura y concentración en el comportamiento reológico de la pulpa de cocona. Se utilizó frutos de cocona maduros ecotipo esferoide alto con coordenadas coloriméricas: L*: 39,33±2,31; a*: 11,34±3,34; b*: 41,96±3,34; peso: 210,20±2,90 g; diámetro axial: 85,69±3,55 mm; diámetro ecuatorial: 65,75±2,90 mm; pulpa con características: °Brix: 6,50±0,40; pH: 3,63±0,08; acidez (%): 1,42±0,09; humedad (%): 86,57±3,13. Las mediciones se realizaron en un reómetro digital Brookfield RV-III Ultra a las concentraciones: 10, 15, 20 y 25°Brix, y temperaturas: 30, 40, 50 y 60°C. El diseño estadístico empleado fue DCA con arreglo factorial 4x4 con tres repeticiones, el procesamiento de datos se realizó con el programa STATGRAPHICS Centurión XV. Los datos se ajustaron adecuadamente al modelo de Ostwald ($R^2 \geq 0,99$), la evaluación reológica demostró que se trata de un fluido no newtoniano con carácter pseudoplástico; la concentración y temperatura influye negativamente sobre el índice de consistencia e índice de flujo. Para las concentraciones estudiadas el mayor valor de **K** fue para la pulpa con 10°Brix: 88,703±1,459 Pa-s^n y el menor valor para 25°Brix: 63,460±1,459 Pa-s^n; el índice de flujo fue: 0,295±0,003 a 0,336±0,003. Para las temperaturas consideradas el mayor valor de **K** fue a 30°C: 101,465±1,459 Pa-s^n y el menor valor a 60°C: 63,136±1,459 Pa-s^n; Los valores para **n** variaron de: 0,287±0,003 a 0,326±0,003. El valor de **K** fue correlacionada adecuadamente ($R^2 = 0,98$) en función de la temperatura, mediante la ecuación de Arrhenius, la energía de activación al flujo promedio fue: 13,296 kJ/mol.

Palabras clave: Pulpa de cocona, comportamiento reológico, ley de la potencia, fluido pseudoplástico, modelo de Arrhenius.

ABSTRACT

The objective this paper was evaluate the influence of the temperature and concentration in the rheological behavior of the pulp of cocona. Fruits were used of cocona mature ecotipo high spheroid with colorimetric coordinates: L*: 39,33±2,31; a*: 11,34±3,34; b*: 41,96±3,34; I weigh: 210,20±2,90 g; axial diameter: 85,69±3,55 mm; equatorial diameter: 65,75±2,90 mm; pulp with characteristics: °Brix: 6,50±0,40; pH: 3,63±0,08; acidity (%): 1,42±0,09; humidity (%): 86,57±3,13. The measurements were realized in a digital reómetro Brookfield RV-III Ultra to the concentrations: 10, 15, 20 and 25°Brix, and temperatures: 30, 40, 50 and 60°C. The statistical used design was CDR with arrangement factorial 4x4 with three repetitions, the data processing realized with the program STATGRAPHICS Centurion XV. The data was adjusted to the model of Ostwald (R^2 = 0,99), the rheological evaluation demonstrated that it is a question of a not Newtonian fluid with pseudoplastic character; the concentration and temperature influences negatively the index of consistency and index of flow. For the studied concentrations the major value of K was for the pulp with 10°Brix: 88,703±1,459 Pa-s^n and the minor value for 25°Brix: 63,460±1,459 Pa-s^n; the index of flow was: 0,295±0,003 to 0,336±0,003. For the temperatures considered the major value of K was to 30°C: 101,465±1,459 Pa-s^n and the minor value to 60°C: 63,136±1,459 Pa-s^n. The values for **n** changed of: 0,287±0,003 to 0,326±0,003. The value of K was correlated adequately (R^2 = 0,98) depending on the temperature, by means of Arrhenius's equation, the energy of activation to the average flow went: 13,296 kJ/mol.

Keywords: Cocona pulp, rheological behavior, Power law, fluid pseudoplastic, Arrhenius model.

I. INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana está conformada por un mosaico de paisajes y ecosistemas que albergan una rica biodiversidad, la cual debe ser conocida, preservada y utilizada de manera apropiada para posibilitar el desarrollo sostenible. Entre la variedad de recursos alimentarios naturales, se encuentran los frutos de la cocona; su consumo es fundamentalmente casero, en productos elaborados, tales como: jugos, néctares, mermeladas, ensaladas, vinagretas y bebidas exóticas.

La reología de los alimentos es el estudio de la deformación y flujo de las materias primas sin procesar, los productos intermedios o semielaborados y los productos finales de la industria alimentaria (Rao y Steffe, 1997). La concentración de sólidos solubles, sólidos totales y la temperatura tienen influencia en las propiedades físicas de los alimentos, y en concreto, en las propiedades reológicas y sensoriales. Los parámetros reológicos son de especial importancia en las líneas de procesado, condicionando la circulación por diversos equipos y deben tenerse en cuenta al aplicar tratamientos térmicos de conservación (Silva *et al*., 2003).

Las pulpas de frutas, son sometidas a diversos procesos y esfuerzos, al mismo tiempo opta por un comportamiento diferente ante cada uno de ellos. Así el conocimiento adecuado de las propiedades reológicas de los alimentos se aplica en numerosas etapas durante el procesamiento, tanto en el diseño de procesos y equipos, y en la evaluación sensorial, como para el control de calidad, además de brindar información acerca de la estructura del alimento. A pesar que el conocimiento de las propiedades reológicas es muy útil en el diseño y predicción de la estabilidad de los productos comestibles, éstas no se han estudiado en la pulpa concentrada y edulcorada de cocona, motivando la pregunta: ¿Cómo influye la temperatura y la concentración de sólidos solubles en el comportamiento reológico de la pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*)?

Se tuvo como objetivo evaluar la influencia de la temperatura y concentración de sólidos solubles en el comportamiento reológico de la pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*). Para ello se tuvo que determinar los parámetros reológicos: Índice de consistencia (**K**) e índice de flujo (**n**) de la pulpa de cocona en el rango de temperaturas y concentraciones en estudio, la influencia de la concentración de sólidos solubles y temperatura en los parámetros reológicos: Índice de consistencia (**K**) e índice de flujo (**n**) de la pulpa de cocona y determinar la energía de activación (**Ea**) para el rango de temperatura en estudio de la pulpa de cocona. Siendo la hipótesis: La temperatura y la concentración de sólidos solubles influye significativamente en el comportamiento reológico (parámetros **K** y **n**) de la pulpa de cocona.

El presente estudio aporta información sobre el efecto de la concentración de sólidos solubles y la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de cocona, toda vez que la

concentración y la temperatura tienen influencia en las propiedades físicas de los alimentos, y en concreto, en las propiedades reológicas y sensoriales (Andrade *et al*., 2009). Además, porque la cocona cada vez va teniendo importancia en el sector agroindustrial. Con el estudio reológico de la pulpa de este fruto se brindará información de carácter básico, cuyos datos permitirán establecer los tratamientos apropiados a aplicar en las etapas de los procesos de elaboración de derivados de este fruto. La determinación de los parámetros reológicos, permite saber la forma como el fluido alimentario fluye a través de sistemas de tuberías, es decir, con el conocimiento de estos parámetros se pueden hacer cálculos para el diseño de equipos como bombas, intercambiadores de calor, evaporadores, deshidratadores y todos los equipos en los que existe flujo o cambios en la consistencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Tirado *et al*., (2014), publicaron el artículo: Propiedades reológicas de la pulpa edulcorada de tamarindo. Determinaron los módulos de almacenamiento, de pérdida y de comportamiento de flujo de la pulpa de tamarindo a dos concentraciones de azúcar. El módulo elástico es una medida de la dureza del material. La pulpa con mayor contenido de azúcar presentó una mayor viscosidad aparente, debido a que el carácter sólido de la pulpa se incrementa con el aumento de la proporción de sacarosa y disminuye con el incremento del porcentaje de pulpa. El módulo elástico fue mayor que el viscoso, demostrando un carácter sólido y más alto para la pulpa con mayor contenido de azúcar.

Díaz *et al*., (2012), publicaron la: Caracterización bromatológica, fisicoquímica microbiológica y reológica de la pulpa de borojó. Analizaron muestras de la pulpa del fruto de borojó, de la provincia de Los Ríos (Ecuador), el rendimiento de la pulpa fue del 82,3. La pulpa presenta un bajo pH, y tiene niveles importantes de carbohidratos y calcio. La pulpa obtenida fue de óptima calidad microbiológica, con recuentos de microorganismos que están dentro de los rangos permitidos según la normativa. Caracterizaron reológicamente la pulpa a diferentes temperaturas. Presentó un comportamiento no newtoniano de carácter pseudoplástico, con un comportamiento más elástico que viscoso similar a un gel. Los resultados de los ensayos de flujo y oscilatorios muestran que la temperatura influyó en el comportamiento reológico de la pulpa de borojó.

Matos-Chamorro *et al*., (2010), determinaron la influencia de la temperatura y concentración sobre los parámetros reológicos como el índice de flujo(n) e índice de consistencia (K) de la pulpa de tuna variedad blanca. El estudio del comportamiento reológico fue estudiado a concentraciones de 13,20 y 27°Brix y temperaturas de 25, 45 y 65°C, la distribución de los experimentos se realizó con un diseño central compuesto centrado en las caras, generado y analizado con el software Statistica 7.0. Las medidas reológicas lo realizaron con un reómetro rotacional Brookfield modelo DV-II+. El comportamiento reológico fue ajustado adecuadamente a la ley de la potencia ($R^2 \geq 0,9$), definiendo la pulpa de tuna como un fluido pseudoplastico ($n \leq 0,881$). Existe una influencia positiva de la concentración sobre K, se ajustó a un modelo exponencial ($R^2 \geq 0,9$), un efecto inverso tuvo la temperatura sobre el mismo valor. El análisis de varianza muestra que existe un efecto significativo de la concentración y temperatura sobre K, a valores inferiores de 25°C y concentraciones por encima de 25°C y concentraciones por encima de 27°Brix, se pueden obtener mayores índices de consistencia.

Pelissoni *et al*., (2010) publicaron el efecto de la concentración y de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de maracuyá. Tuvieron como objetivo determinar el comportamiento del jugo de maracuyá en función de la temperatura (0, 10, 20°C), contenido de sólidos solubles (22, 39, y 59°Brix) e insolubles (0,15; 1,00; 1,68 y 2,38 mm). Encontraron que las muestras presentaron un comportamiento pseudoplastico. El comportamiento reológico es influenciado por la temperatura, contenido de los sólidos solubles y los sólidos insolubles.

Andrade *et al*., (2009) estudiaron el efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.). El níspero es una fruta exótica. Es una fruta que no ha sido ampliamente utilizada para el procesamiento industrial. En este trabajo se determinó el efecto de la temperatura sobre el comportamiento reológico de la pulpa de níspero en el intervalo de 10ºC a 70ºC. La pulpa de níspero fue obtenida en la planta piloto de frutas y hortalizas de la Universidad de Córdoba sede Berástegui (Colombia), mediante refinadora de malla de abertura 1,5 mm, se empacaron en bolsas herméticas y posteriormente se refrigeraron a 4ºC. Las medidas reológicas fueron determinadas en un viscosímetro Brookfield modelo DV-II + Pro. La pulpa de níspero fue descrita adecuadamente por el modelo de la ley de potencia exhibiendo un comportamiento seudoplástico, sin presencia de tixotropía. La temperatura no influyó significativamente en el índice de comportamiento al flujo (n), pero si sobre el índice de consistencia (K), sin embargo no se ajustó al modelo de Arrhenius.

Andrade *et al.,* (2009*),* publicaron la: Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de Guayaba (*Psidium guajava*) variedades híbrido de klom sali, Puerto Rico, D14 y Red. Las pulpas fueron obtenidas mediante refinadora con malla 1,5 mm de abertura. Las medidas reológicas se realizan en un viscosímetro Brookfield modelo DV-II+ Pro, utilizando la aguja Nº 5. Las pulpas presentan pH entre 3,9–4,6; ºBrix entre 9-10, acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico entre 0,56–0,96%; su comportamiento reológico se ajusta adecuadamente al modelo de Oswald de Waele o ley de potencia ($R^2 \geq 0,989$), comportándose como un fluido seudoplástico ($n \leq 0,307$) y presentandotixotropía las variedades Puerto Rico (14,16%), Red (18,54%) y D14 (18,48%).

Tonon *et al*., (2009), estudiaron el comportamiento reológico de una pulpa del acai en temperaturas diferentes (10, 25, 40, 55 y 70°C). Las mediciones fueron efectuadas usando un reómetro controlado con geometría acerada que no se mancha del plato de plato y alissan o acanalaron superficies. En las pruebas realizadas con geometría muy fácil de la superficie, el efecto de desliz se manifestó en tasas bajas de esfuerzo al corte

bajo las condiciones constantes y dinámicas de esfuerzo al corte, mientras el uso de geometría acanalada de superficie minimizó este efecto. Un incremento en la temperatura condujo a un incremento en tixotropía y una disminución en el estrés de rendimiento. Además, la pulpa de acai mostró una viscosidad de 100 Pas, con energías de activación de 4,18 y 6,21kJ/mol para superficies suaves y acanaladas, respectivamente. Con relación a las medidas dinámicas de esfuerzo al corte, la pulpa de acai mostro comportamiento como de gel débil, y que el almacenamiento y los módulos de perdida disminuyo al aumentar temperaturas.

Silva (2008), estudió las propiedades termofísicas y el comportamiento reológico de la pulpa de Jenipao (*Genipa americana* L.). Tuvo como objetivo determinar las propiedades termofísicas y reológicas de la pulpa de jenipapo. Para la caracterización de la pulpa determinó los sólidos solubles, pH, acidez total, humedad. Determinó las propiedades termofísicas: calor específico, masa específica, difusividad térmica y la conductividad térmica. Utilizó pulpas con diferentes contenidos de agua (76% a 94%). La influencia de la temperatura también fue evaluada (5°C a 80°C). También evaluó el efecto de los sólidos totales y de la temperatura en el comportamiento reológico. Para ello se consideró el rango de temperatura (10°C a 60ºC), y de los sólidos totales (6,0%, 7,5%, 9,0% y 10,5%). La temperatura y el contenido de agua influenciaron en las propiedades termofísicas, la masa específica disminuye con la temperatura y la cantidad de agua. El calor específico disminuyó con la reducción del contenido de agua. La difusividad y la condutividad térmica presentaron comportamientos semejantes. Los modelos Plástico de Bingham y Herschel-Bulkley fueron los que proporcionaron mejores ajustes de los datos experimentales. El parámetro índice de consistencia (K), ajustado por los modelos de Herschel-Bulkley, Casson, Mizrahi-Berk, Plástico de Bingham y Ley de la Potencia no presentaron una tendencia definida en las concentraciones estudiadas con el aumento de temperatura. El efecto de la temperatura sobre la viscosidad fue evaluado a través de la ecuación de Arrhenius. La energía de activación (Ea) disminuye con el aumento de sólidos totales.

Mota e Ibarz (2006), caracterizaron las propiedades viscoelásticas de las muestras de pulpa de membrillo a diferentes concentraciones de solidos solubles. El estudio se realizó en el rango de concentraciones de 12,3°Brix a 28°Brix a la temperatura de 20°C. Las medidas viscoelásticas fueron realizadas con un reómetro Haake Rheostress RS100 y fue seleccionado el barrido de frecuencia entre 0,1 a 100 Hz. Los resultados demostraron que para la muestra de 28°Brix la pulpa se comportó como un semi-sólido en todo el rango de frecuencia estudiada. Para la concentración de 24°Brix, a bajas frecuencia, la

pulpa se comportó como un semi-liquido (G”> G’) mientras que en frecuencias más altas se comportó como semi-solido (G’>G”). Para la pulpa de 16 y 20°Brix hubo el predominio del carácter viscoso sobre el carácter elástico. Para la pulpa de 12,3°Brix no fue posible determinar los valores G’ e G”. Se observó que la viscosidad de la pulpa de membrillo aumenta con la concentración para el rango estudiado.

Silva *et al*., (2005), estudiaron la reología del jugo de acerola: efectos de la concentración y temperatura. Determinaron el comportamiento reológico del jugo industrializado de acerola, mediante un reómetro de cilindros concéntricos, en concentraciones de sólidos solubles de: 4, 7, 10 13 y 16°Brix y en el intervalo de temperatura de 5°C a 85°C. Los datos experimentales fueron ajustados a los modelos reológicos de Ostwald de Waele, Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk y Casson. El modelo de Herschel-Bulkley describió mejor el comportamiento reológico del jugo industrializado de acerola. Los valores bajos obtenidos para el índice de comportamiento ($0,338 \leq n_{hb} \leq 0,759$) confirman el comportamiento pseudoplástico del jugo. El efecto de la temperatura en el comportamiento reológico del jugo de acerola fue descrito por una ecuación análoga a la de Arrhenius ($\eta_a = \eta_0 \exp(E_{at}/RT)$). Observaron que la energía de activación disminuye con el aumento de la concentración de las muestras, expresado en sólidos solubles, variando desde 3,50 kcal/gmol, para las muestras a 4°Brix, hasta 1,79 kcal/gmol, para las muestras a 16°Brix. Los datos de la viscosidad aparente y de la concentración de sólidos solubles fueron ajustados a los modelos potencial y exponencial. El modelo potencial mostró ser el más adecuado para describir el efecto de la concentración sobre la viscosidad aparente del jugo de acerola.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cocona

a. Aspectos botánicos

Según Carbajal y Balcázar (2004) y Torres (2010) entre algunos de los aspectos botánicos de la cocona, tenemos:

Taxonomía

La cocona pertenece a la clase Dicotiledónea, sub clase Simpétala, orden Tubiflorales, Familia Solanaceae, género Solanum, especie *Solanum sessiliflorum*. Nombre común: cocona, topiro (español), cubiu (portugués). Sinónimo aceptado *Solanum topiro*. (Carbajal y Balcázar, 2004 y Torres, 2010).

Origen y distribución geográfica

La cocona es nativa de las vertientes orientales de los Andes del Perú, Ecuador y Colombia, especialmente en la vertiente de los andes peruanos. Esta especie se encuentra de manera natural entre los 200 y 1000 m.s.n.m; asimismo, se conoce que fue introducida como cultivo hace unos 50 años.

El fruto crece en zonas con temperaturas medias entre 18 y 30 °C, sin presencia de heladas y con precipitación pluvial entre 1500 y 4500 mm anuales. Aparentemente, se beneficia de una sombra ligera durante sus primeros estados de desarrollo; requiriendo de buena radiación solar durante el período de fructificación (Carbajal y Balcázar, 2004; Torres, 2010 y Villachica, 1996).

En la selva peruana se cultivan en pequeña escala en los departamentos de Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Pasco, Ayacucho, Madre de Dios y Amazonas (Carbajal y Balcázar, 2004).

Morfología de la planta

La cocona es una planta arbustiva andromonóica, de vigor fuerte, intermedio y débil; de rápido crecimiento, llegando a medir hasta 2 metros de altura, según el ecotipo. Se ramifican desde el nivel del suelo o desde 10 a 15cm., de acuerdo al cultivar, con una distribución irregular con un patrón de ramificación extensivo a excepción de algunos que presentan un patrón de ramificación intensivo, sus ramas crecen rectas y arqueadas, con tallos gruesos, semileñosos, cilíndricos y muy pubescentes.

Respecto a la densidad de pubescencia generalmente todos los ecotipos presentan una densidad media y tallo de un color verde; la mayoría de los ecotipos tienen ausencia de espinas en el tallo. En cuanto a la producción de ramas, existen ecotipos con ramas abundante, media y escasa. El número de ramas primarias varían entre 5 a 6 y el número de ramas secundarias de 3 a 7 (Carbajal y Balcázar, 2004).

Morfología del fruto

Los frutos son bayas de forma variable desde esferoide, amarañonado, cilíndrico, ovalada, oblata, redondeada, hasta cilíndrica - cónica; el tamaño y peso varía de acuerdo al ecotipo. Los frutos maduros son de color amarillo pálido, anaranjado manchado o rojo; la pulpa es acuosa, con una firmeza intermedia y blanda de color amarillo a amarillo blancuzco, de agradable aroma, ligeramente ácida. El epicarpio es una capa delgada lisa, suave y cubierta según variedad por pubescencia fina purulenta, que presenta coloraciones diferentes a la madurez, con maduración uniforme y algunas veces pobre. Las cavidades de

las semillas presentan una forma irregular en algunos ecotipos, mientras que en otros en forma regular y redonda. Los frutos presentan longitudes de entre 52,18 mm y 83,97 mm y su diámetro con 49,94 mm y 7,.85 mm, el número de lóbulos de 4 a 5, el grosor de pulpa oscila entre 4,94 mm y 12,12 mm el peso de pulpa en los frutos presenta rangos entre 33,60 g y 184,73 g (Carbajal y Balcázar, 2004).

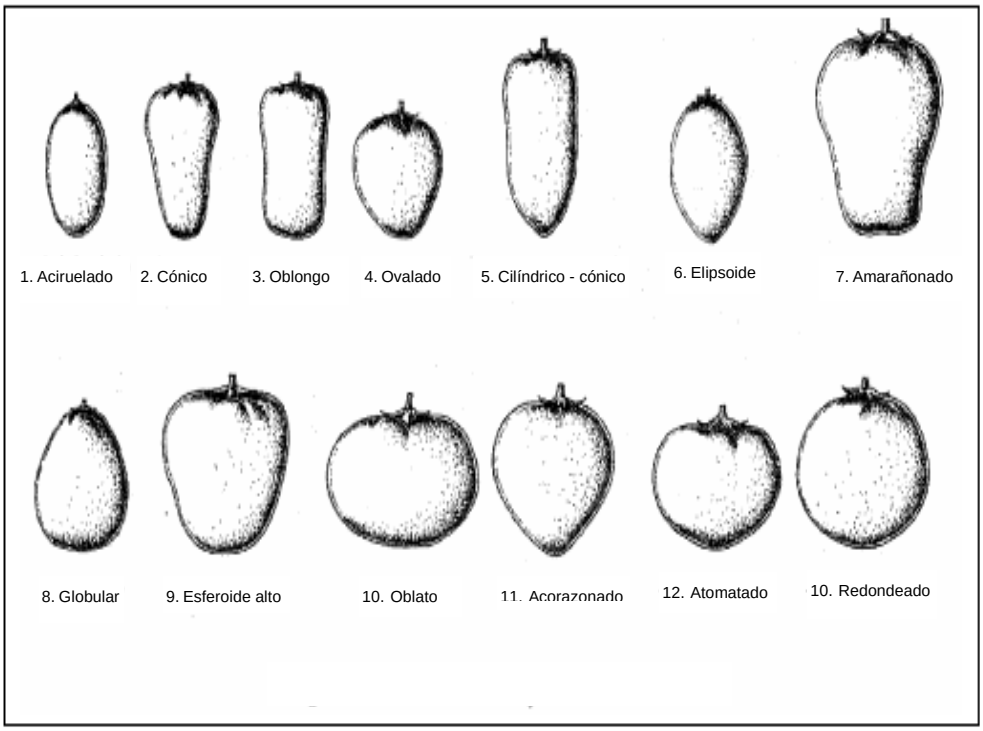

Figura 1: Forma de los frutos de cocona.
FUENTE: Carbajal y Balcázar, (2004).

b. Composición química y valor nutritivo de los frutos

La composición química de diversas poblaciones de la cocona existente en la Amazonia ha sido analizada, como también su contenido de vitaminas y minerales. Con relación al contenido de humedad de la cocona, se puede considerar como un fruto suculento. Tiene un valor nutritivo aprovechable en la alimentación humana. La cocona es rica en hierro y vitamina B5 (Niacina); el volumen de jugo es de hasta el 50% del fruto y el contenido de sólidos solubles es de 4 a 6 °Brix (Carbajal y Balcázar, 2004). La acidez elevada contribuye al sabor del fruto y permite un factor de dilución elevado en la formulación de jugos y, consecuentemente, en su rendimiento industrial para esta finalidad. El contenido de sólidos solubles está constituido, en su mayoría, por azúcares reductores. La relación °Brix / Acidez es baja, lo que confirma su reducido grado

de dulzura y explica el poco gusto al consumo del fruto in natura, a la vez explica por qué se usa como adorno y complemento en bebidas alcohólicas (Da Silva, 1998). En el Cuadro 1, se muestra la composición química de la pulpa.

Cuadro 1: Valor nutricional en 100 g de pulpa fresca de cocona.

Componente	Unidad de medida	Cantidad
Agua	g	87,50
Proteínas	g	0,90
Grasa	g	0,70
Carbohidratos	g	10,20
Cenizas	g	0,70
Calcio	mg	16,00
Fósforo	mg	30,00
Hierro	mg	1,50
Caroteno	mg	0,18
Tiamina	mg	0,06
Riboflavina	mg	0,10
Niacina	mg	1,25
Ácido ascórbico reducido	mg	4,50

FUENTE: Cultivo de cocona (Carbajal y Balcázar, 2004).

c. Potencial agroindustrial

Una de las alternativas de desarrollo en el sector agrícola en la amazonia peruana es a través de la agroindustria. La cocona destaca como un frutal susceptible a ser usado con ventaja en la transformación industrial ya sea como néctar, mermelada, licores, jaleas, jugos, alcoholes o aguardiente por maceración, otras variantes sola ó combinada con otros frutales tradicionales exóticos.

La ventaja de este frutal es su elaborada producción en un tiempo corto y su cosecha durante todo el año lo que permite el escalonamiento de la siembra para contar con materia prima en forma permanente.

El alto contenido de vitamina A y C permite establecer un balance nutricional en la dieta especialmente en la población de menor edad y a un costo relativamente bajo.

En el periodo 1999-2001, se han evaluado ocho ecotipos que destacaron por sus características agronómicas y permitieron aislar aquellos que cuentan con mejores características físico - químico proximal, biométricas y organolépticas para su uso en la agroindustria (Carbajal y Balcázar, 2004).

d. Usos

Se utiliza en la elaboración de jugos y néctares, pero también tiene un alto potencial para usarse en la elaboración de ensaladas. Es considerado el tomate de la Amazonia; preparado con ají es muy agradable y se emplea como ensalada o como complemento a comidas típicas en la selva peruana, Torres (2010); Villachica (1996). La pulpa y el mucílago de las semillas del fruto maduro, son comestibles; se utilizan en la preparación de jugos, refrescos, helados, caramelos, jarabes, ensaladas y en encurtidos. En la industria se utiliza en la preparación de néctares, mermeladas y jaleas. En medicina tradicional, se utiliza como antidiabético, antiofídico, escabicida, en hipertensión y en tratamiento de quemaduras (Carbajal y Balcázar, 2004).

El uso varía de acuerdo con los ecotipos. Los frutos de tamaño grande son preferidos para la obtención de pulpa, mientras que los frutos pequeños se utilizan para la obtención de jugos. Los nativos waorani en la amazonía, utilizan el jugo para limpiar y dar brillo al cabello. La planta hervida es frotada sobre las mordeduras de arañas para cicatrizar las heridas (Villachica, 1996).

La cocona es valorada por las poblaciones tradicionales del Amazonas Occidental por su capacidad de sanar enfermedades de la piel. Las hojas maceradas son utilizadas por los indígenas peruanos y brasileños para evitar la formación de ampollas en la piel en caso de quemaduras provocadas por fuego o agua hirviendo. El jugo de la cavidad locular de los frutos se utiliza para calmar la picazón de la piel, Da Silva (1998) y Lizcano *et al*., (2010).

El jugo puro es utilizado por las poblaciones tradicionales del Amazonas brasileño, peruano y colombiano para controlar colesterol, diabetes, exceso de ácido úrico y otras enfermedades causadas por el mal funcionamiento de los riñones y del hígado, Asprilla y Murcia, (2006).

2.2.2. Flujo de proceso para la obtención de pulpa

La producción de pulpa refinada de cocona comprende las siguientes etapas: cosecha, transporte, selección - clasificación, pesado, lavado – desmondado, tratamiento térmico, enfriado, pulpeado, envasado y almacenado, en la Figura 2 se muestran los pasos para la obtención de pulpa.

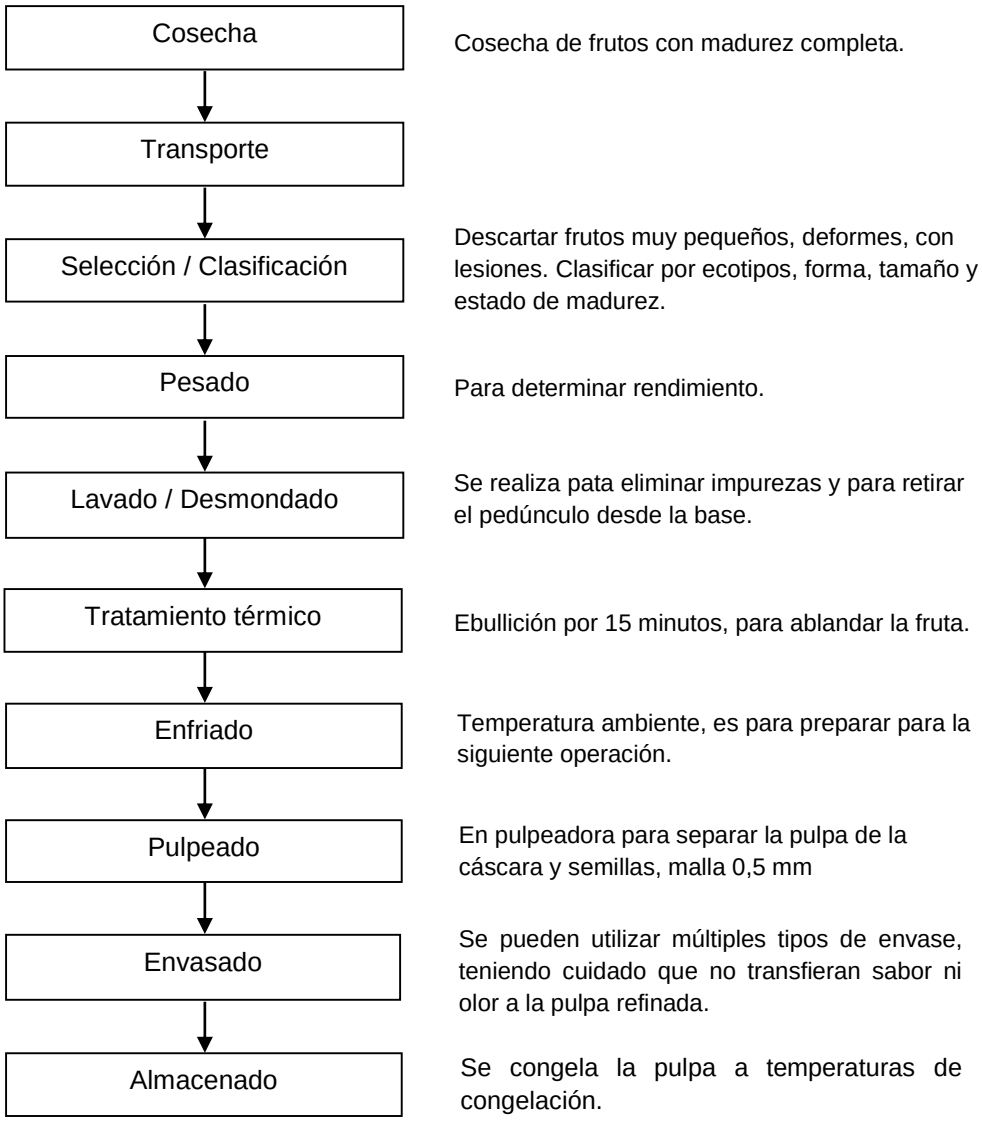

Figura 2: Flujo de proceso para la obtención de pulpa de cocona.

FUENTE: Adaptado de Carbajal y Balcázar (2004).

2.2.3. Reología

La reología (del griego *reos*, fluir y *logos*, estudio) es la ciencia del flujo y la deformación de la materia, describe la interrelación entre fuerzas, deformaciones y tiempo. La reología es aplicable a todos los materiales, desde los gases hasta los sólidos. La ciencia de la reología tiene apenas 80 años, fue fundada por dos científicos en los años veinte quienes tuvieron la necesidad común de describir las propiedades de flujo de fluidos. Estos pioneros fueron los profesores Marcus Reiner y Eugene Bingham. La reología es entonces la rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos sometidos a diferentes tipos de esfuerzos. El campo de la reología se extiende desde la mecánica de los fluidos Newtonianos por una parte, hasta la elasticidad de Hooke por otra (Díaz *et al*., 2012).

En una situación de flujo estacionario, los fluidos se pueden comportar como newtonianos o no newtonianos, en función del cumplimiento de la Ley de Newton (1687). Los fluidos newtonianos son aquellos en los que los valores de esfuerzo cortante y velocidad de cizalla mantienen una relación de proporcionalidad directa. Atendiendo a la Ley de Newton de la viscosidad, dicho coeficiente de proporcionalidad, denominado viscosidad dinámica o viscosidad de Newton, se define como la relación entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de deformación (Díaz, 2015).

Según Steffe (1992), los fluidos newtonianos presentan una relación lineal entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación, independiente de la velocidad de deformación y del esfuerzo de corte inicial. La representación matemática del comportamiento reológico de los fluidos newtonianos es:

$$\tau = \mu\gamma$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte

μ : Viscosidad

γ : Velocidad de deformación

La viscosidad (o coeficiente de viscosidad) es definido como la razón del esfuerzo cortante y la velocidad de deformación.

En los fluidos no newtonianos la relación entre esfuerzo de corte y velocidad de deformación no es lineal, la viscosidad no permanece constante sino que es función de la velocidad de deformación (Geankoplis, 1999). Los fluidos no newtonianos son difíciles de caracterizar de forma experimental, puesto que la viscosidad dependerá de las condiciones experimentales seleccionadas. La viscosidad registrada bajo estas condiciones se denomina viscosidad aparente o índice de consistencia (Lewis, 1993).

$$\tau = K.\gamma^n$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte

K : Índice de consistencia

γ : Velocidad de deformación

n : Índice de flujo ($n \neq 1$)

Los fluidos no newtonianos se dividen en dos categorías principales, de acuerdo a su comportamiento de esfuerzo cortante versus velocidad de deformación en el tiempo.

Los fluidos no newtonianos independientes del tiempo son aquellos en que la viscosidad depende sólo de la velocidad de deformación y pueden ser del tipo: pseudoplásticos, dilatantes y plásticos. La dependencia con respecto a la velocidad de deformación pone de manifiesto la existencia de una estructura en el sistema alimenticio (Barbosa, Ibarz y Peleg, 1993).

El comportamiento de flujo pseudoplástico ("shear-thinning") es el más frecuente, exhibido por disoluciones de polímeros, emulsiones y suspensiones, etc. El origen de este fenómeno se debe a cambios en la estructura compleja de estos materiales, como consecuencia de la variación en la velocidad de deformación. Estas estructuras están distribuidas al azar manteniendo un estado altamente desordenado que origina una gran resistencia interna al flujo. La aplicación de un gradiente de velocidad de cizalla creciente genera una deformación y orientación delas partículas que componen la estructura en la dirección del esfuerzo aplicado, lo cual se traduce en un descenso de la resistencia al flujo y, por tanto, de la viscosidad aparente (Díaz, 2015).

El comportamiento pseudoplástico indica una ruptura continua o reorganización de la estructura, experimentando una disminución de la viscosidad al aumentar el esfuerzo cortante. El índice de comportamiento de flujo es menor que la unidad ($n<1$). Este comportamiento es debido a la presencia de compuestos de elevado peso molecular o partículas alargadas a concentración suficientemente baja; alta interacción entre partículas, causando su agregación o asociación por enlaces secundarios; relación axial elevada y asimetría de las partículas, requiriendo su orientación a lo largo de las líneas de corriente; variación de la forma y tamaño de las partículas, permitiendo su apilamiento, partículas no rígidas o flexibles, que pueden sufrir un cambio en su geometría o conformación (Barbosa, Ibarz y Peleg, 1993).

Los fluidos dilatantes muestran un comportamiento menos frecuente que el pseudoplástico y consiste en un aumento de la viscosidad aparente al elevarse la

velocidad de cizalla (“shear-thickening”). Este comportamiento se puede encontrar en algunas suspensiones concentradas de sólidos, proteínas y ciertas disoluciones de polímeros y detergentes (Díaz, 2015).

Los fluidos plásticos de Bingham se comportan como sólidos en condiciones estáticas. Son los más simples debido a que sólo difieren de los newtonianos en cuanto a que la relación lineal no pasa por el origen, (Geankoplis, 1999). En este caso, el fluido permanece sin movimiento mientras el esfuerzo cortante es menor de un determinado valor (umbral de fluencia) por encima del cual se comporta semejante a un fluido newtoniano Steffe (1992), Medina (1995), Rao y Steffe (1997). Entre estos fluidos están: Margarina, mezclas de chocolate, grasas, jabones, suspensiones de granos en agua, pastas dentríficas (Geankoplis, 1999).

Los fluidos dependientes del tiempo pueden ser de dos tipos: Tixotrópicos o reopécticos. Se caracterizan por desarrollar un aumento o disminución de la viscosidad al aumentar el tiempo de flujo bajo condiciones constantes. Este tipo de comportamiento es atribuido al cambio continuo de la estructura del material que puede ser reversible o irreversible, (Barbosa, Ibarz y Peleg, 1993). En este caso la viscosidad dependerá de la duración del corte, Rao citado por Medina (1995).

Los fluidos tixotrópicos exhiben una disminución reversible del esfuerzo cortante con el tiempo cuando la velocidad de deformación es constante. El esfuerzo de corte tiende a un valor límite que dependerá de la velocidad de deformación (Geankoplis, 1999). De la misma forma la viscosidad disminuye con el tiempo manteniendo una velocidad fija, Rao y Rizvi citado por (Medina, 1995). En estos fluidos hay una destrucción o descomposición de su estructura con la aplicación continúa del esfuerzo cortante, (Lewis, 1993).

Según Barbosa, Ibarz y Peleg (1993), el descenso del esfuerzo cortante se supone es una suma de funciones cinéticas de primer orden. Este tipo de comportamiento ha sido detectado en leche condensada, clara de huevo y mayonesa Shoemaker citado por (Medina, 1995), soluciones de polímeros, la manteca, las pinturas (Geankoplis, 1999).

Los fluidos reopécticos son muy raros y exhiben un aumento reversible del esfuerzo cortante con el tiempo y un aumento en la viscosidad cuando la velocidad de deformación es constante (Geankoplis, 1999). Estos tipos de fluidos muestran una “construcción” o aumento en su estructura con la aplicación del esfuerzo cortante (Lewis, 1993).

2.2.4. Importancia de la reología

Según Ramírez (2010) y Díaz (2015), existen varias aplicaciones en los que se observa la importancia del estudio de la reología o el comportamiento reológico de los alimentos:

- Contribuye al conocimiento de la estructura y es una herramienta complementaria a las técnicas usualmente utilizadas para estos estudios. Existe cierta relación entre el tamaño y la forma molecular de las sustancias en disolución y su viscosidad, así como entre el grado de entrecruzamiento de los polímeros y su elasticidad. Por otra parte, a través de las mediciones de viscosidad de dispersiones de polímeros, pueden realizarse determinaciones de la masa molecular de estos.

- La reología es importante en el diseño de equipos y procesos de la industria como son los casos de sistemas de bombas y tuberías. Durante los procesos de concentración y evaporación, la viscosidad es un parámetro crítico que es necesario tener en cuenta para lograr mejoras en la eficiencia de los mismos. Los sistemas de mezcla y agitación, también requieren de los datos de los parámetros reológicos para los cálculos energéticos y diseños de reactores.

- En el control de la calidad industrial. En esta industria, las mediciones de la plasticidad y de las grasas utilizadas son imprescindibles, pues determinan las características texturales del producto final (Alvarado, 1996).

2.2.5. Factores que influyen en el comportamiento reológico

Durante algunas operaciones de la industria alimentaria la viscosidad puede variar considerablemente. Esto ocurre en particular en aquellos procesos que implican calentamiento, enfriamiento, homogenización y concentración, así como durante muchas fermentaciones industriales (Lewis, 1993).

El comportamiento reológico de zumos vegetales está influenciado por su composición, y en consecuencia, dependerá tanto de la naturaleza de la fruta con que se elaboran, como de los tratamientos que se hayan realizado en sus procesos de elaboración. De ahí la importancia de conocer la evolución de las propiedades de flujo de estos alimentos líquidos o semilíquidos durante los procesos de concentración y bombeo en instalaciones industriales, además de otras operaciones, como el tamizado, desairado, mezclado y tratamientos térmicos diversos, entre otros (Smith, citado por Díaz, 2015).

Temperatura

Los alimentos fluidos durante todo el proceso de elaboración, almacenamiento, transporte, venta y consumo, están sujetos a variaciones continuas en su temperatura. La viscosidad de un líquido es una función de las fuerzas intermoleculares que restringen el movimiento molecular. Estas fuerzas dependen de los espacios intermoleculares los cuales determinan el volumen libre y este es afectado por los cambios de temperatura y presión (Barbosa-Cánovas, Ibarz y Peleg, 1993). Para fluidos newtonianos, la expresión que correlaciona la viscosidad con la temperatura es una ecuación tipo Arrhenius. Para fluidos no newtonianos suele relacionarse la viscosidad aparente a una velocidad de deformación fijada (Ibarz, Barboza-Cánovas, 1999).

$$K = K_0.\exp(Ea/RT)$$

Donde:
Ea : Energía de activación
K : Índice de consistencia
R : Constante de los gases
T : Temperatura

Según Lewis (1993), la temperatura debe controlarse con un error máximo de 0,1°C durante las determinaciones experimentales de viscosidad. Kolarov *et al.,* mencionado por Jiménez y Durán, (1979), dedujeron la ecuación que representa la forma en que la viscosidad del zumo de tomate se ve afectada por la temperatura:

$$\mu_t = (\mu_0/0{,}28) + 0{,}2029t^{1{,}07}$$

Donde:
μ_t : Viscosidad a la temperatura **t**
μ_0 : Viscosidad a 20°C (cP)
t : Temperatura (°C)

Estructura y composición

La viscosidad depende de la naturaleza de las fases continua y dispersa, las interacciones partícula-partícula, partícula-solvente, la concentración de partícula, su forma, tamaño y composición química (Lewis, 1993). Las moléculas de cadena larga y sustancias poliméricas no fluyen como una que tenga segmentos y ramificaciones, ya que la viscosidad depende de la longitud de la cadena (Barbosa-Cánovas, Ibarz y Peleg, 1993). Así las proteínas ejercen un efecto mucho más marcado sobre la viscosidad que las sales o minerales a igualdad de concentración (Lewis, 1993).

Los zumos, purés y concentrados de frutas forman un grupo de productos constituidos por una fase dispersante, en la que se encuentran disueltos azúcares, ácidos, pectinas solubles, proteínas, sales, etc. y una fase dispersa compuesta por

partículas de diferente forma y volumen, procedentes de los tejidos de la fruta (Jiménez y Durán, 1979).

La concentración y peso molecular de las pectinas solubles hacen que el zumo de naranja sea más seudoplástico. Las pectinas solubles también afectan al umbral de fluencia contribuyendo a aumentar la resistencia inicial al flujo de la estructura formada (Mizrahi y Berk citado por Jimenez y Durán, 1979).

Concentración

La viscosidad de una solución es afectada por la concentración de soluto, aumentando conforme ésta se incrementa. En la concentración de proteínas mediante ultrafiltración, es la viscosidad quien determina el grado de concentración obtenido (Lewis, 1993).

Según Costell, Izquierdo y Durán (1985), existe una relación entre el contenido de pulpa de las confituras de albaricoque y su comportamiento reológico, después de destruir su estructura gelificada por trituración. Es posible utilizar algunos parámetros reológicos como índices de composición de mermeladas luego de destruir su estructura gelificada (Costell y Durán, 1983).

Mizrahi y Firstenberg mencionado por Jimenez y Durán (1979), destacan la influencia que ejerce el contenido de pulpa sobre la consistencia del zumo de naranja, mediante la ecuación que relaciona el contenido de pulpa (S) con el umbral de fluencia (τ_0).

$$\boldsymbol{\tau_0 = 0,4685S^2 + 0,944}$$

Leandro y Daza (2007), encontraron para la mermelada de papaya, piña y papaya-piña, un comportamiento pseudoplástico; además, conforme el tamaño de partícula disminuye, el índice de flujo aumenta mientras que el valor del índice de consistencia disminuye.

2.3. Definición de términos básicos

Pulpa: Parte carnosa de una fruta que se obtiene por reducción de tamaño en equipos denominados despulpadoras.

Reología: Ciencia que estudia el flujo y las deformaciones de sólidos y fluidos bajo la influencia de fuerzas mecánicas.

Reómetro: Instrumento usado para medir las propiedades reológicas.

Viscosidad: Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento.

Esfuerzo cortante: Esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal. Este tipo de esfuerzo formado por tensiones paralelas está directamente asociado a la tensión cortante.

Viscosidad aparente o índice de consistencia (K): Se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación.

Índice de flujo (n): Parámetro reológico que permite definir el comportamiento de un fluido en newtoniano o no newtoniano.

Color: Es una percepción visual que se genera en el cerebro de los humanos y otros animales al interpretar las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores en la retina del ojo, que a su vez interpretan y distinguen las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético (la luz).

pH: Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H_3O^+] presentes en determinadas sustancias. La sigla significa ‘potencial hidrógeno’ o ‘potencial de hidrogeniones’.

III. METODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación

El trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Aguas y en el Laboratorio de Poscosecha de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, ubicado en el distrito de Yarinacocha; además, en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva ubicado en la ciudad de Tingo María.

3.1.2. Descripción del área de estudio

La investigación se constituye en una investigación aplicada dentro del área de ingeniería y forma parte del estudio de las propiedades termofísicas de los productos agroindustriales, entre los cuales está el conocimiento del comportamiento reológico de productos (pulpa de cocona en función a la temperatura y concentración de sólidos solubles).

3.2. Identificación y descripción del material experimental

3.2.1. Materiales

Material biológico: Se utilizó frutos maduros de cocona (*Solanum sessiliflorum*) ecotipo: Esferoide alto. Los frutos maduros (coloración amarillo-anaranjado) presentan características fisicoquímicas y sensoriales excelentes. Fueron adquiridos del mercado informal Bellavista, y trasladados a los laboratorios de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA); la pulpa obtenida se trasladó a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

Materiales de laboratorio: Vaso de precipitado, probeta graduada, fiola volumétrica, piceta, cuchillos y cucharas de acero inoxidable, luna de reoj, placas petri.

3.2.2. Reactivos y equipos

Reactivos de laboratorio: Hidróxido de sodio p.a. Merck, fenolftaleína, agua destilada.

Equipos de laboratorio: Calibrador pie de rey, cocinilla eléctrica, pulpeadora, balanza de precisión, Brixómetro, balanza analítica, pH metro, equipo de titulación, estufa, colorímetro CR-400 Kónico Minolta, reómetro digital RVD III+.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

Concentración de sólidos solubles : 10°Brix; 15°Brix; 20°Brix; 25°Brix

Temperatura : 30°C; 40°C; 50°C; 60°C.

3.3.2. Variable dependiente

Índice de flujo : n

Índice de consistencia : K (Pa-s^n)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Se consideró como población para el presente estudio, la producción de cocona de la zona del km 86, perteneciente al distrito de Von Humbolt.

3.4.2. Muestra

La muestra por tratamiento considerada en el estudio fue de 4 kg de fruto. El muestreo fue no probabilístico (intencional o por criterio), porque se seleccionó los frutos maduros (color amarillo-anaranjado), sanos y que sean un solo ecotipo (esferoide alto).

3.5. Tratamientos

Se ha estudiado los factores:

Concentración de sólidos solubles, con cuatro niveles (10, 15, 20 y 25°Brix)

Temperatura, con cuatro niveles (30, 40, 50 y 60°C).

Por tanto se tuvo 4x4 = 16 tratamientos con tres repeticiones por tratamiento. El estudio se adaptó al diseño completo al azar con arreglo factorial 4x4 con tres repeticiones.

3.6. Recolección de datos

3.6.1. Fuentes de información

a. Determinación de las características biométricas y fisicoquímicas

Caracterización biométrica de la fruta de Cocona

Para la caracterización biométrica se ha considerado: Peso del fruto, diámetro axial, diámetro ecuatorial y color del fruto. Para el peso se utilizó una balanza de precisión y para el diámetro un calibrador pie de rey

Color del fruto: Para la medida del color se utilizó el colorímetro CR-400. Las medidas se expresan en coordenadas L*, a*, b* del sistema CIE Lab.

La coordenada L* corresponde a la luminosidad de la muestra que va del negro al blanco en una escala de 0 a 100; los valores de la coordenada a* están asociados al color rojo si es positiva (0 a 60) y al verde si es negativa (- 60 a 0), mientras que la coordenada b* corresponde al color amarillo si es positiva (0 a 60) y azul si es negativa (- 60 a 0). Las mediciones se realizó conforme al manual de instrucciones del equipo.

Caracterización fisicoquímica de la pulpa de Cocona

Los métodos analíticos utilizados para la fruto y de la pulpa de cocona fueron realizados de acuerdo con los procedimientos establecidos por la Association of Official Analytical Chemistry – AOAC.

- *Sólidos solubles* (°Brix): Se determinó el índice de refracción a 20 °C por triplicado, mediante medición por método estándar AOAC (2002) 983.17. Con un refractómetro tipo ATAGO N-2E. Rango de medida 0,0 a 33,0% Brix (Compensación Automática de Temperatura). Resolución 0,2%Brix. Exactitud Brix ± 0,2%.
- *pH*: Se determinó por triplicado mediante el método estándar AOAC (2002) 981.12. Utilizando muestras de aproximadamente 100 mL de pulpa. Se empleó un potenciómetro marca Hanna, previamente calibrado. Características: Rango pH – 2,0 a 20,0. Resolución pH 0,001. Precisión pH ± 0,002.
- *Acidez*: Se tomarán 10mL de pulpa y se procedió a diluir en 90 mL de agua destilada. La acidez de las muestras se determinó por triplicado mediante titulación con solución de hidróxido de sodio (0,1N) y fenolftaleína como indicador, de acuerdo al método estándar AOAC (2002) 942.15.
- *Humedad*: Se determinó en una estufa, AOAC (2002) 920.151. Hasta peso constante.
- *Color de la pulpa*: Para la medida del color se utilizó el colorímetro CR-400. Las medidas se expresan en coordenadas L*, a*, b* del sistema CIE Lab.
  La coordenada L* corresponde a la luminosidad de la muestra que va del negro al blanco en una escala de 0 a 100; los valores de la coordenada a* están asociados al color rojo si es positiva (0 a 60) y al verde si es negativa (- 60 a 0), mientras que la coordenada b* corresponde al color amarillo si es positiva (0 a 60) y azul si es negativa (- 60 a 0). Las mediciones se realizó conforme al manual de instrucciones del equipo.

b. Obtención de la pulpa de cocona

Los frutos frescos y maduros de cocona teniendo en cuenta el ecotipo: Forma esferoide alto (Carbajal y Balcázar, 2004), fueron adquiridos de la zona del km 86, perteneciente al distrito de Von Humbolt y trasladados a los laboratorios de la UNIA. La Figura 3, muestra los pasos seguidos para la obtención de pulpa.

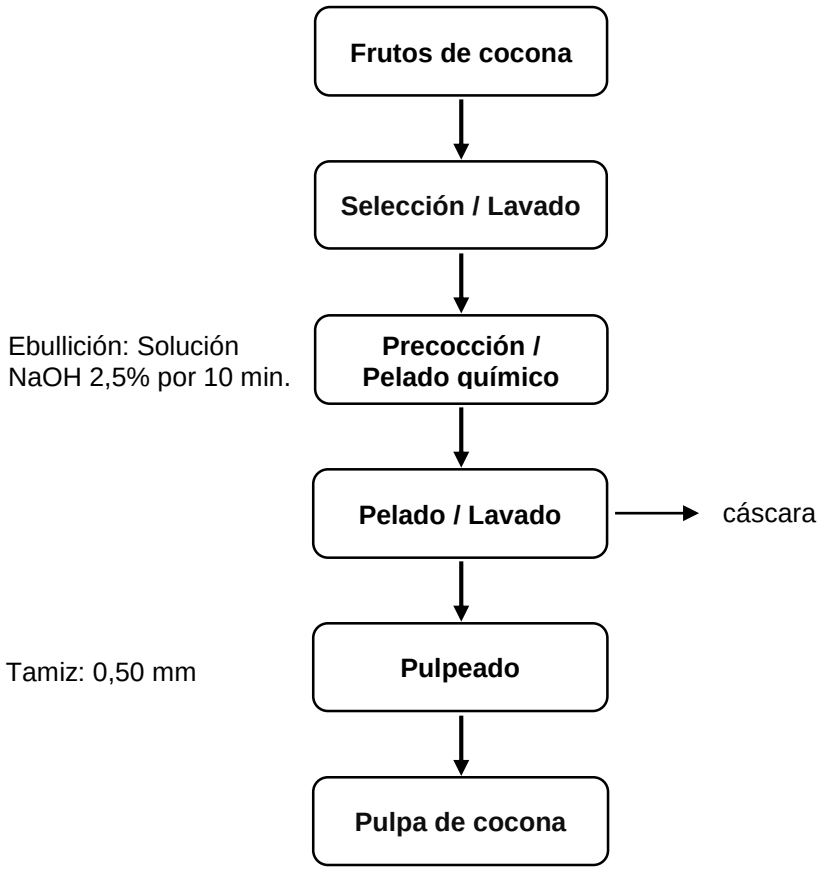

Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de cocona.

FUENTE: Elaboración propia.

Selección / Lavado

Se seleccionó los frutos que presentaban la misma forma y la misma coloración para uniformizar el grado de madurez, seguidamente se lavó en agua corriente con hipoclorito de sodio (150 ppm), enjuagando luego los frutos en agua corriente.

Precoción / Pelado químico

Se procedió a realizar el pelado químico, mediante ebullición de los frutos de cocona en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 2,5% durante 10 min.

Pelado / Lavado

Los frutos precocidos fueron enjuagados en abundante agua corriente para retirar la cáscara y el residuo de NaOH.

Pulpeado

Los separación de la pulpa y semilla se realizó en una despulpadora de frutas provista de malla con orificios de 0,50 mm de diámetro.

c. Determinación de los parámetros reológicos K y n

Preparación de la muestra

La pulpa obtenida se mezcló con azúcar blanca para lograr las concentraciones planteadas en el estudio (10; 15; 20 y 25°Brix) para su posterior evalución reológica.

Evaluación reológica

La evaluación reológica se realizó de acuerdo a estudios reportados por Pelegrine (1980); Peleg (1987); Steffe (1992); Zumalacarregui (2001) y del Laboratorio Brokfield, para el reómetro digital RVD III+, las muestras preparadas se evaluaron a las temperaturas consideradas en el estudio (30, 40, 50 y 60°C). Se aplicó el modelo de Ostwald de Waele o ley de la potencia.

d. Evaluación del efecto de la temperatura y concentración de sólidos solubles en los parámetros reológicos K y n

Los valores de los parámetros reológicos determinados anteriormente se evaluaron mediante el análisis de varianza para determinar la influencia de la concentración de sólidos y temperatura en los parámetros reológcos K y n. De ser significativa la prueba de Fischer se procederá a reakizar la comparación múltiple de medias de Tukey, para determinar la diferencia existente entre los tratamientos.

e. Determinación de la energía de activación

El cálculo de la energía de activación se efectuó según el modelo tipo Arrhenius, recomendado para fluidos no newtonianos por Ibarz, Barboza-Cánovas (1999).

$$K = K_0.\exp(Ea/RT)$$

Donde:

Ea : Energía de activación

K : Índice de consistencia

K_0 : Constante de proporcionalidad

R : Constante de los gases

T : Temperatura

exp : Base de logaritmo natural

Con los datos experimentales se calculó la energía de activación, aplicando logaritmos y ajustando los datos a una línea recta mediante regresión lineal.

$$\text{Ln } K = \text{Ln } K_0 + (Ea/R)(1/T)$$

3.6.2. Unidad experimental y unidad de medición

Unidad experimental: Para el presente estudio la unidad experimental lo constituyó la pulpa de cocona, porque fue a la pulpa a la que se sometió a las diferentes condiciones consideradas en los tratamientos (concentración de sólidos solubles y temperatura).

Unidad de medición: La unidad de medición fue lo reportado por el equipo (reómetro digital) que corresponde a los valores del esfuerzo de corte (**Pa**) y velocidad de deformación (**s^{-1}**), a partir de los cuales se determinó los valores del índice de flujo (**n**) e índice de consistencia (**K**).

3.6.3. Tipo de muestreo

Por las características del estudio se aplicó un muestreo intencionado, esto permitió seleccionar los frutos según el ecotipo en estudio. El reporte de la característica de la muestra (materia prima) se hará mediante las características biométricas y fisicoquímicas.

3.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Se tuvo en cuenta el análisis de contenido, mediante observación directa de los investigadores (visual e instrumental), sumado a ello el análisis de investigaciones locales, regionales, nacionales e internacionales y otros documentos de importancia como fuente de datos de toda investigación.

Instrumentación de recolección de datos

Los principales instrumentos para la recolección de la toma de datos, fueron: Guía técnica documental, validez de los datos (instrumentos específicos para el análisis), confiabilidad (equipos calibrados), reómetro digital RVD III+, balanza de precisión, colorímetro CR400, refractómetro, equipo de titulación, pH-metro, calibrador pie de rey.

3.7. Procesamiento de los datos

3.7.1. Diseño experimental para evaluar el efecto de la concentración y temperatura en el comportamiento reológico

El diseño experimental empleado para la evaluación del efecto de la concentración y temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de Cocona, fue el diseño completo al azar (DCA), con arreglo factorial 4x4 con tres repeticiones. El modelo lineal aditivo para el diseño es:

$$Y_{ij} = \mu_{ij} + C_i + T_i + (CxT)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} : Observaciones (parámetros reológicos **K**, **n**)

μ_{ij} : Efecto de la media general

C_i : Efecto de la concentración (10, 15, 20 y 25°Brix))

T_j : Efecto de la temperatura (30, 40, 50 y 60°C)

$(CxT)_{ij}$: Efecto de la interacción

ε_{ijk} : Error experimental

3.7.2. Técnicas para el procesamiento de los datos

La determinación de los parámetros reológicos (**K** y **n**), la media, desviación estándar, cuadros y figuras según los tratamientos se realizó en Microsoft Excel 2013, mediante la aplicación de regresión lineal, según el modelo de de la Ley de la Potencia de Ostwald.

Para el análisis estadístico y procesamiento de datos se utilizó los softwares estadísticos SPSS 21.0 y Statgraphics Centurión XV.

Para determinar el efecto de la concentración y temperatura en los parámetros reológicos de la pulpa edulcorada de cocona, se optó por la prueba paramétrica por ser los datos cuantitativos, recurriendo al análisis de varianza (prueba de F), para analizar el efecto de los factores, complementándose con la prueba de Tukey. Se consideró un nivel de significancia de 0,05.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características biométricas de la fruta de cocona

En el Cuadro 2, se muestran los resultados de las características biométricas obtenidos para los frutos de cocona empleados en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 2: Características biométricas del fruto de cocona.

Característica biométrica [1]	Unidad	Cantidad
Color	L*	39,33 ± 2,31
(Coordenadas colorimétricas)	a*	11,34 ± 0,97
	b*	41,96 ± 3,34
Diámetro axial	mm	85,69 ± 3,55
Diámetro ecuatorial	mm	65,75 ± 2,90
Peso	g	210,20 ± 2,90

[1] Los valores corresponden a la media ± SD, para n = 20.
L*(Luminosidad): 0 = negro, 100 = blanco. a* (Tendencia al rojo): rojo (+) y verde (-). b*(Tendencia al amarillo): amarillo (+) y azul (-)

El reporte de las coordenadas colorimétricas, muestran la coloración del fruto maduro de cocona cuya tendencia es ligeramente claro (valor medio de la luminosidad L*); con tendencia ligera hacia el rojo (valor bajo de la coordenada a*) y con tendencia a un amarillo pálido (valor medio de la coordenada b*). Vargas (2015), reportó para el morfotipo ovalado, valores de coordenadas colorimétricas, L*: 55,68 ± 0,35; a*: 18,64 ± 0,74; b*: 57,22 ± 1,09, mostrando la diferencia entre ecotipos. Respecto a los diámetros axial y ecuatorial difieren de lo reportado por Carbajal y Balcázar (2004), esto debido a que los frutos empleados en la investigación fueron los del ecotipo esferoide alto.

4.2. Características fisicoquímicas de la pulpa de cocona

En el Cuadro 3, se muestra los resultados de las características fisicoquímicas obtenidos para la pulpa de Cocona empleados en el presente trabajo de investigación.

Yuyama *et al*., (2008), encontró para la pulpa de cocona (por 100 g de pulpa integral) un contenido de humedad: 94,32 ± 0,07 g; acidez total: 0,53 ± 0,01; pH: 4,79 ± 0,01, También Carbajal y Balcázar (2004) encontraron para la pulpa de cocona un contenido de 87,50 % de humedad. Además Vargas (2015), reportó para frutos de cocona morfotipo ovalado los valores de, rendimiento en pulpa (%): 64; pH: 3,31 ± 0,01; sólidos solubles (%): 6,33

± 0,31 y acidez (%): 2,08 ± 0,04. Estos valores difieren ligeramente de lo encontrado en el presente estudio; para el caso del pH y la acidez, los frutos empleados en el presente estudio resultaron más ácidos, esta diferencia puede ser por el ecotipo empleado en la investigación (esferoide alto). Por su alto contenido de humedad la cocona se considera como un fruto suculento.

Cuadro 3: Características físicas y químicas de la pulpa de cocona.

Característica física o química [1]	Unidad	Cantidad
Peso de fruto	g	210,20 ± 12,51
Rendimiento en pulpa	%	62,19 ± 3,68
Diámetro ecuatorial	mm	65,75 ± 2,90
Diámetro axial	mm	85,69 ± 3,15
°Brix	%	6,50 ± 0,40
pH	-	3,63 ± 0,08
Acidez (Ácido cítrico)	%	1,42 ± 0,09
Humedad [2]	%	86,57 ± 3,13

[1] Los valores corresponden a la media ± SD, para n = 20.
[2] Los valores corresponden a la media ± SD, para n = 4.

La variación en la composición físicoquímica de la pulpa de frutas depende de muchos factores, tales como variedad, grado de maduración, procedencia, época de siembra y cosecha. Los valores de pH, acidez y °Brix, obtenidos permiten afirmar que la pulpa de cocona, representa una ventaja para el aprovechamiento de este fruto a nivel agroindustrial.

4.3. Determinación de los parámetros reológicos de la pulpa

Para la medición de la viscosidad aparente de las muestras de pulpa de cocona se utilizó el spindle N° 7 del reómetro digital Brookfield RVD III+, ya que todos los valores de viscosidad aparente se encontraban en un rango de torque de 10-100%. Los resultados de las evaluaciones reológicas para la pulpa de cocona a diferente concentración y temperatura se muestran en los Cuadros del 13 al 24 de anexos.

Con los valores obtenidos se procedió a calcular los parámetros reológicos: Índice de consistencia (**K**) e índice de flujo (**n**) aplicando el modelos de Ostwald de Waele o Ley de la Potencia. Dichos valores se muestran en el Cuadro 4.

Los

Cuadro 4. Parámetros reológicos: Índice de consistencia (**K**) e índice de flujo (**n**) de la pulpa de cocona por cada tratamiento.

Concentración x Temperatura	**K** (Pa-s^n) [1]	**n** [1]	**R^2**
10°Brix - 30°C	111,160 ± 2,919	0,271 ± 0,005	0,9995
10°Brix - 40°C	90,786 ± 2,919	0,294 ± 0,005	0,9996
10°Brix - 50°C	79,992 ± 2,919	0,303 ± 0,005	0,9994
10°Brix - 60°C	72,872 ± 2,919	0,312 ± 0,005	0,9981
15°Brix - 30°C	106,268 ± 2,919	0,279 ± 0,005	0,9994
15°Brix - 40°C	88,942 ± 2,919	0,298 ± 0,005	0,9972
15°Brix - 50°C	78,990 ± 2,919	0,304 ± 0,005	0,9988
15°Brix - 60°C	70.322 ± 2,919	0,311 ± 0,005	0,9968
20°Brix - 30°C	105,723 ± 2,919	0,284 ± 0,005	0,9992
20°Brix - 40°C	84,297 ± 2,919	0,307 ± 0,005	0,9995
20°Brix - 50°C	72,907 ± 2,919	0,318 ± 0,005	0,9980
20°Brix - 60°C	60,718 ± 2,919	0,327 ± 0,005	0,9962
25°Brix - 30°C	82,708 ± 2,919	0,312 ± 0,005	0,9996
25°Brix - 40°C	66,342 ± 2,919	0,333 ± 0,005	0,9995
25°Brix - 50°C	56,154 ± 2,919	0,348 ± 0,005	0,9986
25°Brix - 60°C	48,634 ± 2,919	0,353 ± 0,005	0,9958

FUENTE: Elaboración propia.
[1] Los datos corresponden a la media ± SE, para n = 3.

coeficientes de determinación (R^2) obtenidos demuestran que la pulpa de cocona para las condiciones de la investigación (concentración y temperatura) se ajusta adecuadamente al modelo de Ley de la Potencia ($0,9995 \geq R^2 \geq 0,9958$), comportándose como un fluido no newtoniano de carácter seudoplástico, debido a que para todos los tratamientos el valor del índice de comportamiento al flujo (**n**) fue menor que uno, siendo el menor valor (0,271 ± 0,005) para la pulpa de cocona con 10°Brix evaluado a 30°C; mientras que el mayor valor del índice de flujo (0,353 ± 0,005) corresponde a la pulpa de cocona con 25°Brix evaluado a 60°C. El comportamiento pseudoplástico indica la presencia de compuestos de elevado peso molecular (Barbosa, Ibarz y Peleg, 1993).

Este modelo y comportamiento ha sido reportado para muchas pulpas de frutas, como borojó (Díaz *et al*., 2012), tuna variedad blanca (Matos-Chamorro *et al*., 2010), maracuyá (Pelissoni *et al*., 2010), níspero (Andrade *et al*., 2009), acerola (Silva *et al*., 2005).

También se observó que, conforme la temperatura se incrementa la pulpa de cocona pierde ligeramente pseudoplasticidad (aumenta el valor de **n**); el índice de consistencia (K), disminuye conforme aumenta la temperatura.

Desde el punto de vista industrial, el comportamiento seudoplástico, facilita el flujo de la pulpa y el intercambio de calor durante el procesamiento, debido a que una disminución de la viscosidad aparente ocasiona una menor pérdida de carga durante el flujo, dando como resultado una menor demanda de energía para su procesamiento (Andrade *et al*., 2010).

4.4. Influencia de la concentración de sólidos solubles y temperatura en los parámetros reológicos de la pulpa de cocona

Los resultados obtenidos de la evaluación reológica de la pulpa de cocona a diferente concentración de sólidos solubles (10, 15, 20 y 25 °Brix) y temperatura (30, 40, 50 y 60 °C) se muestran en Anexos (Cuadros 13 al 24).

Con los valores calculados del índice de consistencia e índice de flujo mostrados en Anexos (Cuadro 25) se procedió a realizar el análisis de varianza (ANVA), con el objetivo de determinar la influencia de la concentración de sólidos solubles y temperatura en los parámetros reológicos de la pulpa de cocona, los resultados del ANVA se observan en los Cuadros 5 y 6 para el índice de consistencia e índice de fluo respectivamente.

Cuadro 5: Análisis de varianza para el índice de consistencia (**K**) de la pulpa de cocona.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Fc	Pv
Modelo[1]	14552,10	15	970,14	37,96	0,00
Concentración	4650,84	3	1550,28	60,66	0,00
Temperatura	9786,08	3	3262,03	127,64	0,00
Concentración-Temperatura	115,18	9	12,80	0,50	0,86
Error	817,78	32	25,56		
Total	15369,90	47			

FUENTE: Elaboración propia.
Nivel de confianza del 95 %, nivel de significancia igual a α = 0,05
[1] R^2 = 94,68 %

Según el ANVA, se observó que los factores concentración de sólidos solubles y temperatura mostraron valores de probabilidad menores que 0,05 (Pv = 0,00) lo que pone de manifiesto la influencia altamente significativa de la concentración de sólidos solubles y la temperatura en el índice de consistencia (**K**). Además, para el efecto de la interacción (concentración de sólidos – temperatura) el valor de la probabilidad es mayor que 0,05 (Pv = 0,86); quedando demostrado que no hay evidencia estadística suficiente que la interacción de los factores en estudio influyen en índice de consistencia (**K**).

Cuadro 6: Análisis de varianza para el índice de flujo (**n**) de la pulpa de cocona.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
Modelo[1]	0,0233	15	0,0016	17,26	0,00
Concentración	0,0128	3	0,0043	47,47	0,00
Temperatura	0,0103	3	0,0034	38,21	0,00
Concentración-Temperatura	0,0002	9	0,0002	0,21	0,99
Error	0,0029	32	0,0001		
Total	0,0261	47			

FUENTE: Elaboración propia.
Nivel de confianza del 95 %, nivel de significancia igual a α = 0,05
[1] R^2 = 89,00 %

El ANVA realizado para el índice de flujo, puso en evidencia la influencia altamente significativa de la concentración de sólidos solubles y la temperatura en el índice de flujo (**n**), por dichos factores mostraron valores de probabilidad menores que 0,05 (Pv = 0,00). Respecto al efecto de la interacción de ambos factores (concentración de sólidos – temperatura) se pudo observar que el valor de la probabilidad es mayor que 0,05 (Pv = 0,99); quedando demostrado que no hay evidencia estadística suficiente para afirmar que la interacción de los factores en estudio influyen en el índice de flujo (**n**),

En los Cuadros 7 y 8, se muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de significación de 5%, para la concentración y temperatura respectivamente.

Cuadro 7: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el índice de consistencia e índice de flujo, por concentración para la pulpa de cocona.

°Brix	**Cantidad**	**K** (Pa-s^n) [1]	**n** [1]
10°Brix	12	88,703 ± 1,459 [a]	0,295 ± 0,003 [a]
15°Brix	12	86,131 ± 1,459 [a, b]	0,298 ± 0,003 [a]
20°Brix	12	80,911 ± 1,459 [b]	0,309 ± 0,003 [b]
25°Brix	12	63,460 ± 1,459 [c]	0,336 ± 0,003 [c]

FUENTE: Elaboración propia.
[1] Los datos corresponden a la media ± SE, para n = 12.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

A medida que la concentración de sólidos solubles (°Brix) de la pulpa se incrementa, el índice de consistencia disminuye, presentando diferencias significativas notorias para las concentraciones de 10°Brix y 25°Brix. Respecto al índice de flujo, este incrementa su valor conforme aumenta la concentración de sólidos solubles, perdiendo pseudoplasticidad.

Cuadro 8: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el índice de consistencia e índice de flujo, por temperatura para la pulpa de cocona.

Temperatura	**Cantidad**	**K** (Pa-s^n) [1]	**n** [1]
30°C	12	101,465 ± 1,459 [a]	0,287 ± 0,003 [a]
40°C	12	82,592 ± 1,459 [b]	0,308 ± 0,003 [b]
50°C	12	72,011 ± 1,459 [c]	0,318 ± 0,003 [b, c]
60°C	12	63,136 ± 1,459 [d]	0,326 ± 0,003 [c]

FUENTE: Elaboración propia.
[1] Los datos corresponden a la media ± SE, para n = 12
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Conforme incrementa la temperatura el índice de consistencia disminuye, presentando diferencias significativas para cada temperatura. Mientras que, para el índice de flujo se observó que su valor aumenta, lo que indica que la pulpa de cocona va perdiendo seudoplasticidad; para el índice de consistencia se observó el mismo comortamiento para la pulpa de zapote (Ocampo, 2014)..

La variación de la viscosidad de la pulpa de cocona en función a la velocidad de rotación (indirectamente velocidad de corte) se muestra en las Figuras del 4 al 7; para las concentraciones consideradas en el estudio.

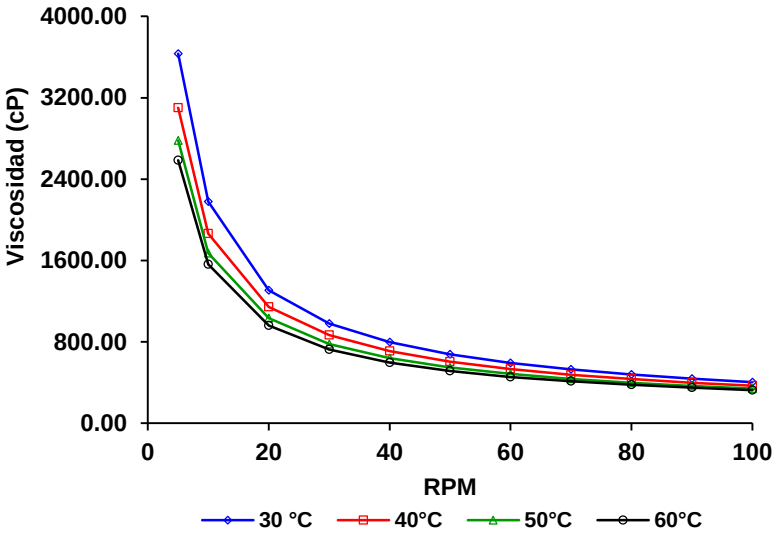

Figura 4. Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (10°Brix) a diferentes temperaturas.

Conforme se incrementa la velocidad de rotación (rpm) la viscosidad de la pulpa de cocona disminuye. Este mismo comportamiento lo reporta Haminiuk (2006) para la pulpa de aguaje. La conducta del flujo de las soluciones es afectada principalmente por el tipo de soluto. El alto peso molecular de los polímeros solubles incrementa significativamente la viscosidad aun en bajas concentraciones, aunque depende de sus propiedades moleculares como tamaño, forma, flexibilidad e hidratación. Para estos sistemas, el coeficiente de viscosidad baja cuando la velocidad de corte aumenta (Badui, 2013).

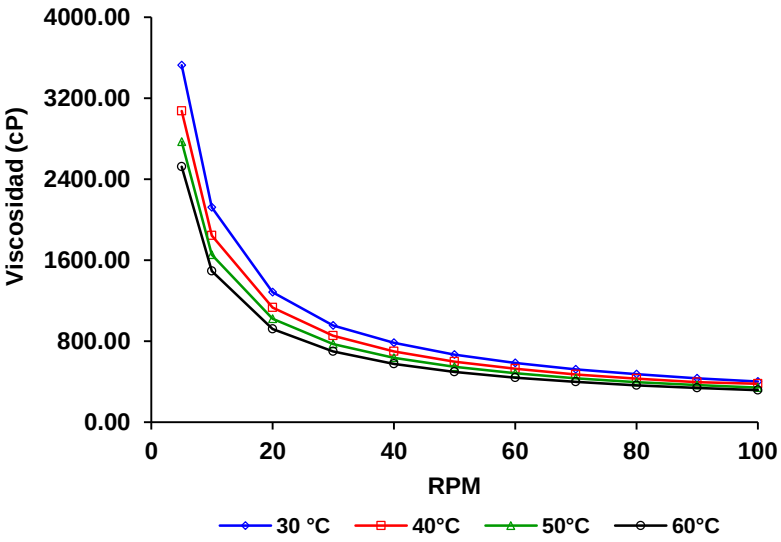

Figura 5: Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (15°Brix) a diferentes temperaturas.

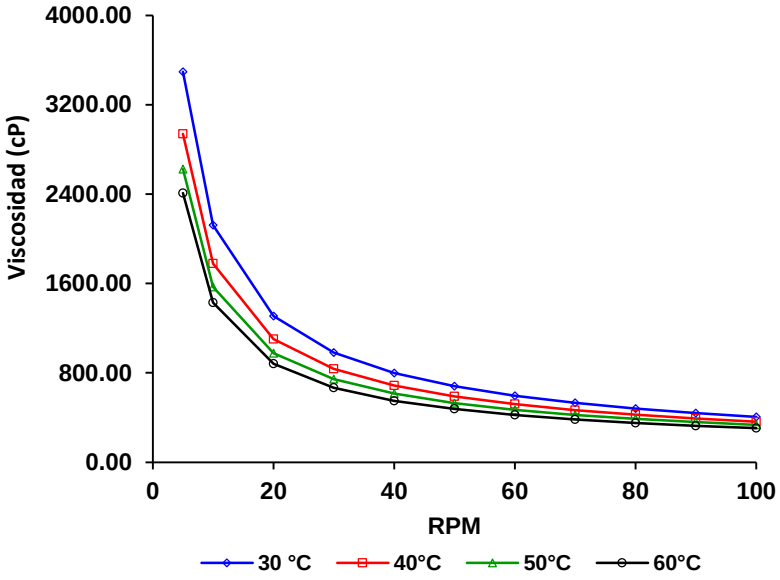

Figura 6: Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (20°Brix) a diferentes temperaturas.

Las pulpas de frutas generalmente son fluidos no newtonianos, con la viscosidad aparente disminuyendo con el incremento del gradiente de deformación (velocidad de rotación). Por otro lado, también se observó, que para una misma velocidad de rotación (rpm) la viscosidad es mayor para la pulpa que está a menor temperatura, este fenómeno se repite para todas las concentraciones de la pulpa de cocona. Verificándose gráficamente lo determinado en el análisis de varianza, que la temperatura afecta la viscosidad..

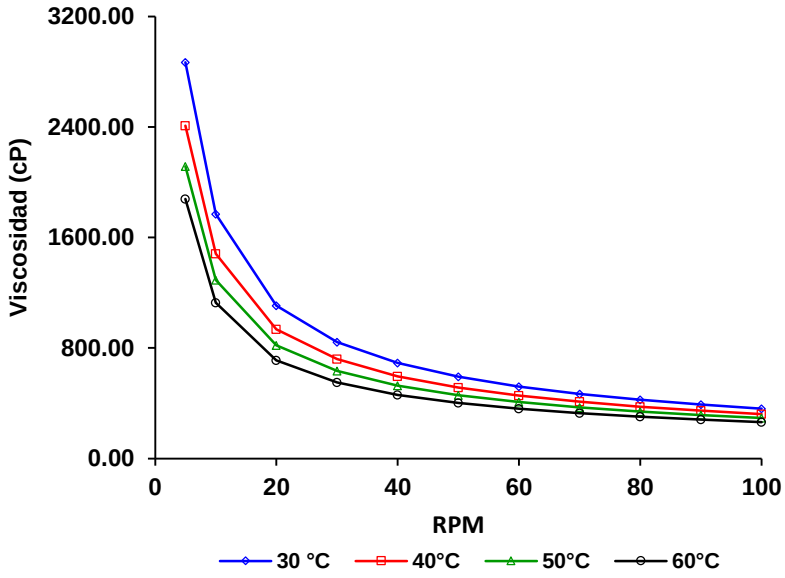

Figura 7. Comportamiento de la viscosidad de la pulpa de cocona (25°Brix) a diferentes temperaturas.

En las Figuras 8, 9, 10 y 11 se muestran los reogramas correspondientes para la pulpa de cocona a las concentraciones de 10, 15, 20 y 20°Brix, los cuales fueron evaluadas a 30, 40, 50 y 60°C.

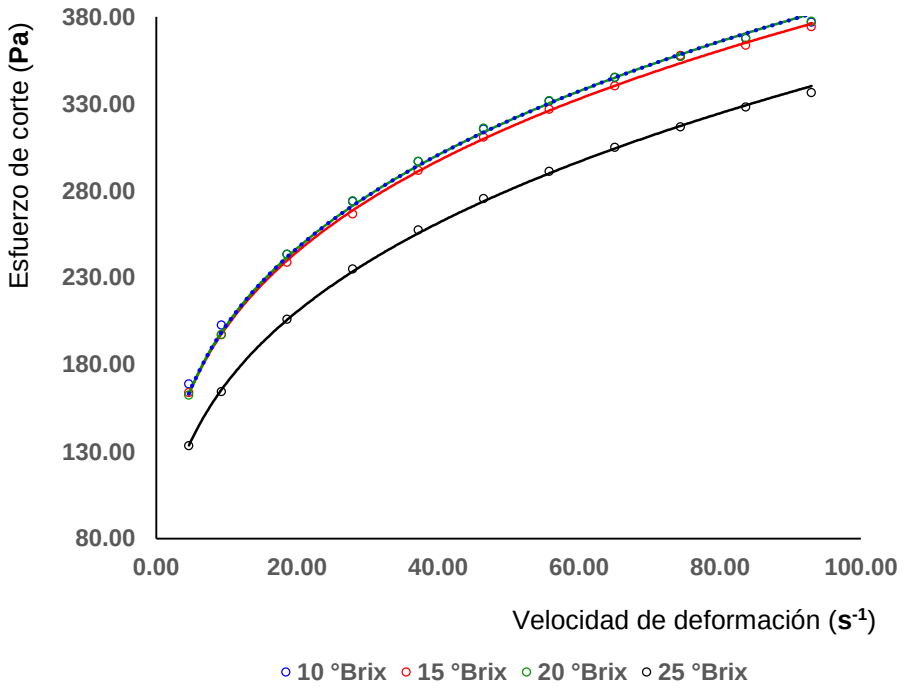

Figura 8. Reograma evaluado a 30°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones.

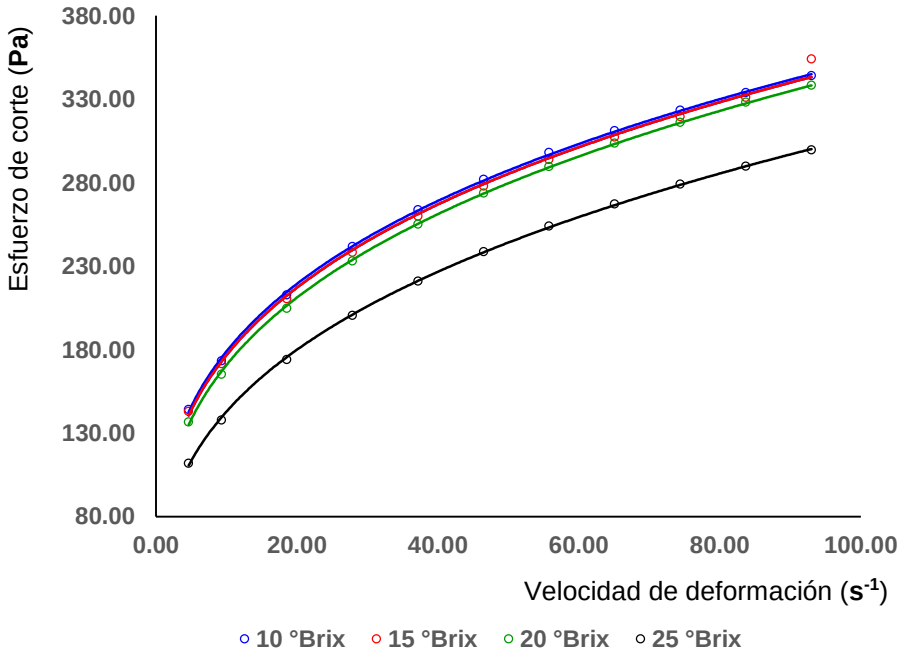

Figura 9. Reograma evaluado a 40°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones.

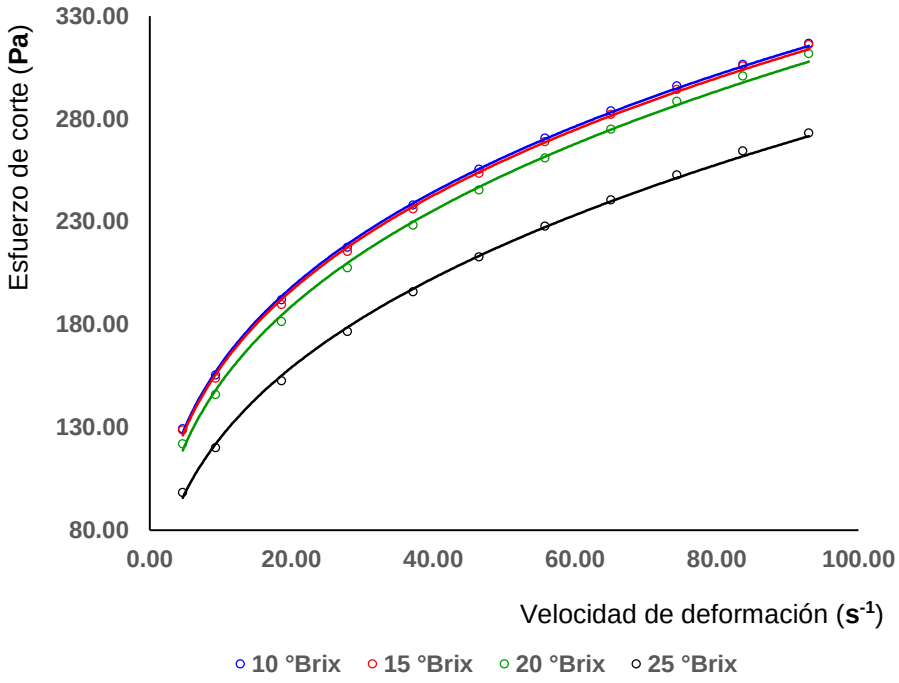

Figura 10. Reograma evaluado a 50°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones.

Se observa que para una misma concentración, conforme se incrementa la velocidad de deformación el esfuerzo de corte aumenta, lo que corrobora el carácter pseudoplástico de la pulpa de cocona para las concentraciones en estudio.

Según Lewis (2003), la viscosidad de una solución es afectada por la concentración de soluto, aumentando conforme ésta se incrementa; porque el aumento de la viscosidad involucra un mayor esfuerzo para vencer la resistencia. Sin embargo, para el caso de la pulpa de cocona ocurre lo contrario; podemos observar que a mayor concentración de sólidos solubles el esfuerzo de corte es menor, para un mismo valor de velocidad de deformación.

Jimenez y Durán (1979), afirmaron que se da el incremento del esfuerzo de corte conforme se incrementa la concentración. Además, los zumos, purés y concentrados de frutas forman un grupo de productos constituidos por una fase dispersante, en la que se encuentran disueltos azúcares, ácidos, pectinas solubles, proteínas, sales, etc. y una fase dispersa compuesta por partículas de diferente forma y volumen, procedentes de los tejidos de la fruta. Esta aseveración es contraria a lo encontrado para la pulpa de cocona, donde se verifica que para un mismo valor de velocidda de deformación a mayor concentración el esfuerzo de corte disminuye.

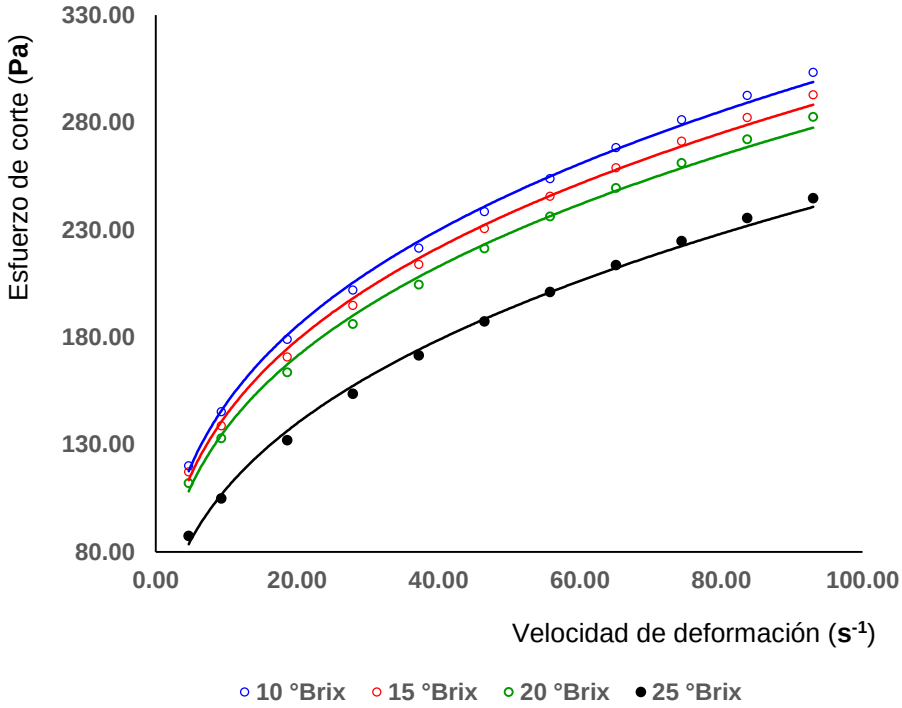

Figura 11. Reograma evaluado a 60°C de la pulpa de cocona a diferentes concentraciones.

En los reogramas mostrados en las Figuras 12, 13, 14 y 15, para la pulpa de cocona evaluadas a 30, 40, 50 y 60°C, para cada concentración de sólidos solubles, se observa que conforme se incrementa la temperatura el esfuerzo de corte también disminuye y por ende la viscosidad; en todos los casos, se observa que el esfuerzo de corte es mayor para el efecto de solidos solubles que el efecto de la temperatura.

La viscosidad de un líquido es una función de las fuerzas intermoleculares que restringen el movimiento molecular. Estas fuerzas dependen de los espacios intermoleculares los cuales determinan el volumen libre y este es afectado por los cambios de temperatura y presión (Barbosa-Cánovas, Ibarz y Peleg, 1993). Durante algunas operaciones de la industria alimentaria la viscosidad variar considerablemente. Esto ocurre en particular en aquellos procesos que implican calentamiento, enfriamiento (Lewis, 1993).

Similar comportamiento reportaron para la pulpa de las frutas: maracuyá (Pelissoni *et al*., 2010), níspero (Andrade *et al*., 2009) y acerola (Silva et al., 2005).

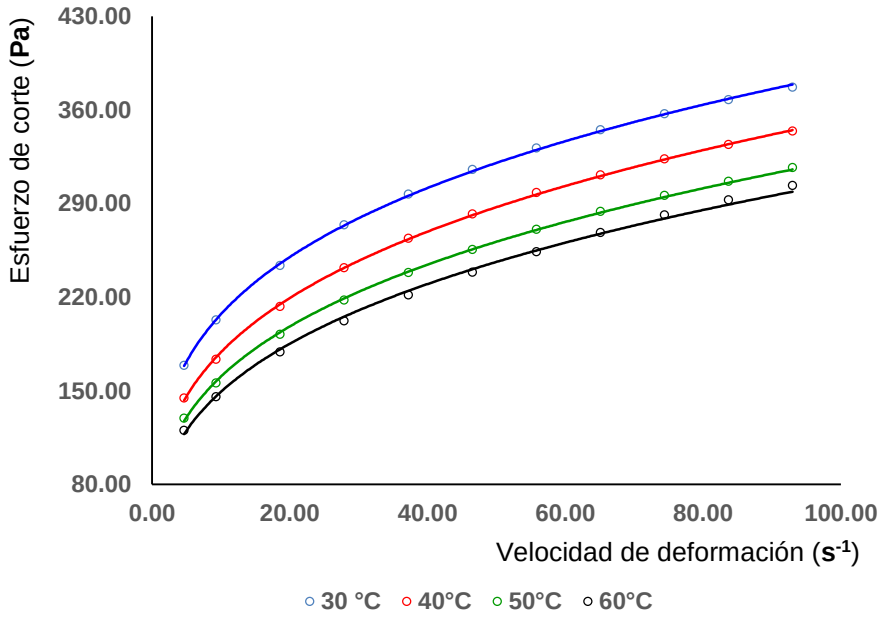

Figura 12. Reograma de la pulpa de cocona (10°Brix), evaluado a diferentes temperaturas.

La Figura 13, muestra los reogramas para la pulpa de cocona con 15°Brix, evaluadas a la temperatura de 30, 40, 50 y 60°C.

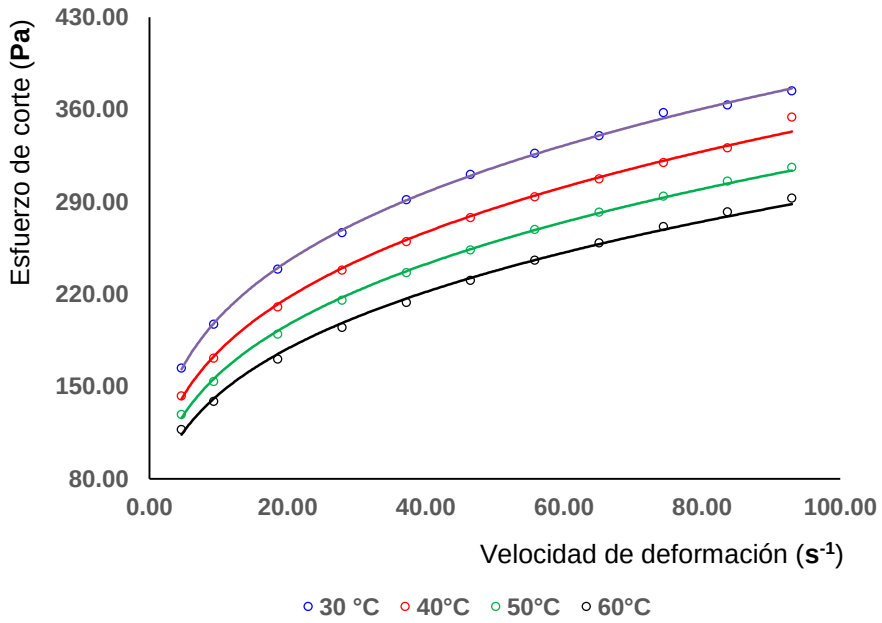

Figura 13: Reograma de la pulpa de cocona (15°Brix), evaluado a diferentes temperaturas.

La Figura 14, muestra los reogramas para la pulpa de cocona con 20°Brix, evaluadas a la temperatura de 30, 40, 50 y 60°C.

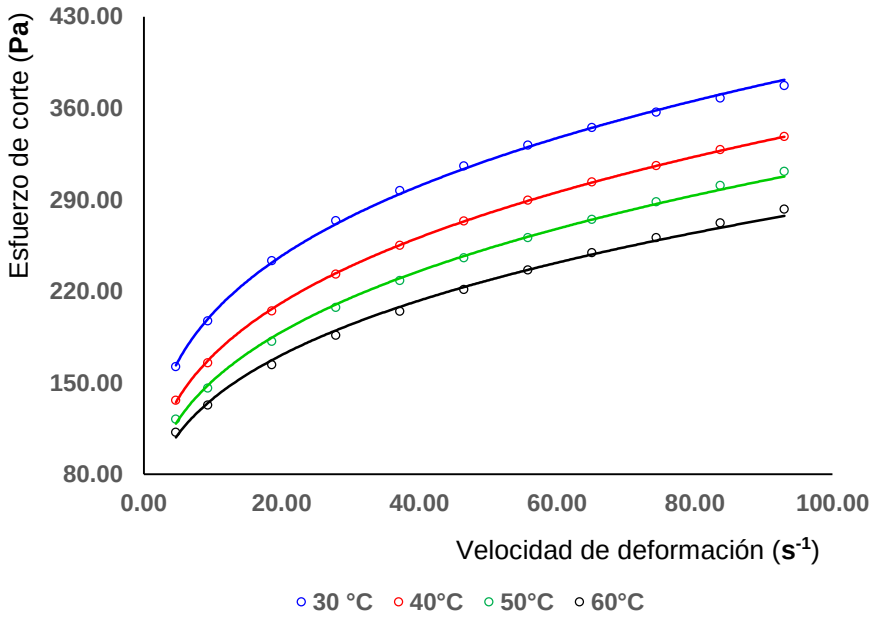

Figura 14: Reograma de la pulpa de cocona (20°Brix), evaluado a diferentes temperaturas.

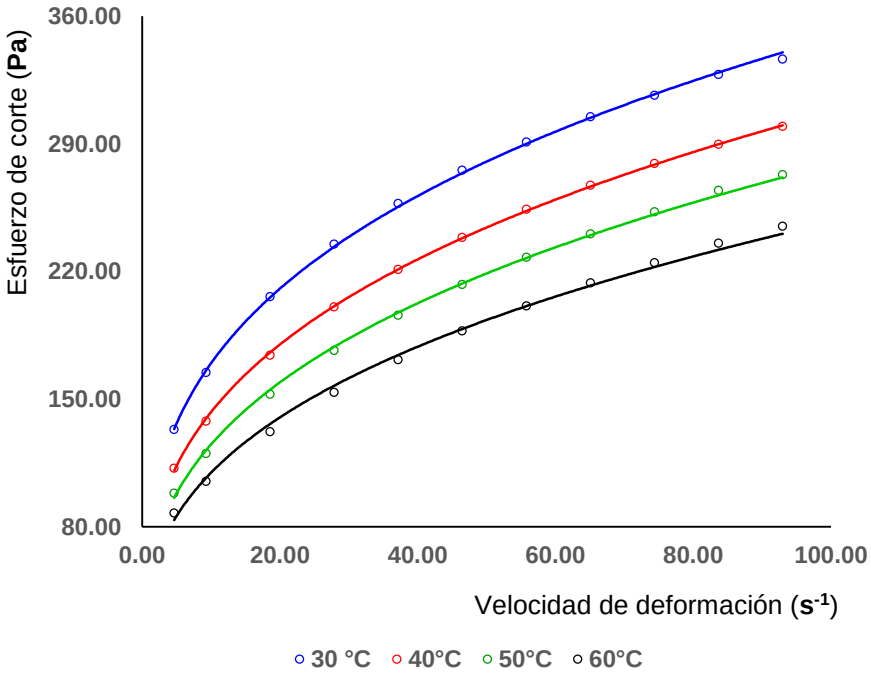

Figura 15: Reograma de la pulpa de cocona (25°Brix), evaluado a diferentes temperaturas.

Desde el punto de vista industrial, este comportamiento seudoplástico, facilita el flujo de la pulpa y el intercambio de calor durante el procesamiento, debido a que una disminución de la viscosidad aparente ocasiona una menor pérdida de carga durante el flujo, dando como resultado una menor demanda de energía para su procesamiento (Andrade *et al*., 2010).

4.5. Determinación de la energía de activación al flujo

En Anexos (Cuadro 26), se muestra los cálculos realizados para determinar la energía de activación (Ea) al flujo para la pulpa de Cocona según la concentración de sólidos solubles. Mediante la expresión:

$$\boldsymbol{K = K_0 . \epsilon^{\frac{E_a}{R.T}}}$$

Donde:
Ea : Energía de activación
K : Índice de consistencia
R : Constante de los gases
T : Temperatura

Aplicando logaritmos tenemos:

$$\boldsymbol{Ln\ K = Ln\ K_0 + \frac{E_a}{R} . (\frac{1}{T})}$$

Mediante regresión lineal se halló los valores de la energía de activación (Cuadro 9), para el rango de temperatura considerada en el estudio y por cada concentración de sólidos solubles (10, 15 y 20°C) de pulpa de cocona. El efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia se describe adecuadamente con la ecuación de Arrhenius.

Cuadro 9. Energía de activación de la pulpa de Cocona, según la concentración de sólidos solubles.

Temperatura (K**)**	**K (**Pa-s^n**)** **10°Brix**	**K (**Pa-s^n**)** **15°Brix**	**K (**Pa-s^n**)** **20°Brix**	**K (**Pa-s^n**)** **25°Brix**
303,15	111,160	106,268	105,720	82,708
313,15	90,786	88,942	84,300	66,342
323,15	79,992	78,990	72,910	56,154
333,15	72,872	70,322	60,720	48,634
R^2	0,9781	0,9930	0,9951	0,9950
Ea (kJ/mol)	11,751	11,423	15,204	14,808

FUENTE: Elaboración propia.

En pulpa de tuna obtuvieron valores de Ea entre 9,48 y 12,86 kJ/mol (Matos-Chamorro *et al*., 2010); en pulpa de acerola la Ea varía entre 1,79 kcal/gmol para el jugo de acerola a 16°Brix, y 3,50 kcal/gmol, para las muestras a 4°Brix (Silva et al., 2005).

En la Figura 16, se observa el aumento del índice de consistencia con el inverso de la temperatura, mostrando que el índice de consistencia disminuye con el aumento de la temperatura, indicando que la pulpa de cocona se vuelve menos consistente a medida que se incrementa la temperatura.

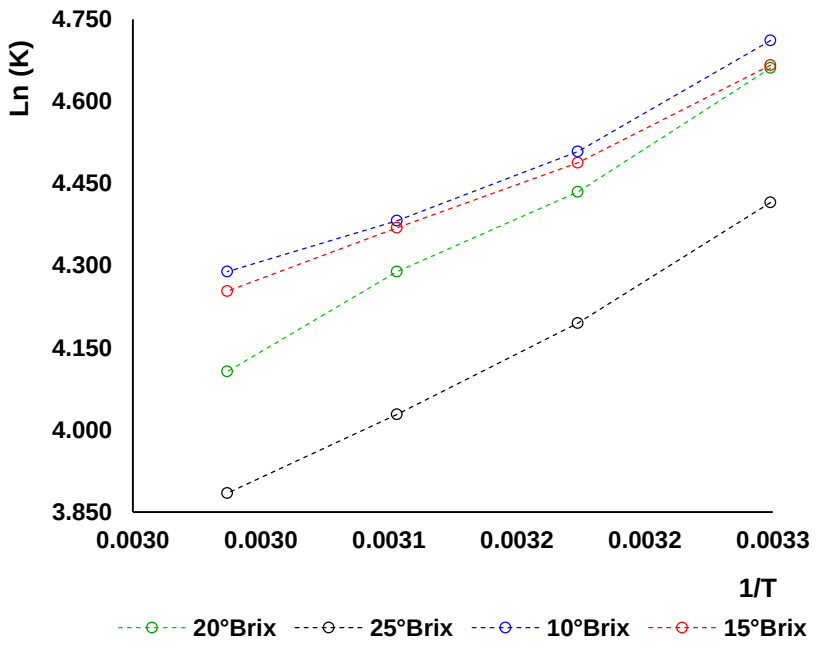

Figura 16. Efecto de la temperatura en el índice de consistencia de la pulpa de cocona.

El índice de comportamiento al flujo se ajusta al modelo lineal (Cuadro 10), donde los valores del coeficiente de determinación son cercanos a la undad ($R^2 \geq 0,92$) y en la Figura 17, se observa que el índice de flujo aumenta con la temperatura en el rango evaluado, lo que demuestra que el fluido pierde seudoplasticidad; esto concuerda con lo reportado para pulpa de guayaba (Andrade *et al*., 2009), pulpa de zapote (Andrade *et al*., 2010), pulpa de butia (Haminiuk *et al*., 2006) y pulpa de maracuyá (Pelissoni y Gomes, 2010).

Cuadro 10: Valores del índice de flujo para la pulpa de cocona y coeficiente de determinación de la regresión lineal, según la concentración.

Temperatura (K)	**n 10°Brix**	**n 15°Brix**	**n 20°Brix**	**n 25°Brix**
303,15	0,2710	0,2793	0,2844	0,3123
313,15	0,2945	0,2980	0,3066	0,3331
323,15	0,3029	0,3044	0,3178	0,3478
333,15	0,3115	0,3113	0,3273	0,3528
R^2	0,9262	0,9233	0,9556	0,9367

FUENTE: Elaboración propia.

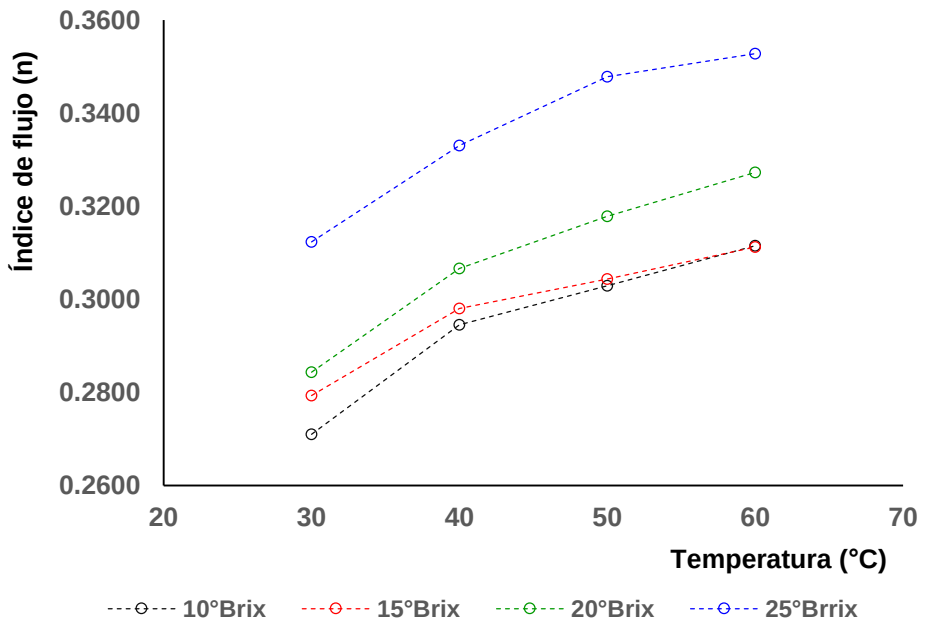

Figura 17. Efecto de la temperatura en el índice de flujo de la pulpa de cocona.

V. CONCLUSIONES

Se utilizó frutos de cocona del ecotipo esferoide alto cuyas coordenadas coloriméricas fueron: L*= 39,33 ± 2,31; a*= 11,34 ± 3,34; b*= 41,96 ± 3,34; peso: 210,20 ± 2,90 g; diámetro axial: 85,69 ± 3,55 mm; diámetro ecuatorial: 65,75 ± 2,90 mm y la pulpa con características fisicoquímicas : 6,50 ± 0,40 °Brix; pH: 3,63 ± 0,08; acidez (%): 1,42 ± 0,09 y humedad: 86,57 ± 3,13 %; el rendimiento (%) de la pulpa obtenida fue del 62,19 ± 3,68. La caracterización fisicoquímca de la pulpa de cocona permite catalogarla como ácida lo que constituye en elemento o factor intrínseco que restringe el crecimiento de ciertas poblaciones de microorganismos y lo hacen apto para aplicaciones industriales por ser un producto suculento.

- Se determinó el índice de consistencia (**K**) y el índice de flujo (**n**) a las concentraciones de 10, 15, 20 y 25°Brix; se observó que para la pulpa con una concentración de 10°Brix fue: 88,703 ± 1,459 Pa-s^n, para 15°Brix fue: 86,131 ± 1,459 Pa-s^n, para 20°Brix fue: 80,911 ± 1,459 Pa-s^n,y para 25°Brix fue: 63,460 ± 1,459 Pa-s^n. La concentración influye negativamente sobre el índice de consistencia (pierde consistencia), siendo el ajuste mediante la Ley de la Potencia. Los valores determinados para el índice de flujo variaron de: 0,295 ± 0,003 a 0,336 ± 0,003, demostraron que la concentración influye sobre el índice de flujo; además, se trata de un fluido no newtoniano con carácter pseudoplástico para las concentraciones de sólidos solubles estudiadas.

- Se determinó el índice de consistencia (K) para las temperaturas consideradas en el estudio; obteniendo el mayor valor a 30°C: 101,465 ± 1,459 Pa-s^n, y el menor valor a 60°C: 63,136 ± 1,459 Pa-s^n. El índice de consistencia disminuyó conforme se incrementó la temperatura. La evaluación demostró que la temperatura influye negativamente sobre el índice de consistencia; Los valores determinados para el índice de flujo variaron de: 0,287 ± 0,003 a 0,326 ± 0,003, demostraron que la temperatura influye sobre el índice de flujo; además, la pulpa de cocona demostró pseudoplasticidad en el rango de temperatura estudiado. La pulpa de cocona se comporta como un fluido no newtoniano pseudoplástico, perdiendo pseudoplasticidad conforme se incrementa los sólidos solubles o la temperatura, donde la viscosidad disminuye con la velocidad de corte.

- El índice de consistencia (**K**) fue correlacionada adecuadamente (R^2 = 0,98) en función de la temperatura, mediante la ecuación de Arrhenius, lo que permitió calcular la Energía de activación al flujo (**Ea**). Siendo los valores: 11,751 kJ/mol para la pulpa de cocona con 10°Brix; 11,423 kJ/mol para la pulpa de cocona con 15°Brix; 15,204 kJ/mol para la pulpa de cocona con 20°Brix y 14,808 kJ/mol para la pulpa de cocona con 25°Brix. Todas en el rango de temperatura: 30°C - 60°C.

- Con la determinación de los parámetros reológicos, se permite saber la forma como el fluido de la pulpa de cocona fluye a través de sistemas de tuberías, es decir, con el conocimiento de estos parámetros se pueden hacer cálculos pr el diseño de equipos como bombas, intercambiadores de calor, evaporadores, deshidratadores y todos los equipos e los que existe flujo o cmios en la cosistencia.

VI. RECOMENDACIONES

- Desarrollar investigaciones sobre la influencia de la temperatura y concentración en el comportamiento reológico de la pulpa de cocona, en este caso la variación de la concentración debe realizarse por evaporación y no agregando sacarosa.

- Realizar investigaciones sobre el comportamiento reológico de la pulpa de frutas de la región en función de la temperatura y concentración. La concentración debe realizarse de dos formas: evaporación y agregando sacarosa.

- Determinar el comportamiento reológico de la pulpa de frutas de la región en función de la temperatura, con el objetivo de tener una línea base respecto al comportamiento reológico de pulpas de la región.

- Realizar estudios para correlacionar la calidad o la pureza de un producto (miel de abeja o leche) con los parámetros reológicos de la misma.

- Realizar la evaluación reológica antes de implantar o adquirir una planta de proceso, toda vez que dicha evalución nos brindará la información científica necesaria para la compra y diseño de los equipos, evitando posteriormente costos innecesarios que perjudicaría al inversionista o empresario.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Herrera, JG; Rozo-Romero, X; Reyes, AJ. 2015. Comportamiento poscosecha de poscosecha de frutos de ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) en cuatro estados de madurez tratados con etileno. Rev. Colomb. Cienc. Hortic. Vol 9 – N° 1- 2015. Consultado el 15 de jul. 2015. Disponible en: http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencias_ horticolas /article/view/3745

Alvarado, J. 1996. Principios de ingeniería aplicada a alimentos. Ed. Radio Comunicaciones. Ecuador

Andrade, R; Torres, R; Montes, E; Pérez, O; Bustamante, C; Mora, B. 2010. Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de zapote (*Calocarpum sapota* Merr). Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 33, N°2: 138-144, 2010. Colombia. Consultado el 26 de marzo 2016. Disponible en: hhtp://www. Researchgate.net/ publication/22014219..

Andrade, R; Ortega, Q; Montes, E; Torres, R. 2009. Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* l.) variedades híbrido de Klom Sali, Puerto Rico, D14 y red. Grupo investigaciones en procesos agroindustriales, Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Colombia. Consultado el 26 de nov. 2014. Disponible en: hhtp://www. redalyc.uaemex.mx/redalyc/ pdf/1698/ 169815643002.pdf.

Andrade R; Torres, R.; Montes, E; Pérez, O; Restan, L; Peña, R. 2009. Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.) Rev. Fac. Agron. (LUZ), 2009, 26: 599 - 612. Consultado el 26 de nov. 2014. Disponible en: hhtp://www.scielo.br/pdf/ v26n1/28873.pdf.

Asprilla, A.; Murcia, J. 2006. Estudio etnobotánico de la especie *Solanum sessiliflorum* Dunal en la comunidad del municipio de Tadó - Chocó Colombia. 65 p.

Astorga, SJI; Reyes, RPM. 2011. Elaboración de una bebida baja en calorías a base de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) y extracto de soya (*Glycine max*) edulcorada con stevia (*Stevia rebaudiana*). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa.

AOAC. 2002. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of Analysis (15 ed.). Association of Analytical Chemists, Arlington, VA, 319 pp.

Badui, DS. 2013. Química de los alimentos 5ta edición. Pearson. México.2013. 744 pág.

Barbosa, G; Ibarz, A.; Peleg, M. 1993. Propiedades reológicas de alimentos fluidos. Revisión. Revista Alimentaria. Madrid. España

Barnes, H; Walters, K. 1985. The yield stress myth. Rheol. Acta 24:323-326.

Brookfield. Specialists in the measurement and control of viscosity. Brookfield Engineering Laboratories, INC. USA.

Carbajal, C.; Balcázar, L. 2004. Cultivo de Cocona. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP. Tingo María – Perú. pp. 54. Disponible en: http://www.iiap.org.pe/ publicaciones/CD/documentos /M005.pdf

Chuchuca, MGW; Dick, Zak; Peñafiel, UJF. 2012. Implementación y validación de unametodología económica para la medición de color aplicada en alimentos. Tesis para optar el título de Ingeniero de alimentos. Facultad de Ingeniería en mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior técnica del Litoral. 120 p.

Corral, Y. 2009. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Facultad de Ciencias Económicas Y Sociales Universidad de Carabobo Valencia Estado Carabobo Venezuela. Revista Ciencias de la Educación. Segunda Etapa / Año 2009 / Vol 19/ Nº 33. Valencia, Enero – Junio, [citado 2015-06-06]. Disponible en:wwww. servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf

Costell, E; Duran, L. 1983. Los parámetros reológicos como posibles índices del contenido en fruta de las mermeladas. Agroquímica y Tecnología de Alimentos 23 (3). Valencia.

Costell, E; Izquierdo, L; Duran. L. 1985. Comportamiento reológico de las confituras de albaricoque. Su relación con el contenido en pulpa. Agroquímica y Tecnología de Alimentos 25 (2). Valencia.

Da Silva, FD. 1998. Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal): Cultivo y utilización., editorial amazónica. Caracas. 105 p.

Díaz, OR. 2014. Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de Borojó (*Borojoa patinoi* cuatrec) y productos alimentarios derivados. Universidad Internacional de Andalucía. Tesis doctoral. Consultado el 09 de mayo 2016. Disponible en http: //dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3481/0630_D%C3ADaz.pdf?sequence=1

Díaz, R; García, Z; Franco, J; Vallejo, C. 2012. Caracterización bromatológica, fisicoquímica microbiológica y reológica de la pulpa de Borojó (*Borojoa patinoi* cuatrec). Universidad de Cartagena

Geankoplis, C. 1999. Proceso de transporte y Operaciones unitarias. 3° Ed. Compañia Editorial Continental. Mexico

Ibarz, A; Barbosa-Cánovas, GV. 1999. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Technomic Publishing Company, Inc. Pensylvania, USA. 842 p.

Haminiuk, ChW; Sierakowski, MR; Maciel, GM; Bezerra, JR; Branco, IG; Masson, ML. 2006. Rheological properties of Butia pulp. International Journal of Food Engineering. 2(1).

Hernández, SR; Fernández, CC; Baptista, LP. 2006. Metodología de la investigación. 4ta Edición. McGraw-Hill. México. 265 p.

Jiménez, G; Durán, L. 1979. Propiedades reológicas de productos derivados de frutas y de tomate. Revisión bibliográfica. Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 19(2). Valencia. España.

Leandro, LC; Daza, RG. 2007. Efecto del tamaño de partícula y tipo de pulpa en el comportamiento reológico de mermelada de papaya *Carica papaya* L. y piña *Ananas comossus* L. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tingo María – Perú wwww.fiiaunas.edu.pe.

Lewis, MJ. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Acribia. Zaragoza.

Lizcano, LJ. 2010. Antioxidant activity and polyphenol content of aqueous extracts from Colombian Amazonian plants with medicinal use. Food Chemistry, 2010. **119**(4): p. 1566-1570.

Matos-Chamorro, A; Aguilar-Alata, DA. 2010. Influencia de la temperatura y concentración en el comportamiento reológico de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus* Indica). Revista de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 1, N°1, 2010. Consultado el 09 de nov. 2014. Disponible en http:/www.Docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:yfPtFR8H10MJ:papiros. upeu.ed

Medina, T. 1995. Medición experimental de funciones materiales. Curso: Reología y su aplicación al procesamiento de alimentos. UNAM-UNAY. Yucatan. México.

Minolta. 1993. Precise color communication. Color control from feelings instrumentation. [Citado en agosto 2015], disponible en www.konicaminolta.com/instruments/color/.

Mota, RA.; Ibarz, A. 2006. Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles.Rev. (En línea). Consultado el 15 de nov. 2014. Disponible en: http://www. Scielo.br/pdf/cta/v26n1/28873.pdf.

Rao, M; Steffe, F. 1997. Measuring yield of fluid foods. Food technology. Vol. 51 N°2. USA.

Rojas, O; Briceño, MA; Avendaño, J. 2012. Fundamentos de reología. Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales. Laboratorio de formulación, interfases, reología y procesos. Universidad de los Andes. Mérida. Consultado el 18 de abril 2016. Disponible en: http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S521C.pdf

Silva, FC; Pelegrine, DHG; Gasparetto, CA. 2005. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(1): 121-126, jan.-mar. 2005.

Steffe, F. 1992. Rheological methods in food process engineering. Michigan. USA.

Pelissoni, MAC; Gomes, VJA. 2010. Efecto de la concentración y de la temperatura en el comportamiento reológico de pulpa de maracuyá. Instituto de Biociencias, Letras y Ciencias Exactas. – Ingeniería de Alimentos. Campus de São José do Rio Preto

Ramírez, JS. 2010. Fundamentos de reología de alimentos. (En línea). Consultado el 18 de nov. 2014. Disponible en: http:/www.tarwi. lamolina.edu.pe/~dsa/ Fundamentos% 20de%20Reologia.pdf.

Silva, NMC. 2008. Propiedades termofísicas y comportamiento reológico de pulpa de Jenipapo (Genipa americana L.). Itapetinga – BA: UESB, 2008. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos de Alimentos)

Tirado, D; Acevedo, D; Montero, P. 2014. Propiedades reológicas de la pulpa edulcorada de tamarindo. Revista U.D.C. Actualidad & Divulgación Científica 17 (2): 495 – 501. Consultado el 20 de marzo de 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/ rudca/v17n2/v17n2a21.pdf

Tonon, RV; Kamazoe, S. (2009), El esfuerzo al corte constante y dinámico las propiedades reológicas de una pulpa del acai (*Euterpe Oleraceae* Mart). (En Línea). Consultado el 18 de abril 2015. Disponible en: http://www.web.ebscohost.com/ehost/detail?vid= 6&hid=126&sid=96288633-0386-441a-9e73.

Torres, FVI. 2010. Determinación del potencial nutritivo y funcional de Guayaba (Psidium guajava L.), Cocona (Solanum sessiliflorum Dunal) y Camu camu (Myrciaria dubia Vaugh). in Facultad de Ingenieria Química y Agroindustria. 2010, Escuela Politecnica

Nacional: Quito. p. 140. Consultado el 8 de abril 2015. Disponible en: http://bibdigital.epn. edu.ec/bitstream/15000/1800/1/CD-2776.pdf

Vargas, MDP. 2015. Efecto de la liofilización sobre propiedades fisicoquímicas y vida útil de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en polvo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Administración e Ingeniería. Tesis de Maestría. Consultado el 8 de abril 2016. Disponible en: http://bbdigital.unal. edu.co/48720/1/Diana_Patricia_Vargas _Mu%C3%B1oz.pdf

Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. Lima: Tratado de Cooperación Amazónica. 358.

Yuyama, OL; Pantoja, L; Maeda, NR; Aguiar, LJ; Da Silva, BS. 2008. Desenvolvimento e aceitabilidade de geléiadietetica de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Cienc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(4): 929-934, out.-dez. 2008. Consultado el 22 de abril de 2016. Disponible en: http://www.researchgate.net/profile/Jaime_Aguiar/publication/ 262622132_Development_and_acceptability_of_a_low_calorie_cubiu_(Solanum_ses siliflorum_Dunal)_jam/links/541c1c 120cf241a65a0bb31b.pdf.

Zhiqing, G; Lopes, C; Haminuk, W. 2010. Las propiedades reológicas de pulpa de la col. (en línea). Consultado el 15 de junio 2015. Disponible en: http://www.web.ebscohost.com/ ehost/detail?vid=4&hid=21&sid=9628863-038 -441a-9e73.

VIII. ANEXOS

Cuadro 11: Valores de las características biométricas del fruto de cocona.

Rep.	D_{axial} cm)	$D_{ecuatorial}$ (cm)	Peso (g)	Pulpa (g)
1	80,85	64,87	199,00	124,00
2	89,02	68,59	218,00	138,24
3	86,29	65,89	224,00	130,86
4	85,42	62,53	220,00	132,62
5	88,24	60,36	198,00	118,54
6	81,16	66,23	180,00	106,51
7	80,30	65,84	225,00	142,02
8	84,60	64,52	216,00	138,85
9	88,10	63,85	204,00	126,94
10	90,30	62,86	202,00	136,95
11	90,20	68,21	199,00	132,65
12	89,12	67,48	225,00	136,52
13	83,10	63,48	197,00	128,04
14	80,14	62,75	214,00	114,94
15	81,05	65,83	206,00	131,69
16	88.80	69,06	224,00	142,21
17	84,54	62,54	203,00	140,07
18	87,70	68,34	226,00	141,00
19	86,46	68,70	216,00	122,00
20	87,30	69,29	208,00	128,00
Promedio	85,69	65,75	210,20	130,63
Desviación	3,55	2,90	12,51	9,71

Cuadro 12: Valores de las características físicas y químicas del fruto de cocona.

Repeticiones	°Brix	pH	Acidez	L*	a*	b*
1	6,5	3,72	1,29	41,89	11,37	44,24
2	5.7	3,65	1,49	41,12	10,52	46,98
3	6.5	3,62	1,40	35,77	10,15	38,12
4	6,6	3,68	1,47	37,13	11,04	45,44
5	7,2	3,70	1,31	43,48	11,46	48,98
6	6,1	3,45	1,44	40,05	12,02	36,06
7	7,1	3,58	1,40	36,99	13,03	39,37
8	6,9	3,64	1,51	38,20	13,43	43,95
9	6,4	3,72	1,45	39,64	10,77	43,72
10	7,0	3,60	1,40	37,88	10,41	42,22
11	6,2	3,63	1,49	39,85	11,05	43,60
12	5,8	3,62	1,57	36,06	12,10	45,90
13	6,3	3,52	1,52	38,05	10,04	39,25
14	6,0	3,68	1,51	39,02	9,88	40,08
15	6,2	3,48	1,42	41,26	11,08	37,98
16	7,0	3,56	1,29	36,00	12,00	41,56
17	6,4	3,62	1,28	42,00	11,56	40,88
18	5,9	3.75	1,38	42,50	10,89	39,08
19	6,8	3.70	1,47	38,94	11,36	41,18
20	6,8	3.65	1,29	40,84	12,54	40,53
Promedio	6,5	3,63	1,42	39,33	11,34	41,96
Desviación	0,4	0,08	0,09	2,31	0,97	3,34

Cuadro 13. Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 10°Brix.

10°Brix													
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	33,60	3360,00	156,20	29,50	2950,00	137,20	26,20	2620,00	121,80	25,00	2500,00	116,30
10	9,30	41,00	2050,00	190,70	35,40	1770,00	164,60	31,70	1585,00	147,40	30,40	1520,00	141,40
20	18,60	49,70	1242,00	231,10	43,50	1087,00	202,30	39,30	982,50	182,70	37,70	942,50	175,30
30	27,90	55,90	931,70	259,90	49,20	820,00	228,80	44,40	740,00	206,50	42,60	710,00	198,10
40	37,20	60,50	756,30	281,30	53,70	671,30	249,70	48,70	608,80	226,50	46,80	585,00	217,60
50	46,50	64,40	644,00	299,50	57,50	575,00	267,40	52,40	524,00	243,70	50,50	505,00	234,80
60	55,80	67,70	564,20	314,80	60,80	506,70	282,70	55,60	463,30	258,50	53,70	447,50	249,70
70	65,10	70,50	503,60	327,80	63,60	454,30	295,70	58,30	416,40	271,10	56,80	405,70	264,10
80	74,40	73,00	456,30	339,50	66,10	413,10	307,40	60,90	380,60	283,20	59,70	373,10	277,60
90	83,70	75,30	418,30	350,10	68,30	379,40	317,60	63,00	350,00	293,00	62,60	345,60	289,20
100	93,00	77,20	386,00	359,00	70,40	352,00	327,40	65,20	326,00	303,20	64,50	322,50	299,90

Cuadro 14. Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 15°Brix.

15°Brix													
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	33.20	3320.00	154.40	30.30	3030.00	140.90	27.90	2790.00	129.70	25.90	2590.00	120.40
10	9,30	40.60	2030.00	188.80	36.40	1820.00	169.30	33.30	1665.00	154.80	30.70	1535.00	142.80
20	18,60	49.70	1242.00	231.10	44.70	1117.00	207.90	41.10	1028.00	191.10	37.70	942.50	175.30
30	27,90	55.60	926.70	258.50	50.80	846.70	236.20	46.60	776.70	216.70	42.90	715.00	199.50
40	37,20	61.30	766.20	285.00	55.50	693.80	258.10	51.00	637.50	237.20	47.00	587.50	218.60
50	46,50	65.40	654.00	304.10	59.40	594.00	276.20	54.80	548.00	254.80	50.70	507.00	235.80
60	55,80	68.90	574.20	320.40	62.80	523.30	292.00	58.20	485.00	270.60	54.00	450.00	251.10
70	65,10	71.90	513.60	334.30	65.70	469.30	305.50	61.10	436.40	284.10	57.00	407.10	265.10
80	74,40	74.60	466.20	356.90	68.40	427.50	318.10	63.70	398.10	296.20	59.70	373.10	277.60
90	83,70	77.00	427.80	358.10	70.90	393.90	329.70	66.20	367.80	307.80	62.20	345.60	289.20
100	93,00	79.30	396.50	368.70	70.90	393.90	366.50	68.50	342.50	318.50	64.60	323.00	300.40

Cuadro 15. Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 20°Brix.

20°Brix													
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	33.90	3390.00	157.60	28.60	2860.00	133.00	25.80	2580.00	120.00	23.70	2370.00	110.20
10	9,30	41.60	2080.00	193.40	35.00	1750.00	162.80	31.10	1555.00	144.60	28.20	1410.00	131.10
20	18,60	51.50	1288.00	239.50	43.80	1095.00	203.70	38.70	967.50	180.00	34.90	872.50	162.30
30	27,90	58.30	971.70	271.10	50.00	833.30	232.50	44.30	738.30	206.00	40.00	666.70	186.00
40	37,20	63.30	791.20	294.30	54.80	685.00	254.80	48.80	610.00	226.90	44.10	551.20	205.10
50	46,50	67.40	674.00	313.40	58.80	588.00	273.40	52.50	525.00	244.10	47.70	477.00	221.80
60	55,80	70.80	590.00	329.20	62.20	518.30	289.20	55.90	465.80	259.90	50.90	424.20	236.70
70	65,10	73.70	526.40	342.70	65.10	465.00	302.70	59.10	422.10	274.80	53.80	384.30	250.20
80	74,40	76.20	476.20	354.30	67.90	424.40	315.70	62.30	389.40	289.70	56.30	351.90	261.80
90	83,70	78.50	436.10	365.00	70.70	392.80	328.80	65.20	362.20	303.20	58.60	325.60	272.50
100	93,00	80.50	402.50	374.30	73.10	365.50	339.90	67.80	339.00	315.30	60.80	304.00	282.70

Cuadro 16. Valores obtenidos durante la primera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 25°Brix.

25°Brix														
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	30.10	3010.00	140.00	24.60	2460.00	114.40	21.50	2150.00	100.00	18.70	1870.00	87.00
10	9,30	36.70	1835.00	170.70	30.10	1505.00	140.00	26.10	1305.00	121.40	22.40	1120.00	104.20
20	18,60	45.60	1140.00	212.00	37.80	945.00	175.80	33.00	825.00	153.50	28.10	702.50	130.70
30	27,90	51.70	861.70	240.40	43.50	725.00	202.30	38.20	636.70	177.60	32.70	545.00	152.10
40	37,20	56.30	703.70	261.80	47.80	597.50	222.30	42.30	528.70	196.70	36.50	456.30	169.70
50	46,50	60.10	601.00	279.50	51.60	516.00	239.90	45.90	459.00	213.40	39.90	399.00	185.50
60	55,80	63.30	527.50	294.30	54.90	457.50	255.30	49.10	409.20	228.30	42.80	356.70	199.00
70	65,10	66.10	472.10	307.40	57.70	412.10	268.30	51.80	370.00	240.90	45.50	325.00	211.60
80	74,40	68.60	428.70	319.00	60.20	376.30	279.90	54.40	340.00	253.00	47.90	299.40	222.70
90	83,70	71.00	394.40	330.10	62.50	347.20	290.60	56.60	314.40	263.20	50.10	278.30	233.00
100	93,00	73.00	365.00	339.50	64.60	323.00	300.40	58.70	293.50	273.00	52.10	260.50	242.30

Cuadro 17. Valores obtenidos durante la segunda evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 10°Brix.

10°Brix														
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	39.20	3920.00	182.30	32.60	3260.00	151.60	29.50	2950.00	137.20	26.70	2670.00	124.20
10	9,30	46.30	2315.00	215.30	39.20	1960.00	182.30	35.30	1765.00	164.10	32.10	1605.00	149.30
20	18,60	55.10	1378.00	256.20	48.10	1202.00	223.70	43.40	1085.00	201.80	39.30	982.50	182.70
30	27,90	62.00	1033.00	288.30	54.30	915.00	255.30	49.30	821.70	229.20	44.30	738.30	206.00
40	37,20	67.30	841.30	312.90	59.90	748.80	278.50	53.80	672.50	250.20	48.50	606.30	225.50
50	46,50	71.40	714.00	332.00	63.90	639.00	297.10	57.60	576.00	267.80	52.10	521.00	242.30
60	55,80	75.00	625.00	348.70	67.60	563.30	314.30	60.90	507.50	283.20	55.50	462.50	258.10
70	65,10	78.00	557.10	362.70	70.40	502.30	327.40	63.90	456.40	297.10	58.60	418.60	272.50
80	74,40	80.70	504.40	375.30	73.10	456.90	339.90	66.50	415.60	309.20	61.30	383.10	285.00
90	83,70	82.90	460.60	385.50	75.50	419.40	351.10	68.50	382.80	320.40	63.70	353.90	296.20
100	93,00	85.00	425.00	395.30	77.70	388.80	361.30	71.10	355.50	330.60	66.00	330.00	306.90

Cuadro 18. Valores obtenidos durante la segunda evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 15°Brix.

15°Brix														
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	37.40	3740.00	173.90	31.20	3120.00	145.10	27.50	2750.00	127.90	24.60	2460.00	114.40
10	9,30	44.30	2215.00	206.00	37.40	1870.00	173.90	32.90	1645.00	153.00	29.00	1450.00	134.90
20	18,60	53.10	1327.00	246.90	45.80	1145.00	213.00	40.50	1013.00	188.30	35.80	895.00	166.50
30	27,90	59.10	985.00	274.80	51.70	861.70	240.40	46.10	768.30	214.40	40.90	681.70	190.20
40	37,20	64.20	802.50	298.50	56.30	703.70	261.80	50.60	632.50	235.30	45.00	562.50	209.20
50	46,50	68.30	683.00	317.60	60.20	602.00	279.90	54.30	543.00	252.50	48.50	485.00	225.50
60	55,80	71.70	597.50	333.40	63.60	530.00	295.70	57.50	479.20	267.40	51.70	430.80	240.40
70	65,10	74.50	532.10	346.40	66.50	475.00	309.20	60.30	430.70	280.40	54.40	388.60	253.00
80	74,40	77.10	481.90	358.50	69.10	431.90	321.30	62.90	393.10	292.50	57.00	356.30	265.10
90	83,70	79.40	441.10	369.20	71.50	397.20	332.50	65.30	362.80	303.60	59.30	329.40	275.70
100	93,00	81.70	408.50	379.90	73.60	368.00	342.20	67.50	337.50	313.90	61.40	307.00	285.50

Cuadro 19. Valores obtenidos durante la segunda evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 20°Brix.

20°Brix														
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	36.00	3600.00	167.40	30.20	3020.00	140.40	26.70	2670.00	124.20	24.50	2450.00	113.90
10	9,30	43.30	2165.00	201.30	36.10	1805.00	167.90	31.70	1585.00	147.40	29.00	1450.00	134.90
20	18,60	53.20	1330.00	247.40	44.30	1107.00	206.00	39.40	985.00	183.20	35.50	887.50	165.10
30	27,90	59.60	993.30	277.10	50.30	838.30	233.90	45.00	750.00	209.20	40.10	668.30	186.50
40	37,20	64.40	805.00	299.50	55.00	687.50	255.70	49.40	617.50	229.70	43.90	548.80	204.10
50	46,50	68.50	685.00	318.50	59.00	590.00	274.30	53.10	531.00	246.90	47.50	475.00	220.90
60	55,80	71.90	599.20	334.30	62.40	520.00	290.20	56.40	470.00	262.30	50.70	422.50	235.80
70	65,10	74.80	534.30	347.80	65.50	467.90	304.60	59.20	422.90	275.30	53.50	382.10	248.80
80	74,40	77.40	483.80	359.90	68.10	425.60	316.70	61.80	386.20	287.40	56.00	350.00	260.40
90	83,70	79.70	442.80	370.60	70.50	391.70	327.80	64.20	356.70	298.50	58.50	325.00	272.00
100	93,00	81.80	409.00	380.40	72.50	362.50	337.10	66.30	331.50	308.30	60.80	304.00	282.70

Cuadro 20. Valores obtenidos durante la segunda evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 25°Brix.

25°Brix														
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	27.30	2730.00	126.90	23.60	2360.00	109.70	20.80	2080.00	96.70	18.90	1890.00	87.90
10	9,30	34.10	1705.00	158.60	29.20	1460.00	135.80	25.60	1280.00	119.00	22.70	1135.00	105.60
20	18,60	43.10	1077.00	200.40	37.10	927.50	172.50	32.60	815.00	151.80	28.70	717.50	133.50
30	27,90	49.40	823.30	229.70	42.80	713.30	199.00	37.80	630.00	175.80	33.40	556.70	155.30
40	37,20	54.40	680.00	253.00	47.30	591.20	219.90	42.00	525.00	195.30	37.30	466.20	173.40
50	46,50	58.40	584.00	271.60	51.10	511.00	237.60	45.70	457.00	212.50	40.70	407.00	189.30
60	55,80	61.90	515.80	287.80	54.40	453.30	253.00	48.90	407.50	227.40	43.70	364.20	203.20
70	65,10	65.00	464.30	302.30	57.30	409.30	266.40	51.70	369.30	240.40	46.40	331.40	215.80
80	74,40	67.60	422.50	314.30	59.90	374.40	278.50	54.30	339.40	252.50	48.80	305.00	226.90
90	83,70	70.10	389.40	326.00	62.20	345.60	289.20	56.70	315.00	265.70	51.20	284.40	238.10
100	93,00	71.70	358.50	333.40	64.30	321.50	299.00	58.80	294.00	273.40	53.20	266.00	247.40

Cuadro 21. Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 10°Brix.

10°Brix														
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	36.20	3618.50	168.20	31.00	3097.30	144.00	27.80	2775.20	129.00	25.80	2582.20	120.10
10	9,30	43.50	2174.50	202.20	37.20	1860.20	173.00	33.40	1670.20	155.30	31.20	1561.30	145.20
20	18,60	52.30	1306.50	243.00	45.70	1141.60	212.50	41.20	1031.20	191.80	38.50	962.10	178.90
30	27,90	58.80	979.70	273.40	51.60	864.90	241.30	46.70	778.70	217.30	43.40	723.90	200.00
40	37,20	63.70	796.50	296.30	56.60	707.90	263.30	51.10	639.10	237.80	47.60	595.50	221.50
50	46,50	67.70	677.20	314.90	60.50	605.30	281.50	54.90	548.80	255.20	51.30	512.90	238.50
60	55,80	71.20	593.00	330.90	64.00	533.50	297.70	58.10	484.40	270.30	54.60	454.90	253.80
70	65,10	74.10	529.00	344.40	66.80	477.10	310.70	61.00	435.50	283.50	57.70	412.00	268.20
80	74,40	76.70	479.10	356.50	69.40	433.90	322.80	63.60	397.30	295.60	60.50	378.00	281.20
90	83,70	78.90	438.40	367.00	71.70	398.40	333.50	65.60	365.70	306.10	63.20	349.70	292.70
100	93,00	80.90	404.60	376.30	73.90	369.50	343.50	68.00	340.10	316.30	65.20	326.20	303.40

Cuadro 22. Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 15°Brix.

15°Brix															
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	35.20	3517.50	163.60	30.70	3074.30	143.00	27.70	2769.90	128.80	25.20	2523.30	117.30
10	9,30	42.40	2118.50	197.00	36.90	1844.70	171.60	33.10	1654.90	153.90	29.80	1491.30	138.70
20	18,60	51.30	1283.10	238.70	45.20	1130.80	210.40	40.80	1020.40	189.70	36.70	918.10	170.80
30	27,90	57.30	955.00	266.40	51.20	854.10	238.30	46.35	772.50	215.50	41.90	697.90	194.70
40	37,20	62.70	783.90	291.60	55.90	698.70	259.90	50.80	635.00	236.20	46.00	574.70	213.80
50	46,50	66.80	668.20	310.70	59.80	598.00	278.00	54.55	545.50	253.60	49.60	495.80	230.50
60	55,80	70.30	585.60	326.80	63.20	526.60	293.80	57.85	482.10	269.00	52.80	440.20	245.60
70	65,10	73.20	522.70	340.20	66.10	472.10	307.30	60.70	433.50	282.20	55.70	397.60	258.90
80	74,40	75.80	473.90	357.70	68.70	429.70	319.70	63.30	395.60	294.30	58.30	364.50	271.20
90	83,70	78.20	434.40	363.60	71.20	395.50	331.10	65.70	365.30	305.70	60.70	337.30	282.30
100	93,00	80.50	402.40	374.20	72.20	380.50	353.90	68.00	340.00	316.20	63.00	314.80	292.80

Cuadro 23. Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 20°Brix.

20°Brix															
RPM	**SR**	**30 °C**			**40°C**			**50 °C**			**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**	**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	34.90	3491.80	162.30	29.40	2937.80	136.60	26.20	2624.20	122.10	24.10	2409.30	112.00
10	9,30	42.40	2121.60	197.30	35.50	1777.10	165.30	31.40	1569.90	146.00	28.60	1429.70	133.00
20	18,60	52.30	1308.70	243.40	44.00	1101.00	204.80	39.00	976.20	181.60	35.20	879.90	163.70
30	27,90	58.90	982.40	274.10	50.20	835.80	233.20	44.60	744.10	207.60	40.00	667.50	186.20
40	37,20	63.80	798.00	296.90	54.90	686.20	255.20	49.10	613.70	228.30	44.00	550.00	204.60
50	46,50	67.90	679.50	315.90	58.90	589.00	273.80	52.80	528.00	245.50	47.60	476.00	221.30
60	55,80	71.30	594.60	331.70	62.30	519.10	289.70	56.10	467.90	261.10	50.80	423.30	236.20
70	65,10	74.20	530.30	345.20	65.30	466.40	303.60	59.10	422.50	275.00	53.60	383.20	249.50
80	74,40	76.80	480.00	357.10	68.00	425.00	316.20	62.00	387.80	288.60	56.10	350.90	261.10
90	83,70	79.10	439.40	367.80	70.60	392.20	328.30	64.70	359.40	300.80	58.50	325.30	272.20
100	93,00	81.10	405.70	377.30	72.80	364.00	338.50	67.00	335.20	311.80	60.80	304.00	282.70

Cuadro 24. Valores obtenidos durante la tercera evaluación reológica de la pulpa de cocona con una concentración de 25°Brix.

25°Brix																
RPM	**SR**	**30 °C**				**40°C**				**50 °C**				**60°C**		
		Tor%	**cP**	**SS**		**Tor%**	**cP**	**SS**		**Tor%**	**cP**	**SS**		**Tor%**	**cP**	**SS**
5	4,65	28,60	2863.20	133.10		24.10	2409.00	112.00		21.10	2114.40	98.30		18.80	1879.90	87.40
10	9,30	35,30	1767.60	164.40		29.60	1482.20	137.90		25.80	1292.40	120.20		22.50	1127.40	104.90
20	18,60	44,30	1107.60	206.00		37.40	936.20	174.10		32.80	820.00	152.60		28.40	709.90	132.10
30	27,90	50,50	842.10	234.90		43.10	719.10	200.60		38.00	633.30	176.70		33.00	550.80	153.70
40	37,20	55,30	691.60	257.30		47.50	594.30	221.10		42.10	526.80	196.00		36.90	461.20	171.50
50	46,50	59,20	592.40	275.50		51.30	513.50	238.70		45.80	458.00	212.90		40.30	403.00	187.40
60	55,80	62,60	521.60	291.00		54.60	455.40	254.10		49.00	408.30	227.80		43.20	360.40	201.10
70	65,10	65,60	468.20	304.80		57.50	410.70	267.30		51.80	369.60	240.60		45.90	328.20	213.70
80	74,40	68,10	425.60	316.60		60.00	375.40	279.20		54.40	339.70	252.80		48.30	302.20	224.80
90	83,70	70,60	391.90	328.00		62.40	346.40	289.90		56.60	314.70	264.40		50.60	281.30	235.50
100	93,00	72,30	361.70	336.40		64.40	322.20	299.70		58.70	293.70	273.20		52.60	263.20	244.80

Cuadro 25. Valores del índice de consistencia (**K**) e índice de flujo (**n**) para la pulpa de cocona, calculados aplicando el modelo de Ostwald.

T (°C)	Rep.	10°Brix			15°Brix			20°Brix			25°Brix		
		K (Pa)	n	R^2	K (Pa)	n	R^2	K (Pa)	N	R^2	K (Pa)	n	R^2
30°C	R_1	102.350	0.2786	0.9998	97.894	0.2947	0.9990	101.790	0.2905	0.9989	88.584	0.2979	0.9997
	R_2	120.450	0.2631	0.9993	115.030	0.2636	0.9997	109.740	0.2761	0.9995	77.053	0.3265	0.9995
	R_3	110.680	0.2713	0.9998	105.880	0.2796	0.9995	105.640	0.2865	0.9992	82.487	0.3126	0.9996
40°C	R_1	86.200	0.2945	0.9996	86.056	0.3060	0.9940	81.343	0.3152	0.9998	68.281	0.3269	0.9995
	R_2	95.531	0.2945	0.9995	91.859	0.2901	0.9996	87.309	0.2980	0.9992	64.434	0.3392	0.9997
	R_3	90.626	0.2945	0.9996	88.910	0.2980	0.9981	84.241	0.3067	0.9996	66.311	0.3331	0.9996
50°C	R_1	74.809	0.3078	0.9994	79.488	0.3043	0.9987	70.710	0.3254	0.9976	57.511	0.3421	0.9984
	R_2	85.403	0.2979	0.9993	78.495	0.3044	0.9989	75.129	0.3102	0.9984	54.814	0.3535	0.9988
	R_3	79.764	0.3031	0.9994	78.988	0.3044	0.9988	72.876	0.3179	0.9981	56.138	0.3478	0.9987
60°C	R_1	69.835	0.3182	0.9983	72.349	0.3100	0.9968	64.963	0.3214	0.9970	48.441	0.3512	0.9954
	R_2	75.987	0.3047	0.9979	68.333	0.3125	0.9968	68.557	0.3076	0.9958	48.828	0.3544	0.9961
	R_3	72.795	0.3116	0.9981	70.284	0.3113	0.9968	48.634	0.3528	0.9958	48.634	0.3528	0.9958

Cuadro 26. Cálculo de la energía de activación según el modelo de Arrhenius.

Valores del índice de consistencia (K) para la pulpa de Cocona, concentración de 10°Brix.			
T(°C)	**K**	**1/T**	**LnK**
30	111,160	0,0033	4,7110
40	90,786	0,0032	4,5085
50	79,992	0,0031	4,3819
60	72,872	0,0030	4,2887

Valores del índice de consistencia (K) para la pulpa de Cocona, concentración de 15°Brix.			
T(°C)	**K**	**1/T**	**LnK**
30	106,268	0,0033	4,6660
40	88,942	0,0032	4,4880
50	78,990	0,0031	4,3693
60	70,322	0,0030	4,2531

Valores del índice de consistencia (K) para la pulpa de Cocona, concentración de 20°Brix.			
T(°C)	**K**	**1/T**	**LnK**
30	105,720	0,0033	4,6608
40	84,300	0,0032	4,4344
50	72,910	0,0031	4,2892
60	60,720	0,0030	4,1062

Valores del índice de consistencia (K) para la pulpa de Cocona, concentración de 25°Brix.			
T(°C)	**K**	**1/T**	**LnK**
30	82,708	0,0033	4,4153
40	66,342	0,0032	4,1948
50	56,154	0,0031	4,0281
60	48,634	0,0030	3,8843

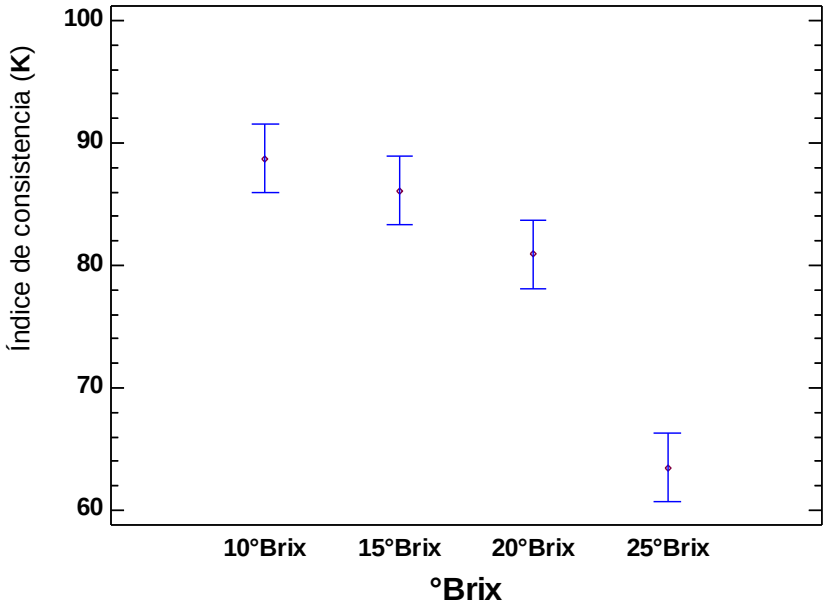

Figura 18. Valores promedio del índice de consistencia (**K**) de la pulpa de cocona por cada concentración (°Brix).

FUENTE: Elaboración propia.

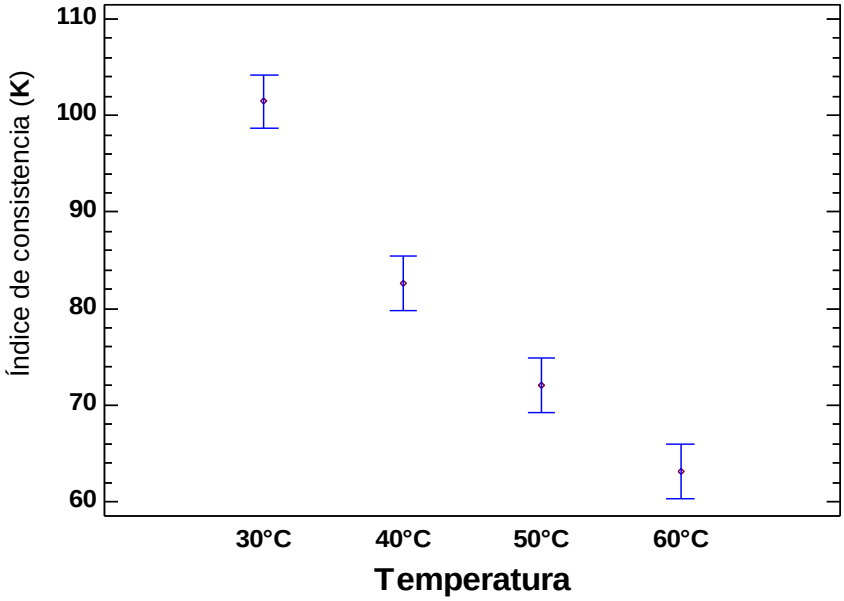

Figura 19. Valores promedio del índice de consistencia (**K**) de la pulpa de cocona por cada temperatura.

FUENTE: Elaboración propia.

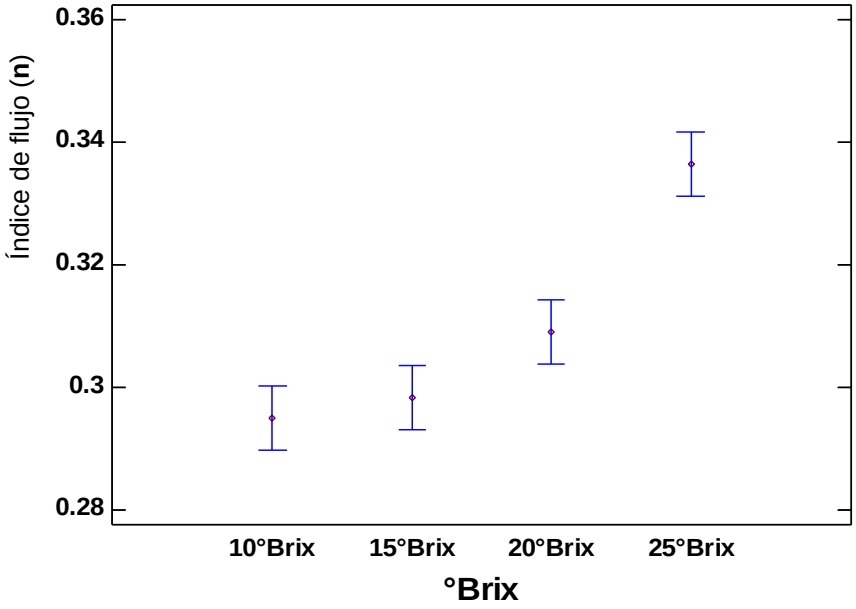

Figura 20. Valores promedio del índice de flujo (**n**) de la pulpa de cocona por cada concentración (°Brix).

FUENTE: Elaboración propia.

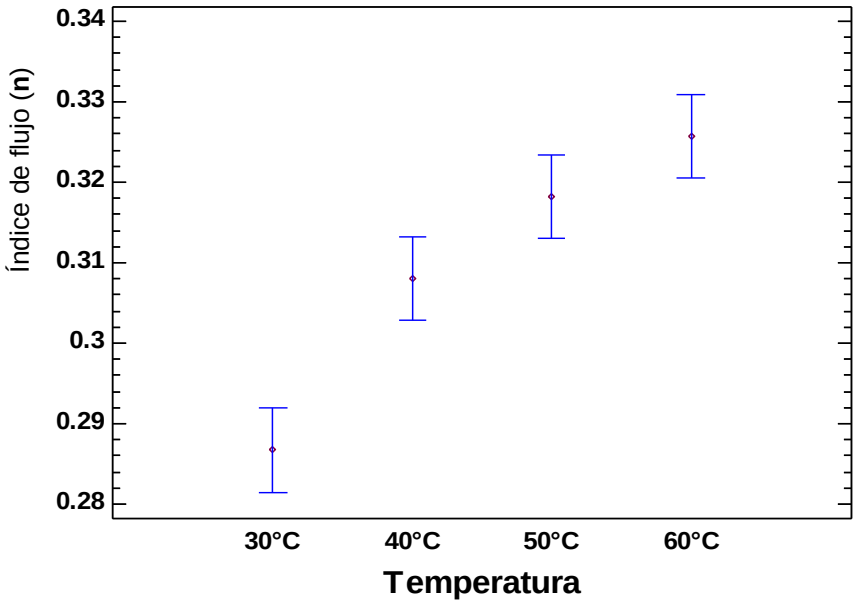

Figura 21. Valores promedio del índice de flujo (**n**) de la pulpa de cocona por cada temperatura.

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 22. Registros fotográficos.

Foto 01
Calibrador para la medición de los diámetros.

Foto 02 y 03
Evaluando el peso y color de los frutos

Foto 04 y 05
Efectuando el pelado químico y midiendo el pH de la pulpa de cocona.

Foto 06 y 07
Evaluación de la pulpa de cocona con el reómetro digital.