

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**EFEECTO DEL TIEMPO DE CONCHADO Y  
EQUIVALENTE DE MANTECA DE CACAO SOBRE LA  
REOLOGÍA Y TAMAÑO DE PARTÍCULA EN  
CHOCOLATE**

**Autora: Bach. Darleny Santillán Quintana**

**Asesor: Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo**

**Coasesor: Ms. César Rafael Balcázar Zumaeta**

**Registro:(.....)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres **María Lusvilia Quintana Torres y José Melecio Santillán López**, a mi esposo **Nick Brian Serrano Mesía**, a mis hermanos **Elder Santillán Quintana, Fredy Santillán Quintana y Ronald Santillán Quintana**, por el apoyo que me han brindado durante todo el tiempo, a mis hijas **Brithany Andrea y Marhiam Nicole** porque todo esfuerzo que realizo es por ellas y para ellas.

**Darleny Santillán Quintana.**

## **AGRADECIMIENTO**

- ✓ Agradezco a Jehová por resguardarme siempre.
- ✓ Agradezco a mi asesor el Dr. Manuelito Castro Alayo y a mí Co-asesor el Mg. Cesar Balcázar Zumaeta y a la Mg. Marleni Medina Mendoza por la confianza y apoyo brindado durante la tesis y durante el tiempo de estudio.
- ✓ Agradezco a todas las personas que apoyaron en la ejecución de la tesis, por haberme brindado los equipos y materiales para concluir con la investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA  
**RECTOR**

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES  
**VICERRECTOR ACADÉMICO**

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA  
**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA  
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del tiempo de conchado y equivalente de manteca de cacao sobre la reología y tamaño de partícula en chocolate ; del egresado Darleny Santillán Quintana de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 10 de octubre de 2023

Firma y nombre completo del Asesor

Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo



## VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS



### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del tiempo de conchado y equivalente de manteca de cacao sobre la reología y tamaño de partícula en chocolate: del egresado Darleny Santillan Quintana de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 10 de octubre de 2023



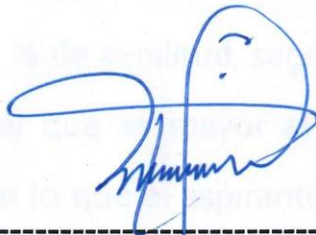
Firma y nombre completo del Asesor  
M.S. César Rafael Balcázar Zumaeta

**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



**Ms. Guillermo Idrogo Vasquez**

Presidente



**Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández**

Secretario



**Ph.D. Armstrong Barnard Fernández Jeri**

Vocal

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Efecto del tiempo de conchado y equivalente de manteca de cacao sobre la reología y tamaño de partícula en chocolate,  
presentada por el estudiante ( )/egresado (x) Darleny Santillán Quintana  
de la Escuela Profesional de Ing. Agroindustrial  
con correo electrónico institucional 031026a112@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 29 de agosto del 2024

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....



## REPORTE TURNITIN

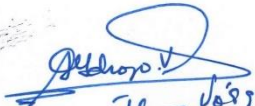
### EFFECTO DEL TIEMPO DE CONCHADO Y EQUIVALENTE DE MANTECA DE CACAO SOBRE LA REOLOGÍA Y TAMAÑO DE PARTÍCULA EN CHOCOLATE.docx

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>24%</b>	<b>23%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>12%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.untrm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>6%</b>
<b>3</b>	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	Submitted to Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>digibuo.uniovi.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>teses.usp.br</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>core.ac.uk</b>	

  
Ms. Guillermo Ibarra de la Cruz

# ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS



## ANEXO 2.5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 15 de diciembre del año 2023 siendo las 16:00 horas, el aspirante: Darleny Santillan Quintana, asesorado por Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Efecto del tiempo de conchado y equivalente de manteca de cacao sobre la reología y tamaño de partícula en chocolate, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M. Guillermo Idrogo Vasquez  
Secretario: M. Robert Javier Cruzalgorri Fernandez  
Vocal: Ph.D. Arminio Bernard Fernandez Jari

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.



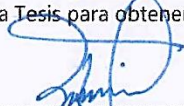
Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:10 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....	v
VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS .....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
REPORTE TURNITIN.....	ix
ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS.....	x
ÍNDICE.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	18
2.1. Lugar de ejecución .....	18
2.2. Material de estudio.....	18
2.3. Diseño .....	18
2.4. Elaboración del chocolate .....	18
2.5. Análisis reológico.....	19
2.6. Determinación del tamaño de partícula.....	19
2.7. Análisis de datos .....	20
III. RESULTADOS .....	21
3.1. Chocolate oscuro con incorporación de aceite de sacha inchi .....	21
3.1.1. Evaluación reológica de chocolate oscuro con aceite de sacha inchi.....	21

3.1.2. Determinación del tamaño de partícula en chocolate oscuro con aceite de sacha inchi. ....	22
3.2. Chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma. ....	24
3.2.1. Evaluación reológica de chocolate oscuro con aceite de palma. ....	24
3.3. Chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco. ....	27
3.3.1. Evaluación reológica de chocolate oscuro con aceite de coco. ....	27
3.3.2. Determinación del tamaño de partícula en chocolates oscuro con aceite de coco. ....	29
IV. DISCUSIÓN .....	31
V. CONCLUSIONES .....	34
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
ANEXOS .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Formulación de chocolate oscuro .....	19
<b>Tabla 2.</b> Parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de sachá inchi. ....	21
<b>Tabla 3.</b> Comparación Tukey para los parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de sachá inchi. ....	22
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de tamaño de partícula en chocolate negro con incorporación de aceite de sachá inchi .....	23
<b>Tabla 5.</b> Comparación Tukey para los parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de sachá inchi. ....	24
<b>Tabla 6.</b> Parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma. ....	25
<b>Tabla 7.</b> Comparación Tukey para los parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma. ....	25
<b>Tabla 8.</b> Parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma. ....	26
<b>Tabla 9.</b> Comparación Tukey para los parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma. ....	27
<b>Tabla 10.</b> Parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.....	28
<b>Tabla 11.</b> Comparación Tukey para los parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.....	29
<b>Tabla 12.</b> Parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.....	29
<b>Tabla 13.</b> Comparación Tukey para el tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.....	30

## RESUMEN

El chocolate es un producto de amplio consumo, debido al aporte de grasas y otros compuestos; la suma de otros componentes permite acrecentar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, sin embargo, pueden afectar a sus propiedades reológicas y tamaño de partícula. Se evaluó el tiempo de conchado y el equivalente de manteca de cacao sobre las propiedades reológicas y tamaño de partícula del chocolate amargo. Se formularon chocolates con CBE de aceite de coco, palma y sachá inchi en tres concentraciones 1, 3 y 5% con tres tiempos de conchado bajo, medio y alto. La distribución del tamaño de partícula (PSD) se midió en un determinador de tamaño de partícula y reología en un reómetro. Los resultados mostraron que los factores: tipo de aceite y tiempo de conchado sí afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) en las variables de PSD y reología de los chocolates, con interacciones significativas entre los factores.

***Palabras clave:*** grasas insaturadas, chocolate, manteca de cacao, aceite, PSD, reología

## **ABSTRACT**

Chocolate is a widely consumed product, due to the contribution of fats and other compounds; the addition of other components allows increasing the content of polyunsaturated fatty acids, although they can affect its rheological properties and particle size. Conching time and cocoa butter equivalent were evaluated on the rheological properties and particle size of dark chocolate. Chocolates were formulated with coconut, palm and sacha inchi oil CBE at three concentrations 1, 3 and 5% with three conching times: low, medium and high. Particle size distribution (PSD) was measured in a particle size determinator and rheology in rheometer. The results showed that the factors: type of oil and conching time did significantly affect ( $P < 0.05$ ) the PSD and rheology variables of the chocolates, with significant interactions between the factors.

**Keywords:** unsaturated fat, chocolate, unsaturated fat, cocoa butter, oil, PSD, rheology

## I. INTRODUCCIÓN

El chocolate es un producto apreciado en el mundo, pero especialmente en Europa, esto se debe a que el chocolate contiene propiedades antioxidantes en altas proporciones y características sensoriales agradables frente al consumidor, debido a los polifenoles que son los responsables primordiales en la consolidación del sabor y aroma en el chocolate (Gu et al., 2006; Afoakwa et al., 2007 y Feichtinger et al., 2020). El chocolate se puede encontrar en diferentes presentaciones, resaltando 3 clases de chocolate negro, blanco y con leche. Principalmente, el chocolate oscuro está constituido entre un 65 y 75% de concentración de sólidos de cacao, partículas sólidas de cristales de azúcar y manteca de cacao (CB) (Afoakwa et al., 2007 y Miele et al., 2020).

Durante la elaboración del chocolate oscuro se encuentra la etapa de conchado la cual establece la dimensión de partícula, consistencia y viscosidad, produciendo cualidades reológicas específicas del chocolate, en esta etapa la mezcla de azúcar, licor de cacao y CB se refinan a una dimensión promedio de partícula (PSD) menor a 30  $\mu\text{m}$ ; rompiendo partículas recubiertas y aglomerados a través de refinadores de 2 a 5 rodillos. (Beckett, 2003a; Braga et al., 2018 y Moreira et al., 2018). Así mismo, una de las características esenciales para determinar la calidad final del chocolate es la reología, atributo determinado por la ecuación de Casson con parámetros de viscosidad plástica de Casson y límite elástico de Casson, siendo parámetros importantes en relación a los atributos sensoriales en los chocolates negros (Afoakwa et al., 2007, 2008b; Gonçalves y Lannes, 2010 y Ziegler, 2009).

En la etapa de conchado se somete a temperaturas y tiempos diferentes manifestándose problemas como la floración de la grasa, una capa blanquecina en la superficie del chocolate por acción del incremento de temperaturas (20 y 37°C) provocando un gradiente de triacilglicerol (TAG) entre la grasa de relleno líquido y el CB líquido los cuales buscan un equilibrio térmico, provocando la disminución de su valor comercial y su vida útil (Beckett, 2003b; Ziegler, 2009; Aidoo et al., 2015 y Dahlenborg, 2015). Abdul Halim et al., (2019) mencionan que existen grasas vegetales equivalentes las cuales pueden sustituir de manera parcial al CB con el propósito de disminuir el crecimiento de floración de grasas, siendo las grasas de tipo láurico pertenecientes a la semilla de palma y coco las más adecuadas para su fusión, sin alterar las características del chocolate.



(Abdul Halim et al., 2019) describe en su investigación que realizó una sustitución del 0, 1.5, 3 y 4,5% aceite de coco por CB, teniendo en cuenta que el mejor tratamiento fue la sustitución de 4,5% evidenciándose en la duración y estabilidad del chocolate frente a la floración de grasa. Sin embargo, el comportamiento reológico por la añadidura de aceite de coco disminuyó la viscosidad del chocolate, teniendo un valor para rendimiento de Casson de 10 a 200 pa y viscosidad plástica Casson de 1 a 20 Pa.s. Según (Afoakwa et al., 2008a) nos menciona que estudió las propiedades de los chocolates oscuros a partir de la determinación de tamaño de partícula variable (PSD), el contenido de grasa (25, 30 y 35%) y también la lecitina (0.3 y 0.5%), este estudio se realizó mediante la calorimetría diferencial de barrido teniendo como resultado que las variaciones de tamaño de partícula no tuvieron influencia en la cristalinidad de los chocolates oscuros. Cavella et al., (2020) describe en su investigación que la distribución de tamaño de partícula se da por el tiempo de molienda, donde en su estudio dio como resultado que el aumento de tiempo en el refinado reduce el tamaño de las partículas sólidas en el chocolate mejorando su estabilidad y apariencia.

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del tiempo del conchado y porcentaje de equivalente de manteca de cacao sobre las propiedades reológicas y tamaño de partícula del chocolate oscuro.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Lugar de ejecución**

La fabricación del chocolate oscuro se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial, la cual pertenece a la Facultad de Ingeniería y ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Los análisis de igual manera se realizaron en dicho laboratorio.

### **2.2. Material de estudio**

Para realizar la sustitución parcial de CBE en el chocolate oscuro, se utilizó aceite de coco, sacha inchi y palma, siendo los 2 primeros aceites y el azúcar adquiridos en el mercado de Chachapoyas - Amazonas, el aceite de palma fue traído desde la ciudad de Tarapoto - San Martín. El CB se adquirió de la Cooperativa CEPROAA situado en el distrito de Cajaruro - Amazonas y los granos de cacao se obtuvieron de la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, Bagua, Amazonas.

### **2.3. Diseño**

Para la indagación se empleó un diseño factorial completo general, teniendo en cuenta los siguientes factores:

Factor A: Porcentaje de aceite (1, 3 y 5%)

Factor B: Tiempo de conchado (16, 20 y 24%)

### **2.4. Elaboración del chocolate**

Para elaborar el chocolate se utilizó licor de cacao, azúcar, CB y CBE (aceite de sacha inchi, coco y palma). Se inició tostando los granos de cacao 15kg en un secador de bandejas (Fischer agro-Perú) a 120°C por 30 min, después se procedió a descascarillar y moler el cacao, obtenido el licor de cacao, consecutivamente se inició el proceso de conchado, para esto se agregó el licor de cacao en el refinador de dos rodillos (Premier, PG508, India), pasado los 20 minutos aproximadamente se agregó el azúcar, el CB y el CBE a la mezcla en diferentes porcentajes (1, 3 y 5%), el refinado se realizó en tres tiempos diferentes 16, 20 y 24 horas. Además, se realizó un chocolate control siguiendo

el mismo procedimiento a excepción del tiempo de conchado que se trabajó con un tiempo medio de 20 horas.

**Tabla 1.**

*Formulación de chocolate oscuro*

<b>Ingredientes (g)</b>	<b>Chocolate A</b>			<b>Chocolate B</b>			<b>Chocolate C</b>		
CB	4	2	0	4	2	0	4	2	0
Coco	1	3	5	0	0	0	0	0	0
Palma	0	0	0	1	3	5	0	0	0
Sacha inchi	0	0	0	0	0	0	1	3	5
Azúcar	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Licor	70	70	70	70	70	70	70	70	70
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## 2.5. Análisis reológico

Se realizó el análisis reológico de los chocolates, utilizando el reómetro Anton Paar (MCR 92, Austria), equipado con una geometría de cilindro concéntrico, el equipo utiliza el software Method IOCCC. Se fundió el chocolate en baño maría a 45°C por 5 minutos antes de la medición, el chocolate derretido se colocó en el cilindro concéntrico. El reómetro se ajustó a una temperatura de 40°C, el procedimiento de medición se basó en el método de (Abdul Halim et., 2018) con algunas modificaciones. Cada medición se realizó por triplicado. Los resultados se obtuvieron en viscosidad plástica de Casson (Pa) y límite elástico de Casson (Pa, s).

## 2.6. Determinación del tamaño de partícula

Para determinar el tamaño de partícula, los chocolates se analizaron utilizando Beckman Coulter Laser Diffraction que es un analizador de partículas de acción LS 13 320 (Brea, CA, USA). Para esto primero se realizó el desgrasado del chocolate en el cual se tomó 10gr y se procedió a triturar en con un mortero, para luego colocarlo en tubos de ensayo, agregar éter de petróleo y llevarlo a la centrifuga a una velocidad de 10000 rpm por un tiempo de 10 minutos. Se colocó 140mg de muestra desgrasada en el analizador de partículas hasta que se logre un oscurecimiento de 0,2. La distribución de tamaño de

partícula se midió como volumen relativo de partículas. Los datos que se informan son Superficie específica,  $d(10)$ ,  $d(50)$  y  $d(90)$  (Abdul Halim et al., 2019).

## **2.7. Análisis de datos**

Para el procesamiento de los datos se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para decretar los efectos de los factores (tipo de CBE y tiempo de conchado) las muestras se analizaron por triplicado y reportadas como promedio (+/- desviación estándar).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Chocolate oscuro con incorporación de aceite de sachá inchi

##### 3.1.1. Evaluación reológica de chocolate oscuro con aceite de sachá inchi

De acuerdo a la Tabla 2., los resultados muestran que, en porcentajes de 1, 3 y 5 de aceite de sachá inchi en un tiempo de conchado de 24 horas, se encuentran los valores más altos con respecto al límite elástico de Casson y la viscosidad plástica de Casson. También muestran los resultados que, con un 3% de aceite de sachá inchi a 24 horas de conchado muestra un valor muy cercano al chocolate control en límite elástico de Casson. Asimismo, con 1% de aceite de sachá inchi y 24 horas de conchado se obtuvo un valor por encima del chocolate testigo en el límite elástico de Casson. Por otro lado, en la viscosidad plástica de Casson con una concentración de 1% de aceite de sachá inchi y 20, 24 horas de conchado se obtuvo valores cercanos al testigo.

**Tabla 2.**

*Parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de sachá inchi.*

SIO	TC	Límite elástico de Casson (Pa)	Viscosidad plástica de Casson (Pa. s)
1	16	32.67 ± 0.84	3.05 ± 0.05
	20	37.58 ± 0.84	3.20 ± 0.05
	24	45.44 ± 0.84	3.23 ± 0.05
3	16	29.19 ± 0.84	2.26 ± 0.05
	20	34.24 ± 0.84	2.35 ± 0.05
	24	43.54 ± 0.84	2.50 ± 0.05
5	16	28.23 ± 0.84	1.83 ± 0.05
	20	32.05 ± 0.84	2.08 ± 0.05
	24	40.01 ± 0.84	2.16 ± 0.05
Chocolate control		43.85 ± 0.12	3.25 ± 0.12

SIO: aceite de sachá inchi; TC: tiempo de conchado, nivel significativo

La Tabla 3. Se observan los resultados de la comparación tukey para los parámetros reológicos tales como el límite elástico de Casson y la viscosidad plástica de Casson, donde el aceite de sachá inchi al 1% y el tiempo de conchado de 24 horas tiene los valores más altos en cuanto al límite elástico de Casson y la viscosidad plástica de Casson,

también se puede ver que la viscosidad del chocolate disminuye a medida que se acrecentó el nivel de SIO agregado y menor es el tiempo de conchado.

**Tabla 3.**

*Comparación Tukey para los parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de sachá inchi.*

	SIO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>Limite elástico de Casson (Pa)</b>	1	38.56	A	24	42.99	A
	3	35.65	B	20	34.62	B
	5	33.43	C	16	30.03	C
	SIO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>Viscosidad plástica de Casson (Pa. s)</b>	1	3.16	A	24	2.57	A
	3	2.37	B	16	2.51	A
	5	2.02	C	20	2.47	A

SIO: aceite de sachá inchi; TC: tiempo de conchado.

### **3.1.2. Determinación del tamaño de partícula en chocolate oscuro con aceite de sachá inchi.**

A partir de los datos mostrados en la Tabla 4., de la determinación del tamaño de partícula se obtuvo el área de superficie específica, el tamaño de partícula más pequeño  $d(10)$ , el volumen medio de partículas  $d(50)$  y el tamaño de partícula más grande  $d(90)$ . Se puede observar que la superficie específica crece a medida que aumenta el tiempo de conchado. Todo lo contrario,  $d(10)$ ,  $d(50)$  y  $d(90)$  aumentan a medida que el tiempo de conchado disminuye, además, al 5% de aceite de sachá inchi y a 16 horas de conchado se obtuvieron valores más altos para las tres variables respectivamente.

**Tabla 4.**

*Parámetros de tamaño de partícula en chocolate negro con incorporación de aceite de sachá inchi*

<b>SIO</b>	<b>TC</b>	<b>Superficie específica [cm<sup>2</sup>/g]</b>	<b>d (10) [μm]</b>	<b>d (50) [μm]</b>	<b>d (90) [μm]</b>
	16	980.7±32.0	2.77±0.09	9.65±0.42	34.23±1.19
1	20	1061.1±32.0	2.53±0.09	8.60±0.42	24.52±1.19
	24	1101.3±32.0	2.47±0.09	8.29±0.42	22.47±1.19
	16	951.6±32.0	2.88±0.09	10.98±0.42	32.25±1.19
3	20	1013.6±32.0	2.67±0.09	8.67±0.42	23.66±1.19
	24	1113.8±32.0	2.44±0.09	7.84±0.42	19.19±1.19
	16	792.8±32.0	3.45±0.09	12.47±0.42	35.44±1.19
5	20	825.1±32.0	3.29±0.09	11.77±0.42	32.20±1.19
	24	1086.3±32.0	2.49±0.09	8.13±0.42	20.32±1.19
Chocolate control		928.35±0.12	2.85±0.12	10.76±0.12	39.28±0.12

SIO: aceite de sachá inchi; TC: tiempo de conchado, nivel significativo (p<0.05).

La Tabla 5. muestra el resultado de la comparación tukey para los parámetros de tamaño de partícula, como la superficie específica, d (10), d (50) y d (90). La superficie específica aumenta a medida que la proporción de aceite de sachá inchi se crece de 1% a 5% y el tiempo de conchado se reduce de 24 a 16 horas. Así mismo, tenemos que el d (10), d (50) y d (90) tienen un mayor valor cuando se agrega altos porcentajes de aceite de sachá inchi de 5 y 3% con menores tiempos de conchado de 16 y 20 horas. También muestra que el d (90) a un porcentaje alto de aceite de sachá inchi 5% y el menor tiempo de conchado 16 horas obtiene valores por debajo del límite de tolerancia de 30 μm.

**Tabla 5.**

*Comparación Tukey para los parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de sacha inchi.*

<b>Superficie</b>	SIO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>específica</b> [cm <sup>2</sup> /g]	1	1047.72	A	24	1100.46	A
	3	1026.34	A	20	966.61	B
	5	901.40	B	16	908.39	B
<b>d (10) [μm]</b>	SIO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	5	3.08	A	16	3.03	A
	3	2.66	B	20	2.83	A
<b>d (50) [μm]</b>	SIO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	5	10.79	A	16	11.03	A
	3	9.17	B	20	9.68	B
<b>d (90) [μm]</b>	SIO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	5	28.95	A	16	33.98	A
	1	27.48	A	20	26.82	B
	3	25.03	B	24	20.66	C

SIO: aceite de sacha inchi; TC: tiempo de conchado.

### **3.2. Chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma.**

#### **3.2.1. Evaluación reológica de chocolate oscuro con aceite de palma.**

La tabla 6., muestra valores de los parámetros reológicos en chocolates oscuros con incorporación de aceite de palma. El límite elástico de Casson aumenta a medida que el aceite de palma y el tiempo de conchado incrementa, así mismo, con el 5% de aceite de palma y 16 horas de tiempo de conchado se obtuvo el valor más cercano de 43.58 Pa al chocolate control de 43.85 Pa.

También, se observa que en las tres concentraciones de aceite de palma y un tiempo de conchado de 24 horas se obtienen un valor más cercano en comparación con el chocolate control para el límite elástico de Casson. Así mismo, para la viscosidad plástica de Casson con un 5% de aceite de palma en los tres tiempos de conchado se obtiene valores cercanos al chocolate testigo.



**Tabla 6.***Parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma.*

APAL	TC	Límite elástico de Casson (Pa)	Viscosidad plástica de Casson (Pa. s)
	16	37.69 ± 1.75	2.58 ± 0.09
1	20	38.07 ± 1.75	2.24 ± 0.09
	24	46.03 ± 1.75	2.57 ± 0.09
	16	35.32 ± 1.75	2.68 ± 0.09
3	20	36.08 ± 1.75	2.43 ± 0.09
	24	44.20 ± 1.75	2.60 ± 0.09
	16	43.58 ± 1.75	3.82 ± 0.09
5	20	51.77 ± 1.75	3.67 ± 0.09
	24	58.27 ± 1.75	3.84 ± 0.09
Chocolate control		43.85 ± 0.12	3.25 ± 0.12

APAL: aceite de palma; TC: tiempo de conchado, nivel significativo (p&lt;0.05).

En la tabla 7., se percibe los resultados de la comparación tukey para los parámetros reológicos. El límite elástico de Casson disminuye al reducir el porcentaje de aceite de palma y tiempo de conchado. Sin embargo, la viscosidad plástica de Casson disminuye al reducir el porcentaje de aceite de palma y aumentar el tiempo de conchado.

**Tabla 7.***Comparación Tukey para los parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma.*

	APAL	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>Límite elástico de Casson (Pa)</b>	5	51.21	A	24	49.50	A
	1	40.60	B	20	41.97	B
	3	38.53	B	16	38.86	B
<b>Viscosidad plástica de Casson (Pa. s)</b>	APAL	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	5	3.78	A	16	3.03	A
	3	2.57	B	24	3.00	A
	1	2.47	B	20	2.78	B

APAL: aceite de palma; TC: tiempo de conchado.

### 3.2.2. Determinación del tamaño de partícula en chocolate oscuro con aceite de palma.

En la tabla 8., la superficie específica, d (10), d (50) y d (90) crece a medida que el porcentaje de aceite de palma aumenta de 1 a 5% y el tiempo de conchado de 16 a 24 horas. Sin embargo, a un porcentaje de 5% de aceite de palma con 16 y 20 horas de conchado los valores para d (90) salen fuera del rango del límite de tolerancia de 30  $\mu\text{m}$ . Se puede corroborar con el chocolate testigo que para d (90) también se encuentra fuera del rango permitido.

**Tabla 8.**

*Parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma.*

APAL	TC	Superficie específica [cm <sup>2</sup> /g]	d (10) [ $\mu\text{m}$ ]	d (50) [ $\mu\text{m}$ ]	d (90) [ $\mu\text{m}$ ]
1	16	1013.9 $\pm$ 19.3	2.60 $\pm$ 0.06	9.07 $\pm$ 0.24	26.19 $\pm$ 1.36
	20	1062.7 $\pm$ 19.3	2.51 $\pm$ 0.06	8.50 $\pm$ 0.24	22.16 $\pm$ 1.36
	24	1099.7 $\pm$ 19.3	2.47 $\pm$ 0.06	7.91 $\pm$ 0.24	18.11 $\pm$ 1.36
3	16	988.7 $\pm$ 19.3	2.72 $\pm$ 0.06	9.12 $\pm$ 0.24	24.30 $\pm$ 1.36
	20	1053.9 $\pm$ 19.3	2.53 $\pm$ 0.06	8.58 $\pm$ 0.24	22.44 $\pm$ 1.36
	24	1065.6 $\pm$ 19.3	2.51 $\pm$ 0.06	8.43 $\pm$ 0.24	21.28 $\pm$ 1.36
5	16	770.0 $\pm$ 19.3	3.48 $\pm$ 0.06	13.52 $\pm$ 0.24	43.50 $\pm$ 1.36
	20	782.5 $\pm$ 19.3	3.40 $\pm$ 0.06	13.14 $\pm$ 0.24	41.94 $\pm$ 1.36
	24	1033.4 $\pm$ 19.3	2.58 $\pm$ 0.06	8.71 $\pm$ 0.24	25.01 $\pm$ 1.36
Chocolate control		928.35 $\pm$ 0.12	2.85 $\pm$ 0.12	10.76 $\pm$ 0.12	39.28 $\pm$ 0.12

APAL: aceite de palma; TC: tiempo de conchado, nivel significativo (p<0.05).

Los resultados de la tabla 9., exponen que la superficie específica disminuye con el incremento del aceite de palma y la disminución del tiempo de conchado. Todo lo contrario, con d (10), d (50) y d (90) para obtener valores bajos se requiere la disminución del aceite de palma y el aumento del tiempo de conchado.

**Tabla 9.**

*Comparación Tukey para los parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de palma.*

<b>Superficie</b>	APAL	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>Específica</b> [cm <sup>2</sup> /g]	1	1058.76	A	24	1066.21	A
	3	1035.86	A	20	966.37	A
	5	861.96	B	16	924.00	B
<b>d (10) [μm]</b>	APAL	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	5	3.15	A	16	2.93	A
	3	2.59	B	20	2.81	A
	1	2.53	B	24	2.52	B
<b>d (50) [μm]</b>	APAL	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	5	11.79	A	16	10.57	A
	3	8.71	B	20	10.07	A
	1	8.49	B	24	8.35	B
<b>d (90) [μm]</b>	APAL	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	5	36.82	A	16	31.33	A
	3	22.67	B	20	28.85	A
	1	22.15	B	24	21.47	B

APAL: aceite de palma; TC: tiempo de conchado.

### **3.3. Chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.**

#### **3.3.1. Evaluación reológica de chocolate oscuro con aceite de coco.**

Los resultados en la tabla 10., muestra que el chocolate con 3% de aceite de coco y 24 horas de conchado tuvo el valor más alto en el límite elástico de Casson, así mismo, a medida que se incrementa el tiempo de conchado aumentan los valores del límite elástico de Casson. Todo lo contrario, con la viscosidad plástica de Casson aumenta a medida que el tiempo de conchado disminuye; con el 1% de aceite de coco y 16 horas de conchado se obtiene el valor más alto para la viscosidad plástica de Casson. Al realizar la incorporación de aceite de coco disminuye significativamente ( $p < 0.05$ ) el límite elástico de Casson y la viscosidad plástica de Casson.

**Tabla 10.***Parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.*

<b>ACO</b>	<b>TC</b>	<b>Limite elástico de Casson (Pa)</b>	<b>Viscosidad plástica de Casson (Pa. s)</b>
	16	18.46 ± 1.28	2.94 ± 0.04
1	20	21.79 ± 1.28	2.83 ± 0.04
	24	24.96 ± 1.28	2.69 ± 0.04
	16	22.16 ± 1.28	2.52 ± 0.04
3	20	27.49 ± 1.28	2.49 ± 0.04
	24	34.69 ± 1.28	2.33 ± 0.04
	16	21.29 ± 1.28	2.45 ± 0.04
5	20	24.78 ± 1.28	2.36 ± 0.04
	24	25.69 ± 1.28	2.31 ± 0.04
	Chocolate control		43.85 ± 0.12

ACO: aceite de coco; TC: tiempo de conchado, nivel significativo ( $p < 0.05$ ).

La tabla 11., se observan los resultados para los parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco. El límite elástico de Casson y la viscosidad plástica de Casson fueron mayores al incorporar un 3% de aceite de coco a 24 horas de conchado. Además, con un porcentaje alto de 5% de aceite de coco y un porcentaje bajo de 1% de aceite de coco los parámetros reológicos disminuyen. De igual manera al disminuir el tiempo de conchado de 24 a 16 horas también disminuyen los parámetros reológicos.

**Tabla 11.**

*Comparación Tukey para los parámetros reológicos en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.*

	ACO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>Limite elástico de Casson (Pa)</b>	3	28.11	A	24	28.14	A
	5	23.92	B	20	24.99	A
	1	21.73	B	16	20.63	B
	ACO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>Viscosidad plástica de Casson (Pa. s)</b>	3	2.82	A	24	2.64	A
	5	2.45	B	20	2.56	A
	1	2.37	B	16	2.44	B

ACO: aceite de coco TC: tiempo de conchado.

### 3.3.2. Determinación del tamaño de partícula en chocolates oscuro con aceite de coco.

La tabla 12., muestran los resultados de los parámetros de tamaño de partícula del chocolate oscuro. La superficie específica tuvo valores más altos con un porcentaje de 5% de aceite de coco en 16, 20 y 24 horas de conchado. Todo lo contrario, con el d (10), d (50) y d (90) disminuyen los valores al agregar 5% de aceite de coco en los tres tiempos de conchado. El chocolate con 1% de aceite de coco a 14 horas de conchado tiene una superficie específica similar al chocolate control. El d(50) y el d(90) disminuyen al incorporar aceite de coco en comparación con el chocolate control, sin embargo el d(10) aumenta.

**Tabla 12.** *Parámetros de tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.*

ACO	TC	Superficie específica [cm <sup>2</sup> /g]	d (10) [μm]	d (50) [μm]	d (90) [μm]
1	16	940.0±36.7	2.86±0.12	11.47±0.62	31.88±1.87
	20	967.1±36.7	2.84±0.12	11.44±0.62	29.92±1.87
	24	1055.1±36.7	2.53±0.12	9.54±0.62	24.98±1.87
3	16	1088.2±36.7	2.46±0.12	8.66±0.62	24.42±1.87
	20	882.2±36.7	3.05±0.12	11.37±0.62	34.76±1.87
	24	965.2±36.7	2.80±0.12	9.98±0.62	28.82±1.87
5	16	1221.1±36.7	2.17±0.12	7.80±0.62	18.72±1.87
	20	1214.6±36.7	2.19±0.12	7.87±0.62	17.59±1.87
	24	1117.6±36.7	2.39±0.12	8.21±0.62	19.89±1.87
Chocolate control		928.4±0.12	2.85±0.12	10.76±0.12	39.28±0.12

ACO: aceite de coco; TC: tiempo de conchado, nivel significativo (p<0.05).

La tabla 13, informa sobre los resultados de la comparación tukey para el tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco. La superficie específica aumenta con la incorporación de porcentajes altos de aceite de coco (5%), sin embargo, el tiempo no es significativo ( $p < 0.05$ ). Así mismo, el d (10), d (50) y d (90) obtiene valores altos con los porcentajes menores de aceite de coco (1 y 3%) y el tiempo no es significativo ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 13.** Comparación Tukey para el tamaño de partícula en chocolate oscuro con incorporación de aceite de coco.

<b>Superficie</b>	ACO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
<b>específica</b> [cm <sup>2</sup> /g]	5	1184.45	A	16	1083.10	A
	1	987.39	B	24	1045.96	A
	3	978.51	B	20	1021.29	A
<b>d (10) [µm]</b>	ACO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	3	2.77	A	20	2.69	A
	1	2.74	A	24	2.57	A
	5	2.25	B	16	2.50	A
<b>d (50) [µm]</b>	ACO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	1	10.81	A	20	10.22	A
	3	10.00	A	16	9.31	A
	5	7.96	B	24	9.25	A
<b>d (90) [µm]</b>	ACO	Media	Agrupación	TC	Media	Agrupación
	3	29.34	A	20	27.42	A
	1	28.93	A	16	25.01	A
	5	18.73	B	24	24.57	A

ACO: aceite de coco; TC: tiempo de conchado.

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros reológicos

Estudiaron Bahari & Akoh, (2018) chocolates oscuros con equivalente de manteca de cacao sintetizado a partir de manteca de illipe y fracción media de palma, el chocolate con fracción media de palma tuvo una viscosidad plástica de 5.0 Pa. s similar al chocolate oscuro control con 5.5 Pa. s. En nuestra investigación sucedió algo parecido, el chocolate con porcentajes altos de aceite de palma tuvo valores cercanos en la viscosidad plástica de Casson y el límite elástico de Casson en comparación con el chocolate control, siendo, además significativo el tiempo de conchado. Esto se podría deber a que el aceite de palma se compone principalmente de ácido palmítico (51,6%), oleico (35,6%) y principalmente de 1,3-estearoil-2-oleoil-glicerol de triglicéridos (17,8%), lo que lleva a su pronunciada curva del contenido de grasa sólida versus temperatura suave. Estas propiedades permiten que el aceite de palma se parezca a los perfiles de triglicéridos de la manteca de cacao (Mohammad Ridwan et al., 2023). Así mismo, en nuestra investigación se trabajó chocolates con aceite de coco, disminuyendo la viscosidad plástica de Casson y el límite elástico de Casson al incrementar los niveles de aceite de coco, requiriendo de niveles bajos y menor tiempo de conchado para obtener valores parecidos al control. En la investigación de (Abdul Halim et al., 2019b) menciona que el chocolate con coco está compuesto principalmente por el 1,3-dipalmitoil-2-oleoil-glicerol (POP), 1-palmitoil-3-estearoil-2-oleoil-glicerol (POS), 1,3-distearoil-2-oleoil-glicerol (SOS) y trilaurina (LLL), cuanto mayor es la porción de manteca de cacao reemplazada, menor es el contenido de POP, POS y SOS presente en el chocolate, por lo tanto, disminuye las propiedades reológicas. Además, Sasaki et al. (2012) menciona que la formación de  $\beta'$  en el aceite de coco, los cristales grandes de  $\beta'$  deconstruyen la red cristalina fina formada por cristales  $\beta_V$  cuando estos dos cristales están cocrystalizados, reduciendo las propiedades reológicas. Así mismo, el aceite de coco tiene baja viscosidad debido a la presencia de ácidos láuricos. Según Pantzaris y Basiron (2002) el láurico se encuentra entre los aceites menos viscosos. Por último, en nuestra investigación se trabajó chocolates con aceite de sacha inchi, a niveles altos de aceite la viscosidad plástica de Casson y el límite elástico de Casson disminuyen, requiriendo de niveles bajos de aceite de sacha inchi y un mayor tiempo de conchado para obtener valores parecidos al control. En el estudio de Medina-Mendoza et al., (2021) elaboraron chocolate oscuro con sustitución de la manteca de cacao por aceite de sacha inchi, en tres concentraciones 1, 3 y 5%, siendo el chocolate con 5% en que se vio más afectado en las propiedades

reológicas. Desde la perspectiva reológica, el chocolate negro tiene una compleja conducta, es decir, tiene un límite elástico aparente y una viscosidad plástica estrictamente dependientes del proceso de fabricación (Glicerina et al., 2013). Por lo tanto, la adición de aceite de sachá inchi disminuye significativamente los valores de Límite elástico de Casson y viscosidad plástica de Casson de todas los ejemplares de chocolates. Esto se corrobora con el estudio de (Quispe-Chambilla et al., 2022) el límite de rendimiento y el índice de consistencia aumentaron significativamente con la adición de pasta de maní y pasta de sachá inchi. Así mismo, en el estudio de (urbańska et al., 2021) tanto el tiempo de conchado y temperatura influye significativamente en la viscosidad de Casson en la masa de leche chocolatada a base de licor de cacao con granos sin fermentar.

El aceite de palma se considera un ingrediente adecuado para ser considerado un equivalente de la manteca de cacao, considerando su disponibilidad, composición y costo (Huang et al., 2021). También los chocolates con adición de aceite de coco se consideran aceptables dentro de los límites del comportamiento de flujo del chocolate (rendimiento de Casson; 10–200 Pa y viscosidad plástica de Casson; 1–20 Pa s) (Maheshwari & Yella Reddy, 2005). Finalmente, (Castro-Alayo et al., 2023) menciona que el aceite de coco y sachá inchi se consideran buenos equivalentes de la manteca de cacao, por lo tanto buenos candidatos para mejorar las propiedades de los chocolates negros.

#### **4.2. Distribución del tamaño de partícula**

El tamaño de partícula es uno de los parámetros que afecta directamente a la calidad del chocolate. El tamaño de partícula deseado para el chocolate es de 3  $\mu\text{m}$  por debajo. Las partículas más grandes a menudo causan una textura arenosa en el chocolate y, por otro lado, las partículas más chicas acrecientan el área de superficie específica, se necesita más fase líquida para cubrirla, agrandando al mismo tiempo la viscosidad del chocolate fundido (Bolenz et al., 2014). Además, afecta a otros parámetros, como la dureza, las propiedades de fluidez y la reología del chocolate (Saputro et al. 2017). En nuestra investigación se obtuvo un rango de 2.17 hasta 39.28  $\mu\text{m}$  para el tamaño de partícula del chocolate, sin embargo, los valores que sobresalen del rango permitido son del chocolate control, todo lo contrario, los chocolates enriquecidos se encuentran dentro del rango permitido. Los tipos de aceites y tiempo de conchado se encuentran relacionados directamente al tamaño de partícula, a mayor nivel de aceite de palma, coco y sachá inchi



se requiere menor tiempo de conchado. Esto se corrobora con la investigación de Adiguna & Akoh (2018) quienes obtuvieron valores en un rango de 1,2 hasta 30,4  $\mu\text{m}$  de tamaño de partícula en chocolates elaborados a partir del equivalente de manteca de cacao sintetizado a partir de manteca de illipe y fracción media de palma. Así mismo, Afoakwa et al. (2008a) obtuvo valores en tamaño de partícula entre 18 a 50  $\mu\text{m}$ , valores superiores a nuestra investigación. Mencionando además que el aumento de la grasa en un 25 a 35% produce disminuciones significativas en el área de superficie específica con acrecentamientos en todos los demás parámetros de tamaño de partícula, el contenido de grasa en la refinación tiene una influencia directa. (Beckett, 2003 a) concluyó que el tamaño de partícula más grande y el área superficial específica de los sólidos son los dos parámetros clave para la fabricación de chocolates. El primero determina al chocolate la tosqueda y caracteres texturales y el segundo se asocia con requerimiento de grasa para propiedades de fluidez deseables.

## **V. CONCLUSIONES**

Un buen equivalente debe ser compatible con la manteca de cacao y no debe alterar las propiedades físicas cuando se utiliza en la formulación del chocolate oscuro. Demostrando que el CBE de coco, palma y sachá inchi tienen propiedades similares a la manteca de cacao. Los tipos de aceites y tiempo de conchado tuvieron un efecto significativo en el tamaño de partícula y reología, pero aun dentro del rango permitido. El chocolate con 5% de aceite de palma a 16 horas de conchado, el chocolate con 3% de aceite de coco y aceite de sachá inchi a 20 horas de conchado no son significativos con el chocolate control. Este estudio mostró que el aceite de coco, palma y sachá inchi tienen el potencial de aplicarse en chocolates como CBE para mejorar sus propiedades físicas. Además, se requiere de otros estudios como propiedades químicas, térmicas y sensoriales para dar mejor un diagnóstico a ser llamado equivalentes de la manteca de cacao.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul Halim, H. S., Selamat, J., Mirhosseini, S. H., & Hussain, N. (2019b). Sensory preference and bloom stability of chocolate containing cocoa butter substitute from coconut oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 443-448. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.02.005>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., & Fowler, M. (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(6), 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.02.002>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008a). Characterization of melting properties in dark chocolates from varying particle size distribution and composition using differential scanning calorimetry. *Food Research International*, 41(7), 751-757. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.05.009>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008b). Modelling tempering behaviour of dark chocolates from varying particle size distribution and fat content using response surface methodology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(4), 527-533. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.02.002>
- Aidoo, R. P., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2015). Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 592-597. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.043>
- Bahari, A., & Akoh, C. C. (2018). Texture, rheology and fat bloom study of ‘chocolates’ made from cocoa butter equivalent synthesized from illipe butter and palm mid-fraction. *LWT*, 97, 349-354. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.013>
- Beckett, S. T. (2003a). Is the taste of British milk chocolate different? *International Journal of Dairy Technology*, 56(3), 139-142. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2003.00099.x>
- Braga, S. C. G. N., Oliveira, L. F., Hashimoto, J. C., Gama, M. R., Efraim, P., Poppi, R. J., & Augusto, F. (2018). Study of volatile profile in cocoa nibs, cocoa liquor and chocolate on production process using GC × GC-QMS. *Microchemical Journal*, 141, 353-361. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.05.042>

- Castro-Alayo, E. M., Balcázar-Zumaeta, C. R., Torrejón-Valqui, L., Medina-Mendoza, M., Cayo-Colca, I. S., & Cárdenas-Toro, F. P. (2023). Effect of tempering and cocoa butter equivalents on crystallization kinetics, polymorphism, melting, and physical properties of dark chocolates. *LWT*, *173*, 114402. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114402>
- Cavella, S., Miele, N. A., Fidaleo, M., Borriello, A., & Masi, P. (2020). Evolution of particle size distribution, flow behaviour and stability during mill ball refining of a white chocolate flavouring paste. *LWT*, *132*, 109910. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109910>
- Chen, Y. W., & Mackley, M. R. (2006). Flexible chocolate. *Soft Matter*, *2*(4), 304. <https://doi.org/10.1039/b518021j>
- Dahlenborg, H. (2015). Effect of particle size in chocolate shell on oil migration and fat bloom development. *Journal of Food Engineering*, *10*.
- Feichtinger, A., Scholten, E., & Sala, G. (2020). Effect of particle size distribution on rheological properties of chocolate. *Food & Function*, *11*(11), 9547-9559. <https://doi.org/10.1039/D0FO01655A>
- Fowler, M. S. (2008). Cocoa Beans: From Tree to Factory. En S. T. Beckett (Ed.), *Industrial Chocolate Manufacture and Use* (pp. 10-47). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444301588.ch2>
- Ghosh, V., Ziegler, G. R., & Anantheswaran, R. C. (2002). Fat, Moisture, and Ethanol Migration through Chocolates and Confectionary Coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *42*(6), 583-626. <https://doi.org/10.1080/20024091054265>
- Gonçalves, E. V., & Lannes, S. C. da S. (2010). Chocolate rheology. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *30*(4), 845-851. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400002>
- Gu, L., House, S. E., Wu, X., Ou, B., & Prior, R. L. (2006). Procyanidin and Catechin Contents and Antioxidant Capacity of Cocoa and Chocolate Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(11), 4057-4061. <https://doi.org/10.1021/jf060360r>
- Huang, Z., Guo, Z., Xie, D., Cao, Z., Chen, L., Wang, H., Jiang, L., & Shen, Q. (2021). Rhizomucor miehei lipase-catalysed synthesis of cocoa butter equivalent from palm mid-fraction and stearic acid: Characteristics and feasibility as cocoa butter

- alternative. *Food Chemistry*, 343, 128407.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128407>
- Maheshwari, B., & Yella Reddy, S. (2005). Application of kokum (*Garcinia indica*) fat as cocoa butter improver in chocolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(1), 135-140. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1967>
- Medina-Mendoza, M., Rodriguez-Pérez, R. J., Rojas-Ocampo, E., Torrejón-Valqui, L., Fernández-Jeri, A. B., Idrogo-Vásquez, G., Cayo-Colca, I. S., & Castro-Alayo, E. M. (2021). Rheological, bioactive properties and sensory preferences of dark chocolates with partial incorporation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Heliyon*, 7(2), e06154. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06154>
- Miele, N. A., Borriello, A., Fidaleo, M., Masi, P., & Cavella, S. (2020). Modeling grinding kinetics of fat based anhydrous pastes. *Journal of Food Engineering*, 268, 109732. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109732>
- Mohammad Ridwan, N., Mamat, H., & Haque Akanda, M. J. (2023). Physical Blending of Fractionated Bambang Kernel Fat Stearin and Palm Oil Mid-Fraction to Formulate Cocoa Butter Equivalent. *Foods*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods12091744>
- Moreira, I. M. da V., Vilela, L. de F., Santos, C., Lima, N., & Schwan, R. F. (2018). Volatile compounds and protein profiles analyses of fermented cocoa beans and chocolates from different hybrids cultivated in Brazil. *Food Research International*, 109, 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.012>
- Pantzaris, T.P., Basiron, Y. (2002). The lauric (coconut and palm kernel) oils F.D. Gunstone (Ed.), *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*, Blackwell Publishing, USA and Canada, pp. 157-202
- Quispe-Chambilla, L., Pumacahua-Ramos, A., Choque-Quispe, D., Curro-Pérez, F., Carrión-Sánchez, H. M., Peralta-Guevara, D. E., Masco-Arriola, M. L., Palomino-Rincón, H., & Ligarda-Samanez, C. A. (2022). Rheological and Functional Properties of Dark Chocolate with Partial Substitution of Peanuts and Sacha Inchi. *Foods*, 11(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods11081142>
- Sasaki, M., Ueno, S., Sato, K., 2012. Cocoa butter and related compounds. In: Nissim, G., Neil, R.W. (Eds), *Polymorphism and Mixing Phase Behavior of Major Triacylglycerols of Cocoa Butter*. AOAC Press, USA, pp. 151–172.

- Schantz, B., & Rohm, H. (2005). Influence of lecithin–PGPR blends on the rheological properties of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*, 38(1), 41-45. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.03.014>
- Servais, C., Jones, R., & Roberts, I. (2002). The influence of particle size distribution on the processing of food. *Journal of Food Engineering*, 8.
- Sokmen, A., & Gunes, G. (2006). Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*, 39(10), 1053-1058. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.002>
- Tabouret, T. (2007). Technical note: Detection of fat migration in a confectionery product. *International Journal of Food Science & Technology*, 22(2), 163-167. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb00472.x>
- Tapiero, H., Tew, K. D., Nguyen Ba, G., & Mathé, G. (2002). Polyphenols: Do they play a role in the prevention of human pathologies? *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(4), 200-207. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00178-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00178-6)
- Urbańska, B., Kowalska, H., Szulc, K., Ziarno, M., Pochitskaya, I., & Kowalska, J. (2021). Comparison of the Effects of Conching Parameters on the Contents of Three Dominant Flavan3-ols, Rheological Properties and Sensory Quality in Chocolate Milk Mass Based on Liquor from Unroasted Cocoa Beans. *Molecules*, 26(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/molecules26092502>
- Yamagishi, M., Osakabe, N., Natsume, M., Adachi, T., Takizawa, T., Kumon, H., & Osawa, T. (2001). Anticlastogenic activity of cacao: Inhibitory effect of cacao liquor polyphenols against mitomycin C-induced DNA damage. *Food and Chemical Toxicology*, 39(12), 1279-1283. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(01\)00076-X](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(01)00076-X)
- Ziegler, G. (2009). Product design and shelf-life issues: Oil migration and fat bloom. In *Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products* (pp. 185-210). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845696436.2.185>

## ANEXOS

### Anexo 1. Preparación de chocolate oscuro



**Ilustración 1.** Elección de granos



**Ilustración 2.** Tuesta del grano



**Ilustración 3.** Descascarado del grano.



**Ilustración 4.**Nibs de cacao



**Ilustración 5.** Molienda



**Ilustración 6.** Conchado y refinado

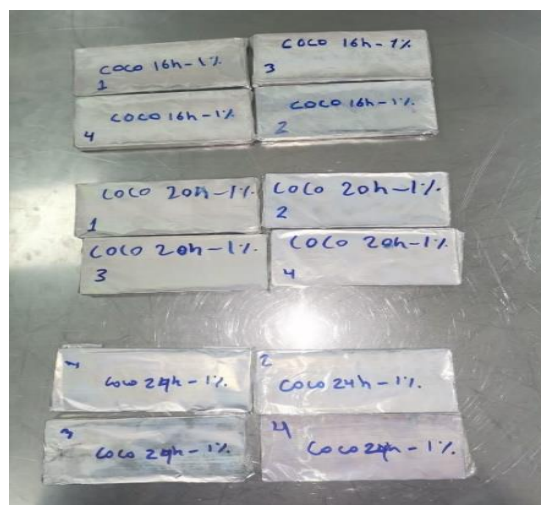




**Ilustración 7.**Templado del chocolate

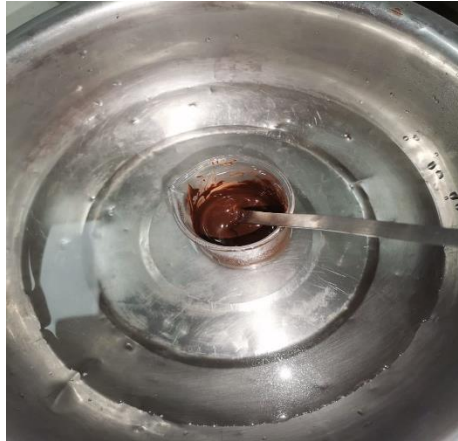


**Ilustración 8.** Pesado y Moldeado



**Ilustración 9.** Barras de chocolates

## Anexo 2. Medición Reológica



**Ilustración 10.** Chocolates derretidos en baño maría



**Ilustración 11.** Muestra de chocolate dentro del cilindro concéntrico.



**Ilustración 12.** Reología

**Anexo 3. Medición de Tamaño de partícula.**



**Ilustración 13.** Triturado de la muestra



**Ilustración 14.** Disolvente con éter de petróleo



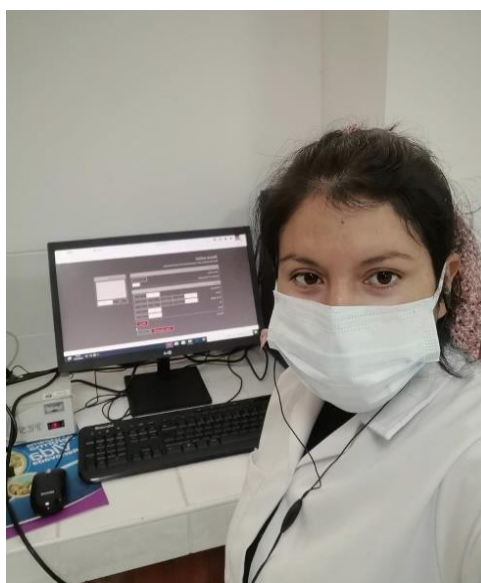
**Ilustración 15.** Centrifugado de las muestras con éter de petróleo



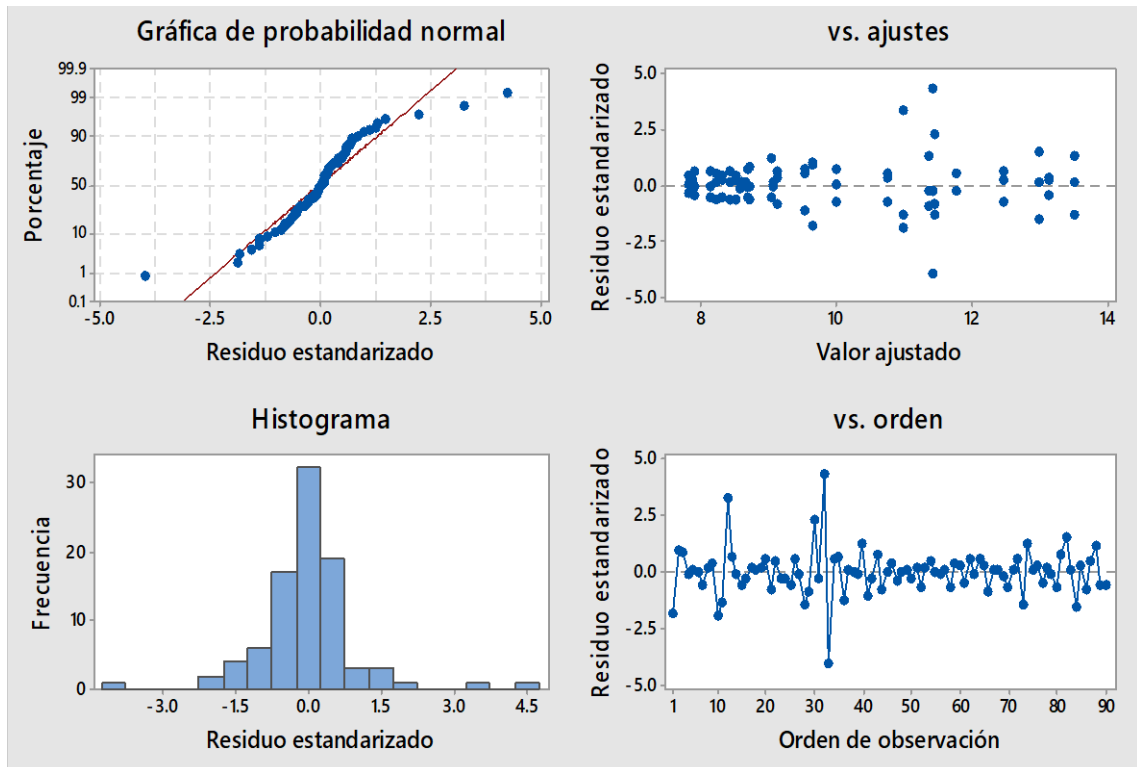
**Ilustración 16.** Muestra desgrasada



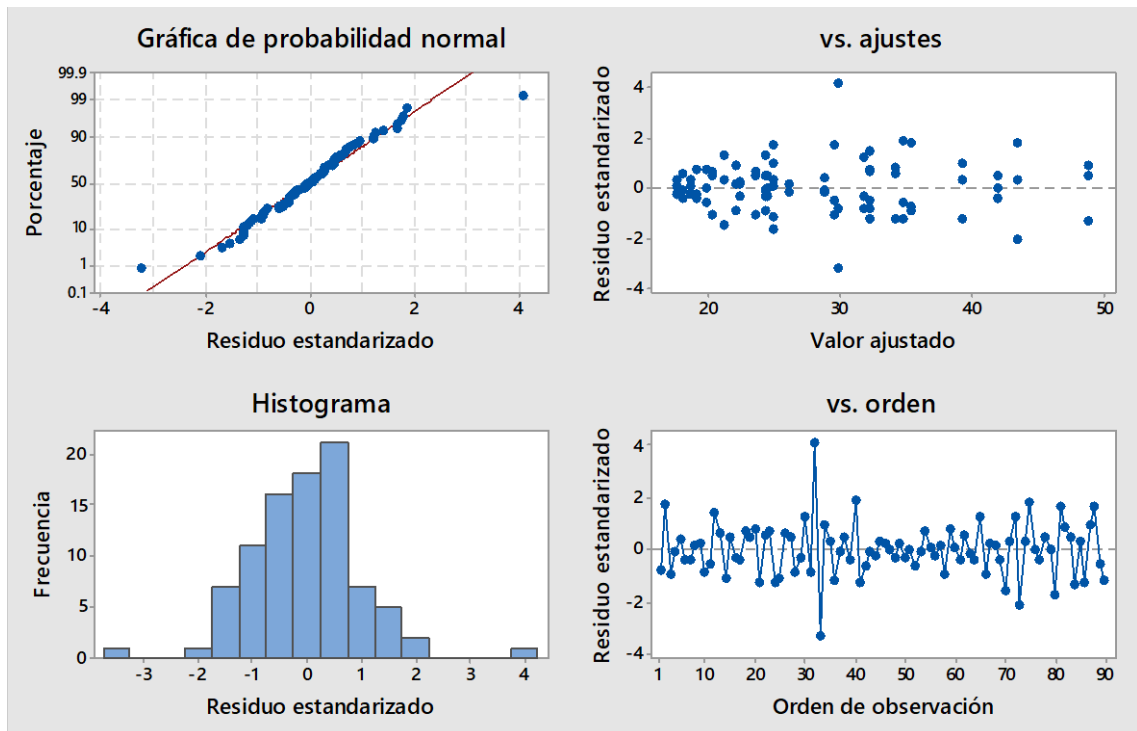
**Ilustración 17.** Pesado de la muestra



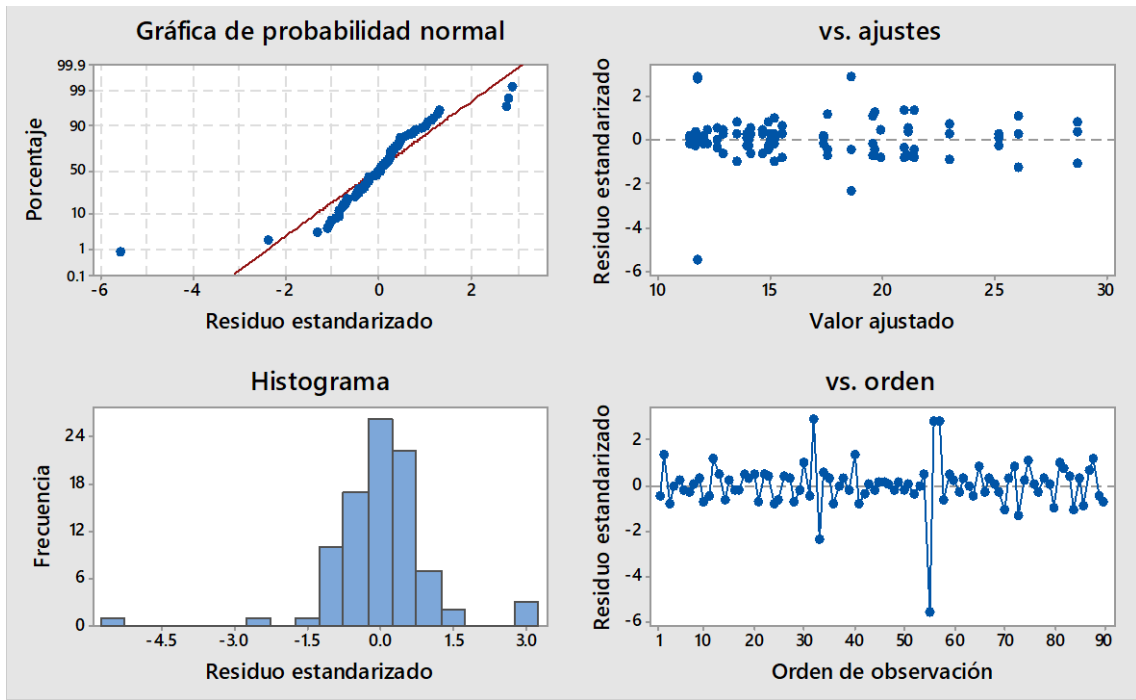
**Ilustración 18.** Determinando el tamaño de partícula



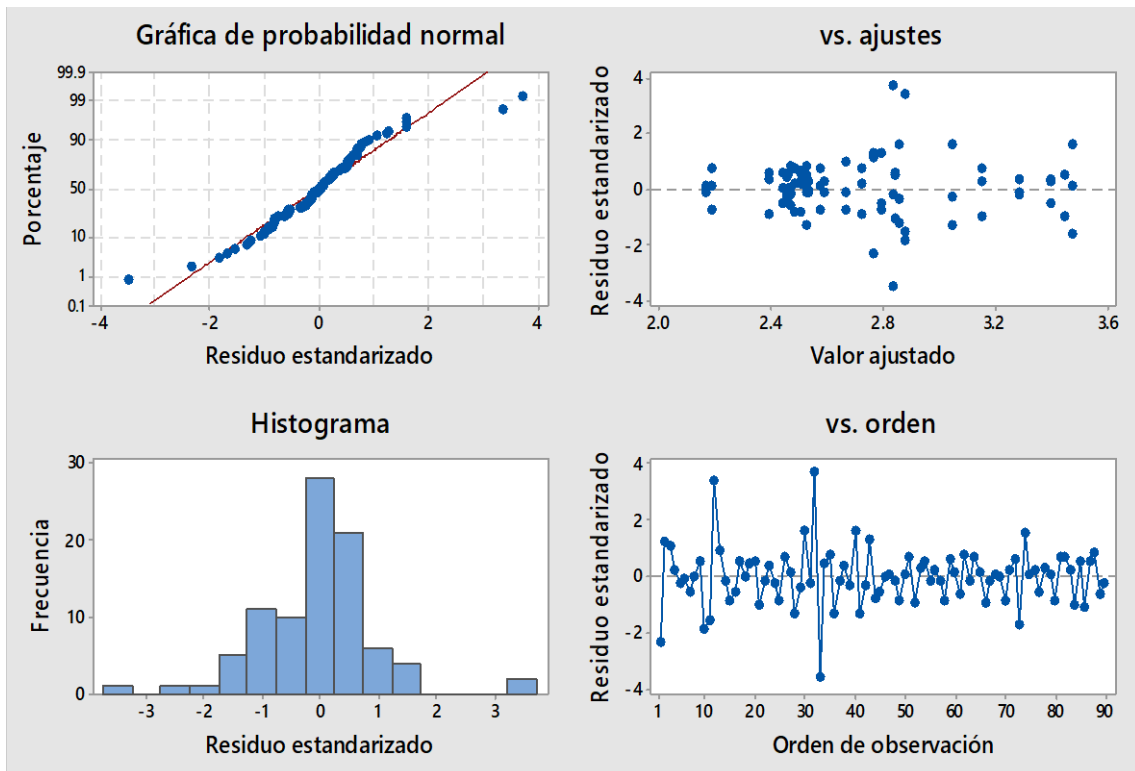
**Ilustración 19.** Medición de la muestra en D 10 [ $\mu\text{m}$ ]



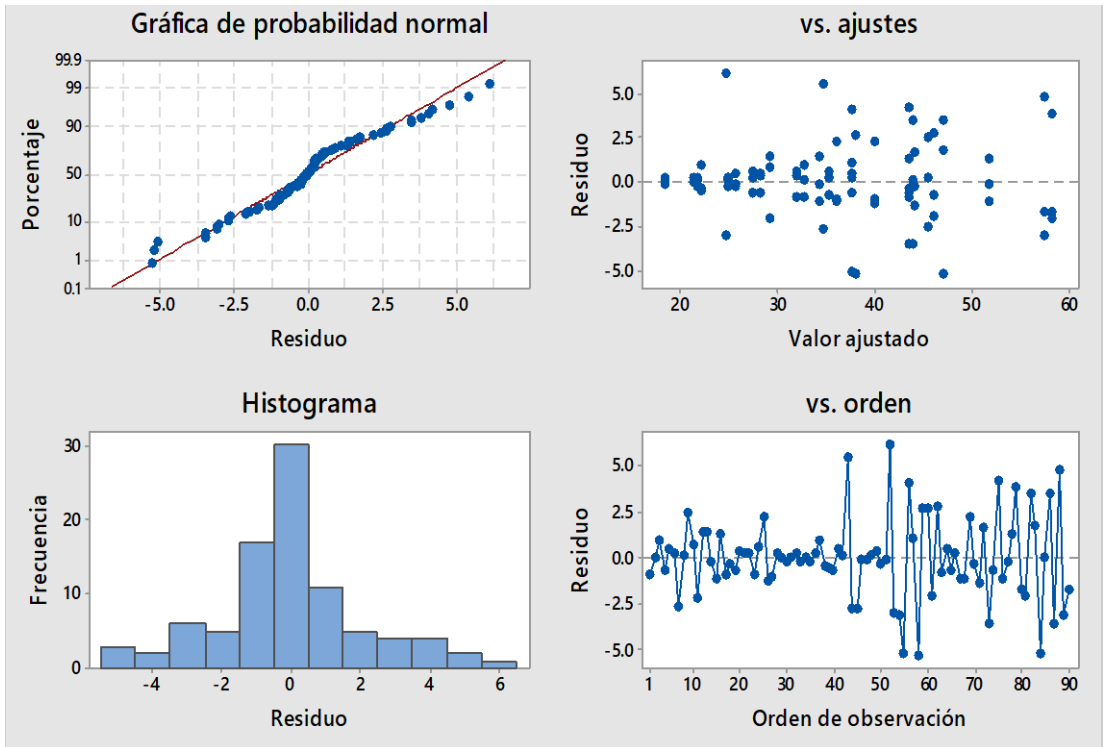
**Ilustración 20.** Medición de la muestra en D 50 [ $\mu\text{m}$ ]



**Ilustración 21.** Gráfica de residuos para D90 [µm]



**Ilustración 22.** Gráfica de residuos para viscosidad plástica de Casson



**Ilustración 23.** Gráfica de residuos para límite elástico de Casson