

**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 INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**“USO DE LOS ACEITES DE COPUAZÚ Y SEMILLA DE  
MARACUYA COMO ALTERNATIVAS DE MANTECA DE  
CACAO EN CHOCOLATES OSCUROS”**

**Autor: Bach. Zaira Mendoza Grández**

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

**Coasesor: Ing. Marleni Medina Mendoza**

Registro: (.....)

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

# AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



## UNTRM

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

### ANEXO 3-H

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

##### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Mendoza Grande Zaira  
DNI N°: 47968352  
Correo electrónico: Zaira.Mendoza@untrm.edu.pe  
Facultad: Ingeniería y ciencias Agrarias  
Escuela Profesional: Ingeniería Agroindustrial

##### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

##### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Uso de los aceites de copazú y semilla de maracuya como alternativas de manteca de cacao en chocolates oscuros

##### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Castro Alayo Efraín Manuelito  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 18704816  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) (<https://orcid.org/0000-0007-4322-8980>)

##### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: Medina Mendoza Marleni  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 73424208  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) (<https://orcid.org/0000-0007-8327-9785>)

##### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Inmunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
2.00.00 INGENIERÍA, TECNOLOGÍAS, 2.11.00 OTRAS INGENIERÍAS, OTRAS TECNOLOGÍAS, 2.11.01 ALIMENTOS Y BEBIDAS

##### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

##### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 25, octubre, 2022

Firma del autor 1

Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Pedro Pablo Mendoza Guelac y Laustenia Grandez Rojas, por ser el pilar más importante y su apoyo incondicional, por brindarme su amor, sus consejos maravillosos y por preocuparse en todo momento para hacer realidad mis sueños.

### **A mi pareja e hijo:**

Milton Alexander Vargas Fernandez y Gerard Steven Vargas Mendoza, Por brindarme su amor su espíritu positivo y apoyo incondicional

### **A mis hermanos:**

LLaneli Mendoza Grandez, Edarlin Mendoza Grandez y Victor Mendoza Grandez, por el esfuerzo, apoyo y confianza que me brindaron a cumplir mis metas y objetivos.

**Zaira Mendoza Grández**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la vida y permitirme el haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional, por ser la luz de mí camino, por brindarme su amor y sabiduría, por su infinita bondad y fortaleza.

A mi familia, por su apoyo incondicional, y por haber estado siempre a mi lado y guiarme en cada paso que di, por darme el mejor regalo que son los estudios.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, institución a la cual le debo la realización profesional, en especial a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agraria, docentes y técnicos, por brindar sus conocimientos para culminar la ejecución de mi proyecto de tesis.

A mi Asesor, Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo el apoyo académico y las facilidades de realizar este proyecto de tesis.

A mi Coasesora, Ing. Marleni Medina Mendoza por brindarme sus conocimientos académicos y experimental, y así tener la facilidad de culminar el proyecto de investigación.

**Zaira Mendoza Grández**

**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 (  )/Profesional externo (    ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada \_\_\_\_\_  
Uso de los aceites de copoazu y semilla de maracuya como  
alternativas de manteca de cacao en chocolates oscuros. ;  
del egresado Zaira Mendoza Grañdez  
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, 25 de octubre de 2022

Firma y nombre completo del Asesor

Dr. Efram Manuelito Castro Alayo



## VISTOS BUENO DEL COASESOR 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 \_\_\_\_\_  
Uso de los aceites de copazú y semilla de maracuya como  
alternativas de manteca de Cacao en chocolates oscuros ;  
del egresado Zairo Mendoza Grández  
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, 25 de octubre de 2022



  
Firma y nombre completo del Asesor  
Ing. Marleni Medina Mendoza

**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



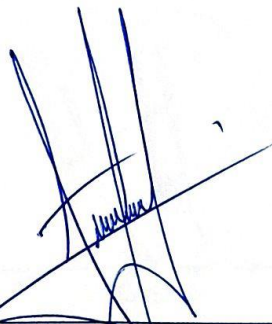
---

**Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández.**  
**PRESIDENTE**



---

**Ing. Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri**  
**SECRETARIO**



---

**Ing. Ms. Roberto Carlos Mori Zabarburú**  
**VOCAL**



# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



# UNTRM

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

## ANEXO 3-Q

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

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

Uso de los aceites de copuazú y semilla de maracuya como  
alternativa de manteca de cacao en chocolates oscuros.

presentada por el estudiante ( )/egresado (X) Zaira Mendoza Grández

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

con correo electrónico institucional Zaira.Mendoza@untrm.edu.pe


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

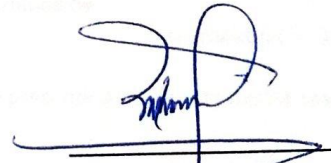
- a) La citada Tesis tiene 17 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que 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, 09 de noviembre del 2022

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



# UNTRM

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

## ANEXO 3-S

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

En la ciudad de Chachapoyas, el día 06 d e diciembre del año 2022, siendo las 09 horas, el aspirante: Zaira Mendoza Grández, asesorado por Dr. Efraim Manuelito Castro alayo defiende en sesión pública presencial () / a distancia ( ) la Tesis titulada: uso de los aceites de copuazú y semilla de macacuyó como alternativas de manteca de cacao en chocolates oscuros, 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: Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández

Secretario: Mg. Armstrong Barnard Fernandez Jery

Vocal: Ms. Roberto Carlos Mon Zabarburó



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:

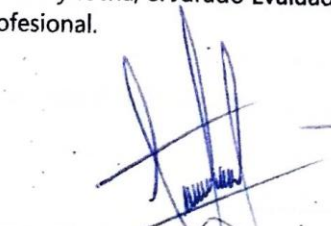
Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría ( )

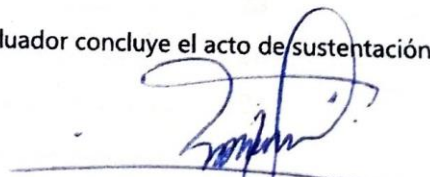
Desaprobado ( )

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 10:15 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 GENERAL

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....	vi
VISTOS BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS.....	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
ÍNDICE GENERAL .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRAC.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.1. Materiales.....	20
2.2. Variables de estudio .....	20
2.3. Diseño de investigación .....	20
2.4. Métodos y técnicas.....	21
2.4.1 Elaboracion de los equivalentes de manteca de cacao.....	21
2.4.2 Mapeo Raman .....	21
2.4.3 Fusión y cristalización de EMC .....	22
2.4.4 Elaboración del chocolate oscuro.....	22
2.4.5 Medición Reológica .....	22
2.4.6 Textura .....	23
2.4.7 Determinación del punto de fusión de los chocolates.....	23

2.4.8	Análisis de color.....	23
2.4.9	Determinación de actividad de agua .....	24
2.4.10	Compuestos Fenólicos totales .....	24
2.5.	Análisis de datos .....	24
III.	RESULTADOS .....	25
3.1	Comportamientos de fusión y cristalización del MC con MCP y ASM.....	25
3.2	Miscibilidad del EMC con MCP y ASM.....	26
3.3	Optimización de los factores del chocolate oscuro con EMC-C.....	27
3.4	Optimización de los factores de chocolate oscuro con EMC-M.....	29
IV.	DISCUSIÓN .....	33
4.1	Fusión y cristalización de mezclas de grasas vegetales .....	33
4.2	Miscibilidad de las mezclas de grasas vegetales.....	33
4.3	Reología .....	34
4.4	Fusión.....	35
4.5	Textura .....	35
4.6	Color.....	36
4.7	Actividad de Agua.....	37
4.8	Contenido de Polifenoles Totales.....	37
V.	CONCLUSIÓN .....	39
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
	ANEXOS .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de las muestras de MC con MCP y ASM.....	21
Tabla 2. Parámetros de fusión y cristalización de los equivalentes de manteca copuazú (EMC-C) y equivalentes de aceite de semilla de maracuya (EMC.M). .....	25
Tabla 3. Valores de respuestas y optimizados para las propiedades fisicoquímicas de las muestras de chocolate con EMC-C.....	27
Tabla 4. Coeficientes de regresión y valores de P para respuestas significativas. ....	28
Tabla 5. Valores de respuestas y optimizados para las propiedades fisicoquímicas de las muestras de chocolate con EMC-M.....	30
Tabla 6. Coeficientes de regresión y valores de P para respuestas significativas. ....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapas de distribución de las muestras y sus diferentes concentraciones: (a) MC97-MCP3; (B) MC94-MCP6; (C) MC91-MCP9; (D) MC88-MCP12; (m) MC85-MCP15; (F) MC97-ASM3; (g) MC94-ASM6; (h) MC91-ASM9; (I) MC88-ASM12; (j) MC85-ASM15. ....	26
Figura 2. Intervalos de temperatura de fusión vs. Muestras (EMC-C).....	49
Figura 3. Intervalos de entalpia de fusion vs. Muestras (EMC-C) .....	49
Figura 4. intervalos de temperatura de cristalización vs. Muestras (EMC-C).....	50
Figura 5. intervalos de entalpia de cristalización vs. Muestras (EMC-C) .....	50
Figura 6. intervalos de temperatura de fusión vs. Muestras (EMC-M) .....	51
Figura 7. intervalos de entalpia de fusion vs. Muestras (EMC-M).....	51
Figura 8. intervalos de temperatura de cristalización vs. Muestras (EMC-M).....	52
Figura 9. intervalos de entalpia de cristalización vs. Muestras (EMC-M) .....	52
Figura 10. Superficie de Respuesta de CPV vs. EMC-C; TC.....	53
Figura 11. Superficie de Respuesta de CEL vs. EMC-C; TC.....	53
Figura 12. Superficie de Respuesta de Dureza vs. EMC-C; TC.....	53
Figura 13. Superficie de Respuesta de T° de fusión vs. EMC-C; TC.....	54
Figura 14. Superficie de Respuesta de T° de fusión vs. EMC-C; TC.....	54
Figura 15. Superficie de Respuesta de Color vs. EMC-C; TC .....	54
Figura 16. Superficie de Respuesta de AW vs. EMC-C; TC.....	55
Figura 17. Superficie de Respuesta de TPC vs. EMC-C; TC .....	55
Figura 18. Superficie de Respuesta de CPV vs. EMC-M; TC.....	55
Figura 19. Superficie de Respuesta de CEL vs. EMC-M; TC.....	56
Figura 20. Superficie de Respuesta de Dureza vs. EMC-M; TC.....	56
Figura 21. Superficie de Respuesta de Fusión vs. EMC-M; TC.....	56
Figura 22. Superficie de Respuesta de Color vs. EMC-M; TC .....	57
Figura 23. Superficie de Respuesta de Color vs. EMC-M; TC .....	57
Figura 24. Superficie de Respuesta de AW vs. EMC-M; TC.....	57

Figura 25. Superficie de Respuesta de TPC vs. EMC-M; TC .....	58
Figura 26. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C 1 % y TC 16h. ....	58
Figura 27. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 1 % y TC 20h. ....	58
Figura 28. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C 1 % y TC 24h. ....	59
Figura 29. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C 3 % y TC 16h. ....	59
Figura 30. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 3 % y TC 20h. ....	59
Figura 31. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 3 % y TC 24h. ....	60
Figura 32. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 5 % y TC 16h. ....	60
Figura 33. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 5 % y TC 20h. ....	60
Figura 34. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 5 % y TC 24h. ....	61
Figura 35. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 1 % y TC 16h. ....	61
Figura 36. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 1 % y TC 20h. ....	61
Figura 37. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 1 % y TC 24h. ....	62
Figura 38. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 3 % y TC 16h. ....	62
Figura 39. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 3 % y TC 20h. ....	62
Figura 40. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 3 % y TC 24h. ....	63
Figura 41. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 5 % y TC 16h. ....	63
Figura 42. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 5 % y TC 20h. ....	63
Figura 43. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 5 % y TC 24h. ....	64
Figura 44. Análisis de Reología.....	64
Figura 45. Análisis de Textura.....	65
Figura 46. Análisis de Fusión .....	65
Figura 47. Análisis de Actividad de Agua.....	66

## RESUMEN

En la presente investigación se analizaron diferentes tipos de chocolates oscuros elaborados con manteca de copuazú (MCP) y aceite de semilla de maracuya (ASM), considerados como equivalentes de manteca de cacao (EMC). Como paso previo a la elaboración de chocolates, se preparó los EMC mezclando MCP y ASM con manteca de cacao (MC) en diferentes proporciones, la miscibilidad de las mezclas se determinó mediante microscopia confocal Raman. Las mezclas cuyas proporciones fueron 12/88 MCP/MC y 12/88 ASM/MC tuvieron mejor miscibilidad, evaluada a través de histogramas de los mapas químicos Raman.

Se optimizó los parámetros de concentración de los EMC (1, 3 y 5%) y tiempo de conchado (16, 20 y 24h), usando metodología de superficie de respuesta (MSR) con un diseño central compuesto rotacional (CCR), sobre las propiedades fisicoquímicas de los chocolates oscuros. Al adicionar los EMC en la viscosidad plástica de Casson, límite elástico de Casson, dureza, fusión, AW y TPC hay diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con los factores estudiados, mientras con respecto al color no hubo diferencia significativa. Entonces los EMC es una buena alternativa para mejorar características fisicoquímicas y obtener un chocolate de con características aceptables.

**Palabras claves:** chocolate oscuro, alternativa, aceites vegetales, MC, ASM.



## ABSTRAC

In the present investigation, different types of dark chocolates made with cupuaçu butter (MCP) and passion fruit seed oil (ASM), considered as cocoa butter equivalents (CME), were analyzed. As a previous step to the elaboration of chocolates, the EMC was prepared by mixing MCP and ASM with cocoa butter (MC) in different proportions, the miscibility of the mixtures was determined by Raman confocal microscopy. The mixtures whose proportions were 12/88 MCP/MC and 12/88 ASM/MC had better miscibility, evaluated through histograms of the Raman chemical maps.

The concentration parameters of the EMC (1, 3 and 5%) and conching time (16, 20 and 24h) were optimized, using response surface methodology (RSM) with a central compound rotational design (CCR), on the Physicochemical properties of dark chocolates. When adding the EMC in Casson's plastic viscosity, Casson's elastic limit, hardness, fusion, AW and TPC there is a significant difference ( $p < 0.05$ ) with the factors studied, while with respect to color there was no significant difference. Then the EMC is a good alternative to improve physical and chemical characteristics and obtain a chocolate with acceptable characteristics.

Keywords: dark chocolate, alternative, vegetable oils, MC, ASM.

## I. INTRODUCCIÓN

El chocolate oscuro es una mezcla de pasta de cacao rodeado de manteca de cacao (MC) y otros componentes (Toker et al., 2020). El chocolate es sólido a una temperatura de 20°C y a una temperatura corporal de 37°C se funde, produciendo un agradable sabor y textura (Afoakwa et al., 2009) y (Jacome et al., 2015). El MC es la fuente de grasa más importante del chocolate, ya que produce las propiedades físicas de dureza, textura y comportamiento de fusión en una fase continua (Syafira et al., 2021). Tiene una composición de TAG única, compuesta principalmente por tres TAG simétricos: 1,3-dipalmitoil-2-oleoil-glicerol (POP), 1-palmitoil-3-estearoil-2-oleoil-glicerol (POS) y 1,3-diestearoil-2-oleoil-glicerol (SOS) (Biswas et al., 2017), el MC se mantiene en estado sólido a 20°C con una textura crujiente y dura y se derrite bruscamente a temperatura aproximadamente 33°C (Watanabe et al., 2021).

Debido a las limitaciones y el costo ha aumentado la demanda de MC, por tal motivo los investigadores buscan alternativas más económicas y con características similares, que deben mejorar las propiedades del chocolate (Ewens et al., 2021). La MC se puede sustituir o mezclar por aceites vegetales que pueden reemplazar parcial y totalmente sin causar un efecto significativo en su composición original (Jahurul et al., 2013). Estos son los llamados equivalentes de manteca de cacao (EMC), que deben ser compatible con las propiedades de la MC. Según (Norazlina, et al., 2021) son grasas no láuricas que se obtienen del fraccionamiento, interesterificación y mezcla de grasas y aceites. Tienen atributos fisicoquímicos, térmicos similares a los de MC, por lo que pueden ser miscibles en cualquier proporción sin cambiar las sus características. Las grasas vegetales están permitidas hasta un 5% según la legislación vigente de la Unión Europea (Cavella et al., 2020).

En el Perú se cultiva el Copuazú (*Theobroma grandiflorum*) conocido como cacao amazónico se encuentra distribuido dentro de la cuenca amazónica, de Perú, Brasil, Colombia y Venezuela (Cajo Pinche & Díaz Viteri, 2018). Las semillas de Copuazú tiene un alto contenido de grasas saturadas e insaturadas (Teixeira et al., 2016). Lo que da al producto un bajo punto de fusión de 30°C, debido principalmente al ácido oleico, y la apariencia de un sólido blando que se funde rápidamente al contacto de la piel (Balarezo Murayari & Villegas Cubas, 2020). El maracuya es una fruta tropical que se cultiva principalmente en Brasil, Ecuador, Colombia y Perú (Hoyos Zagaceta, Sanchez Zavaleta,

2019). Las semillas contienen 20 a 30 % de aceite y es obtenido mediante el método de prensado en frío (Mio Falla & Farro Zegarra, 2020). Este aceite está compuesto de ácido linoleico 72,73 %, ácido oleico 13,16 % y ácido palmitoleico 8,9 % (Lucarini et al., 2019). En nuestro país producen estos aceites vegetales naturales, y podrían ser buenos candidatos para ser considerados EMC novedosos para elaborar chocolates oscuros. Para determinar su miscibilidad de estos EMC algunos investigadores están desarrollando metodologías basadas en mapas Raman, para la evaluación de la miscibilidad entre ingredientes (Bresson et al., (2021). Donde (Castro-Alayo et al., 2021a) elaboro un EMC con aceite de coco (CNO) y el aceite de sacha inchi (SIO). Los resultados demuestran que ambos aceites vegetales son miscibles con MC a altas concentraciones: 45% para CNO y 35% para SIO. Por lo tanto, se puede considerar estos aceites vegetales como EMC en la fabricación de chocolates.

Las propiedades fisicoquímicas de los chocolates son de vital importancia depende de ello para tener un producto de buena calidad (Nizori et al., 2021). Dado que los contenidos de fenoles totales, fusión, reología, textura, color y actividad de agua son las principales propiedades utilizadas para la garantía de la calidad del chocolate. Para tener una textura adecuada se debe realizar un buen templado (Rezende et al., 2015) ya que esto promueve la dureza, el brillo, la durabilidad contra el daño físico y las características sensoriales de un chocolate durante el consumo (Sun et al., 2021). La actividad de agua determina la vida útil del chocolate (Chire-Fajardo et al., 2017). La calidad del chocolate debe tener no solo una superficie brillante, una textura crujiente y agradable en la boca, sino una buena resistencia al calor (Bresson et al., 2021a). Como investigo Huang et al., (2021) donde elaboro un EMC con aceite de semilla de mango cuyas características son similares para ser remplazado por MC y se obtuvo chocolates con características deseables (Sun et al., 2021). Por otro lado la sustitución de aceites de palma en la barra de chocolate reduce el perfil de fusión y el comportamiento reológico del chocolate (Halim et al., 2018). El punto de fusión del chocolate oscuro es de 29.3 a 31°C, que puede verse influenciado por el contenido de grasa, composición de la misma y contenido de ingredientes (Bahari & Akoh, 2018). En nuestra investigación se evaluó la factibilidad de usar la manteca de copoazú y aceite de semilla de maracuyá como alternativas de manteca de cacao en la elaboración de chocolates oscuros ya que son fuentes de aceites naturales que se pueden encontrar en el Perú.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Materiales**

La manteca de copuazú y aceite de semilla de maracuyá se adquirió del mercado local de Trujillo, el azúcar se compró en el mercado local de Chachapoyas. La pasta y manteca de cacao se obtuvo de la cooperativa de servicios múltiples APROCAM. Para la preparación de los chocolates oscuros y los análisis se realizó en el laboratorio de Poscosecha y biotecnología de la Facultad de Ingeniería y Ciencia Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

### **2.2. Variables de estudio**

#### **Variables independientes**

- Concentración de aceites vegetales
- Tiempo de conchado

#### **Variable dependiente**

- Medición reológica
- Textura
- Fusión y Cristalización
- Análisis de color
- Determinación de actividad de agua
- Contenido de fenoles totales

### **2.3. Diseño de investigación**

En la presente investigación para mezclas de grasas vegetales se utilizó ANOVA con un solo factor para evaluar las diferencias significativas entre cada dato. Las diferencias significativas fueron determinadas por la prueba de Tukey basada en un 95% de significancia, y para la evaluación de chocolates oscuros se utilizó la metodología de superficie de respuesta (RMS), con un diseño central compuesto rotacional (CCR) de dos factores utilizado para los estudios. estos factores a experimentar son: Concentración de aceites vegetales (MCP y ASM) en una concentración de equivalente (1, 3 y 5%) y tiempo

de conchado (16, 20 y 24h). Se llevaron a cabo acciones en todos los puntos de diseños. Se generaron 14 corridas con tres puntos centrales (0, 0, 0). Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

## 2.4. Métodos y técnicas

### 2.4.1 Elaboración de los equivalentes de manteca de cacao.

Se prepararon dos lotes de muestras: el primero estaba compuesta de MCP Y MC, el segundo por ASM Y MC. Cada lote tenía 5 concentraciones de aceites vegetales de la 3 % has 15 % y se produjeron 3 réplicas en cada concentración en diferentes proporciones, se inició pesando la manteca de cacao y los aceites vegetales, disolvemos en una estufa, luego se coloca en agitador magnético durante 10 min para homogenizar, se ponen en moldes y lo llevamos a congelación por 10 min, finalmente son envasados con papel aluminio y almacenados en refrigeración.

**Tabla 1.** Composición de las muestras de MC con MCP y ASM.

Muestras	Manteca de cacao (%)	Manteca de copoazú (%)	Aceite de semilla de maracuyá (%)
MC-MCP	97	3	-
MC-MCP	94	6	-
MC-MCP	91	9	-
MC-MCP	88	12	-
MC-MCP	85	15	-
MC-ASM	97	-	3
MC-ASM	94	-	6
MC-ASM	91	-	9
MC-ASM	88	-	12
MC-ASM	85	-	15

MC-MCP: manteca de cacao más manteca de copoazú; MC-ASM: manteca de cacao más aceite de semilla de maracuyá.

### 2.4.2 Mapeo Raman

Siguiendo el procedimiento de Castro-Alayo et al., (2021) con algunas modificaciones, las muestras de EMC se mapearon utilizando un sistema de microscopio Confocal Raman (Horiba Scientific, XploRA plus, Montpellier, Francia). Los mapas químicos se obtuvieron mediante un láser de 532 nm como luz de excitación con un filtro del 50%. Las condiciones experimentales fueron las siguientes: ancho de hendidura de 100 nm,

apertura 100 $\mu$ m, objetivo aéreo x 50 / 0.90 NA Vis-LWD y tiempo de adquisición de 1 s con 2 acumulaciones. La señal Raman se obtuvo utilizando una rejilla de 600 líneas/ mm centrado entre 800 y 3100  $\text{cm}^{-1}$ . Los espectros adquiridos fueron corregidos en un rango de 1000 a 2000  $\text{cm}^{-1}$ , suavizado y línea base corregida usando el software LabSpec 6 Suite. Cada muestra generó un cubo de datos con dimensiones de 40 $\times$ 40 $\times$ 761, donde 40 era el número de píxeles en los ejes x e y, 761 era el número de variables espectrales.

#### **2.4.3 Fusión y cristalización de EMC**

La fusión y cristalización de las grasas se analizó utilizando el procedimiento descrito por (Sonwai et al., 2017 y Foubert et al., 2006) con algunas modificaciones. Se colocó la muestra de 3 a 5 mg en pans de aluminio y se selló herméticamente con una prensa. Un pans vacío sirvió como referencia para todas las muestras. Las muestras se calentaron desde temperatura ambiente hasta 100 $^{\circ}\text{C}$  y se mantuvieron durante 15 min para garantizar la homogeneidad y eliminar cualquier memoria de cristal. Luego, la muestra se enfrió a 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  hasta -20 $^{\circ}\text{C}$  y se mantuvo durante 15 min seguido de calentamiento a 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  hasta 60 $^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas y la entalpía se determinaron con el software TRIOS INSTRUMENTAL.

#### **2.4.4 Elaboración del chocolate oscuro**

Se elaboró un chocolate oscuro con equivalente de MCP y ASM como alternativa de MC, con una formulación de 70% de pasta de cacao, 25% de azúcar y EMC (1, 3 y 5%) respectivamente; se agregó MC pura para completar la formulación del 100 %. Para el tratamiento control con una formulación de 70% de pasta de cacao, 25% de azúcar y 5% de manteca de cacao. En un refinador, se agregó la pasta, azúcar, MC y EMC, el conchado se realizó en tres tiempos diferentes 16, 20 y 24 horas, posteriormente el chocolate se sometió a un proceso de templado y moldeado. Las muestras de chocolate se envasaron en papel aluminio y almacenados en refrigeración para luego realizar el análisis fisicoquímico.

#### **2.4.5 Medición Reológica**

Para la medición reológica de los chocolates se utilizó el reómetro Anton Paar (MCR 92, Austria). Equipado con una geometría de cilindro concéntrico. El chocolate oscuro se fundió a 45  $^{\circ}\text{C}$  antes de la medición y se colocó en el cilindro concéntrico. El reómetro

se ajustó a una temperatura de 40 °C. El procedimiento de medición se realizó siguiendo el método de IOCCC con algunas modificaciones, cada medición se realizó por triplicado. El resultado de viscosidad plástica Casson (CPV) y límite elástico Casson (CEL) se obtuvo por la plantilla del método de Casson.

#### **2.4.6 Textura**

El análisis de textura se determinó usando el procedimiento descrito por Medina-Mendoza et al., (2021) y Alvis et al., (2011) se realizó en un analizador de textura (Brookfield, modelo CT3 EE UU) equipado con una celda de carga de 25 kg y una sonda de acero inoxidable TA2/1000. Todas las medidas se mantuvieron a temperatura ambiente a 20°C antes de medir. Se utilizó los siguientes parámetros: la velocidad previa a la prueba se estableció en 0,5 mm/s, la velocidad de prueba en 2,0 mm/s, el volumen de producto en 0,7 mm 58 mm x 50 mm, la profundidad de penetración 3 mm, el tiempo establecido en 1-2 min, la velocidad de prueba a 50 mm/s, celda de carga a 25 kg y fuerza de activación a 20 g. Como resultado se expresó en dureza (N).

#### **2.4.7 Determinación del punto de fusión de los chocolates**

El tiempo de fusión se analizó utilizando el procedimiento descrito por Watanabe et al., (2021), se colocó 5 – 6 mg de muestra en un pans de aluminio con tapa, se utilizó un pans vacío como referencia para todas las mediciones en el DSC. Las muestras se equilibraron a 20 °C con una rampa de 20 °C/min a 60 °C.

#### **2.4.8 Análisis de color**

El análisis de color de los chocolates oscuros se midió con el colorímetro (CM-5 Konica Minolta, Tokio, Japón). Previamente se realizó un calibrado al equipo; Las medidas se realizaron en 4 lugares diferentes de cada chocolate. Los valores L\* (luminosidad/brillo), a\* (rojez/verdor) y b\* (amarillez/azul) de las muestras se registraron de acuerdo con el método descrito por (Nyitrai et al., 2022). Se obtuvo la diferencia de color total ( $\Delta E$ ) con la fórmula:

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

## **2.4.9 Determinación de actividad de agua**

Se determinó la actividad de agua utilizando la sonda higo métrica portátil (Rotronic AG, HygroPalm-HP23-AW-A, Bassersdorf, Suiza). En el recipiente de muestra se colocó el chocolate oscuro has 3/4 de su capacidad, luego se colocó la sonda magnética encima del contenedor. Después de 5 minutos se registró la actividad de agua.

## **2.4.10 Compuestos Fenólicos totales**

### **2.4.10.1. Preparación del extracto**

Dos gramos de chocolates oscuros fueron desgrasados en un extractor de grasas, 0.5 gramo de chocolate desgrasados fue mezclado con 5 mL de una solución metanólica al 80%; luego se agito en vortex por 2 minutos, se llevó a la centrifuga a 11000 rpm por 15 minutos, el sobrenadante fue colocado en viales y conservado en refrigeración.

### **2.4.10.2. Determinación de fenoles totales**

De acuerdo con Medina-Mendoza et al., (2021) 0,05 ml de extracto diluido y 0,45 ml de agua ultra pura fueron mezclados con 2,5 ml de reactivo Folin-Ciocalteu diluido 1:10, seguido por 2 ml de solución de carbonato de sodio al 7,5% (p/v), luego se agito en vortex, se dejó en reposo 2 horas y se midió la absorbancia a 760 nm en espectrofotómetro (marca KSSODO, modelo UV2100PU). El contenido fenólico de las muestras fue obtenido a partir de la curva de ácido gálico y los resultados fueron expresados como equivalente ácido gálico (EAG) por 100 g de peso seco de muestra. La curva de calibración ( $y = 0,1073 + 0,0009x$ ) fue preparado a partir de diluciones de ácido gálico en el rango de 0 – 2500 ppm.

## **2.5. Análisis de datos**

Los análisis se realizaron por triplicado. Los datos de la investigación se analizaron estadísticamente utilizando el software Minitab. Para analizar mezclas de grasas vegetales se utilizó ANOVA con un solo factor para evaluar las diferencias significativas entre cada dato. Las diferencias significativas fueron determinadas por la prueba de Tukey basada en un 95% de significancia, y Para chocolates oscuros se utilizó la metodología de superficie de respuesta (MSR) con un diseño central compuesto rotacional (CCR).



### III. RESULTADOS

#### 3.1 Comportamientos de fusión y cristalización del MC con MCP y ASM.

**Tabla 2.** Parámetros de fusión y cristalización de los equivalentes de manteca copoazú (EMC-C) y equivalentes de aceite de semilla de maracuyá (EMC.M).

Muestras	Fusión		Cristalización	
	T°max. (°C)	Entalpia (J/g)	T° max. (°C)	Entalpia (J/g)
EMC-C 3%	19.46 ± 0.06a	72.21 ± 0.59a	12.86 ± 0.18a	43.87 ± 0.32b
EMC-C 6%	19.44 ± 0.07a	70.81 ± 0.58a	12.78 ± 0.38a	40.16 ± 0.99b
EMC-C 9%	19.46 ± 0.10a	68.66 ± 0.45a	12.89 ± 0.27a	40.24 ± 0.99b
EMC-C 12%	19.44 ± 0.06a	69.98 ± 0.48a	12.99 ± 0.09a	39.13 ± 0.21a
EMC-C 15%	19.48 ± 0.06a	67.96 ± 0.25a	13.23 ± 0.16a	38.66 ± 0.663b
EMC-M 3%	19.56 ± 0.20c	69.35 ± 0.34c	12.08 ± 0.08b	38.45 ± 0.44c
EMC-M 6%	18.83 ± 0.09d	68.58 ± 0.35d	11.66 ± 0.15c	33.68 ± 0.32d
EMC-M 9%	18.44 ± 0.16e	67.44 ± 0.56e	11.37 ± 0.11c	31.29 ± 0.35d
EMC-M 12%	21.89 ± 0.12a	61.51 ± 0.27a	10.87 ± 0.12a	25.34 ± 0.6a
EMC-M 15%	21.3 ± 0.06b	64.29 ± 0.22b	10.67 ± 0.08b	24.25 ± 0.64b

EMC-C: equivalente de manteca de copoazú; EMC-M: equivalente de aceite de semilla de maracuyá; T°max.: temperatura máxima.

En la tabla 2, se puede observar las temperaturas y entalpia de fusión y cristalización de las mezclas de grasas a diferentes concentraciones estas temperaturas son similares a los del MC. Cuando se adiciona la manteca de copoazú a la mezcla no influye significativamente en los resultados de temperatura y entalpia, mientras que para la entalpia de cristalización es significativo, esto es debido a que la MCP tiene los mismos componentes de la MC. Sin embargo, cuando se adiciona el aceite de semilla de maracuyá hay diferencia significativa para fusión y cristalización es decir al aumentar el porcentaje de aceites se eleva la temperatura de fusión, pero la entalpia disminuye, para la cristalización a mayor porcentaje de aceite disminuye la temperatura y entalpia esto puede ser por el gran porcentaje del ácido linoleico. La influencia de los EMC con los aceites vegetales se observó en las propiedades fisicoquímicas de los chocolates oscuros.

### 3.2 Miscibilidad del EMC con MCP y ASM.

En la figura 1, se muestra los mapas de distribución y sus correspondientes histogramas. Las áreas más rojas corresponden a concentraciones más altas y las áreas más verdes corresponden a concentraciones más bajas. Podemos notar que, en general, los histogramas correspondientes a los mapas de distribución tienen forma de pico y son simétricos, lo que indica que tanto la manteca de copoazú (a – e) y el aceite de semilla de maracuyá (f – j) forman una mezcla homogénea con el MC. Sin embargo, existen diferencias entre cada histograma causadas por las diferentes concentraciones de aceite vegetal utilizadas en cada muestra. De tal manera los mejores resultados de miscibilidad de las mezclas son: MCP y ASM al 12% y 88% de MC porque los picos son simétricos y no tienen vibraciones y son óptimos para la elaboración de chocolates oscuros.

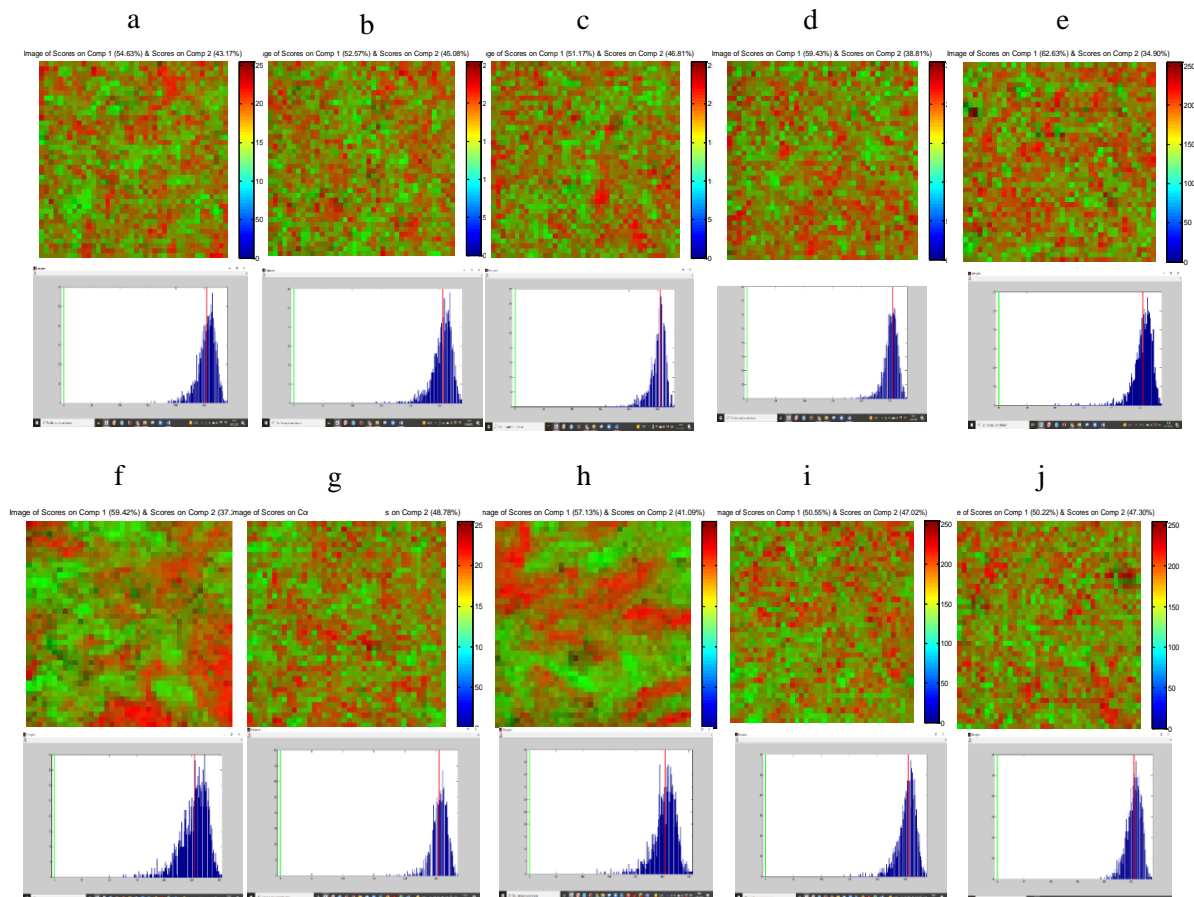


Figura 1. Mapas de distribución de las muestras y sus diferentes concentraciones: (a) MC97-MCP3; (B) MC94-MCP6; (C) MC91-MCP9; (D) MC88-MCP12; (m) MC85-MCP15; (F) MC97-ASM3; (g) MC94-ASM6; (h) MC91-ASM9; (I) MC88-ASM12; (j) MC85-ASM15.

### 3.3 Optimización de los factores del chocolate oscuro con EMC-C

En la tabla 3, se presenta los valores optimizados de los 2 factores EMC-C y TC obteniendo para el ensayo de CPV un 2.91 Pa, s con los factores más bajos y el ensayo CEL 39.32 Pa. Con el equivalente de manteca copoazú más bajo, pero en un TC más alto. La dureza tuvo un valor óptimo de 63.47 N con los factores más bajos. La optimización para la temperatura de fusión fue 33.14 °C con los factores más altos y la entalpia de fusión fue de 66.32 j/g con los dos factores más altos. La optimización para el color tuvo un valor de 0.710 con un porcentaje de equivalente más bajo y un TC más alto. La AW tuvo un valor optimizado de 0.48 con los factores más altos. El TPC tuvo un valor optimizado de 22.27 mg GAE/g con un porcentaje más bajo y el TC medio.

**Tabla 3.** Valores de respuestas y optimizados para las propiedades fisicoquímicas de las muestras de chocolate con EMC-C.

Variables	Puntuaciones pronosticadas			Deseabilidad Compuesta
	EMC-C (%)	TC (h)		
CPV	2.91	1	16	0.8926
CEL	39.32	1	24	0.9840
Dureza	63.47	5	23.27	1
T° de fusión	33.14	5	22.06	0.9953
Entalpia de fusión	66.32	5	24	1
Color	0.710	1	24	0.5380
AW	0.48	5	23.11	0.9606
TPC	22.27	1	19.39	0.8237

EMC-C: equivalente de manteca de copoazú; TC: tiempo de conchado; CPV: viscosidad plastica de Casson; CEL: limite elástico de Casson; AW: actividad de agua; TPC: contenido fenólico total.

En el presente estudio la tabla 4, contienen los resultados para los ensayos de CPV donde el TC Y EMC-C en la ecuación lineal, cuadratica y las combinaciones son significativos eso demuestra que hay confiabilidad de 91.35 % teniendo un claro acercamiento a 1. Para el ensayo de Limite elástico de Casson TC y EMC-C son significativos tanto la ecuación lineal y cuadrática, mientras que en las combinaciones TC\*EMC-C no son significativos, los resultados nos muestran confiabilidad en los datos reflejados de un 86.27%. La dureza el TC y PCBEC son significativos, la ecuación cudratica el TC no es significativo pero el EMC-C si es significativo, en las combinaciones TC\*EMC-C no son significativos, los resultados nos muestran una confiabilidad de 68.97%. Los resultados en los ensayos de temperatura de fusión en la ecuación lineal el TC y EMC-C son significativo, en la

ecuación cuadrática TC es significativo, pero EMC-C no es significativo, en las combinaciones no es significativo y en entalpia de fusión fueron: TC y EMC-C en las ecuaciones lineales y cuadráticas son significativas, mientras que en las combinaciones no son significativas, con una confiabilidad de 90.87 %. Los resultados en los ensayos de color: TC y EMC-C no son significativos. Por otro lado, en la actividad de agua TC en ecuación lineal y cuadrática no es significativo, mientras que el EMC-C son significativos, en las combinaciones TC\* EMC-C son significativos mostrando una confiabilidad de 72.62%. En los resultados de TPC en la ecuación lineal el TC y EMC-C no es significativo, para la ecuación cuadrática TC no es significativo y para EMC-C si es significativo, para las combinaciones no es significativo.

**Tabla 4.** Coeficientes de regresión y valores de P para respuestas significativas.

<b>Respuestas</b>	<b>Factores</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valores de p</b>	
CPV	TC	0.14045	0.000	R <sup>2</sup> = 91.35 %
	EMC-C	2.76909	0.000	F=112.17
	TC*TC	0.04307	0.029	P=0.000
	EMC-C*EMC-C	0.10435	0.001	
	TC*EMC-C	0.03741	0.041	
CEL	TC	148.954	0.000	R <sup>2</sup> = 86.27 %
	EMC-C	278.873	0.000	F=54.42
	TC*TC	302.298	0.000	P=0.000
	EMC-C*EMC-C	15.811	0.052	
	TC*EMC-C	2.558	0.423	
Dureza	TC	87.120	0.000	R <sup>2</sup> = 68.97 %
	EMC-C	15.999	0.044	F=131.13
	TC*TC	9.634	0.115	P=0.000
	EMC-C*EMC-C	145.008	0.000	
	TC*EMC-C	2.034	0.462	
T° fusión	TC	8.82	0.067	R <sup>2</sup> =65.13%
	EMC-C	1.896	0.037	F=89.94
	TC*TC	3.605	0.035	P=0.000
	EMC-C*EMC-C	2.266	0.345	
	TC*EMC-C	0.126	0.663	
Entalpia fusión	TC	28.03	0.011	R <sup>2</sup> = 90.87 %
	EMC-C	846.39	0.000	F=110.66
	TC*TC	16.9	0.044	P=0.000

	EMC-C*EMC-C	339.57	0.000	
	TC*EMC-C	2.38	0.439	
Color	TC	0.02753	0.573	R <sup>2</sup> = 7.37 %
	TC	0.04702	0.462	F= 6.64
	EMC-C	0.0044	0.821	P=0.000
	TC*TC	0.6299	0.395	
	EMC-C*EMC-C	0.04563	0.468	
AW	TC	0.0002	0.285	R <sup>2</sup> = 72.62 %
	EMC-C	0.010756	0.000	F= 159.18
	TC*TC	0.000233	0.249	P=0.000
	EMC-C*EMC-C	0.001924	0.002	
	TC*EMC-C	0.001633	0.004	
TPC	TC	1.5429	0.336	R <sup>2</sup> = 40.09 %
	EMC-C	3.3282	0.161	F= 68.42
	TC*TC	1.2170	0.392	P=0.000
	EMC-C*EMC-C	29.5156	0.000	
	TC*EMC-C	2.0008	0.274	

L: lineal; C: cuadrática.

TC: tiempo de conchado; EMC-C: equivalente de manteca de copoazú; CPV: viscosidad plástica de Casson;

CEL: límite elástico de Casson; Aw: actividad de agua; TPC: contenido de polifenoles totales.

Estadísticamente significativa en < 0.05

### 3.4 Optimización de los factores de chocolate oscuro con EMC-M

En la tabla 5, se presenta los valores optimizados de los 2 factores EMC-M y TC obteniendo para el ensayo CPV un 2.37 Pa, s con EMC-M más alto y TC bajo y para el ensayo CEL 33.60 Pa con los valores de los factores más altos. La dureza tuvo un valor optimizado de 63.15 N con el EMC-M más bajo y el TC intermedio. La temperatura de fusión tuvo un valor optimizado de 32.48 °C con los factores intermedios y la entalpia de fusión 65.97 j/g con un EMC-M intermedio y un TC más alto. La optimización para el color fue de 0.852 con un porcentaje más alto y un TC más bajo. La AW tuvo un valor optimizado de 0.51 con el EMC-M y TC más alto. El TPC tuvo un valor optimizado de 19.11 mg GAE/g con los valores más bajos de los factores.

**Tabla 5.** Valores de respuestas y optimizados para las propiedades fisicoquímicas de las muestras de chocolate con EMC-M

VARIABLES	Puntuaciones pronosticadas	EMC-M (%)	TC (h)	Deseabilidad Compuesta
CPV	2.37	5	18.26	0.903003
CEL	33.60	5	24	1.000000
Dureza	63.15	1	20.83	0.870618
T° de fusión	32.48	3.06	21.17	0.854034
Entalpia Fusión	65.97	2.57	21.89	0.875252
Color	0.852	4.83	16	0.560027
AW	0.51	5	24	0.710979
TPC	19.11	1	16	0.707123

ECM-M: equivalente de aceite de semilla de Maracuyá; TC: tiempo de conchado; CPV: viscosidad plastica de Casson; CEL: limite elástico de Casson; AW: actividad de agua; TPC: contenido fenólico total.

En la tabla 6, observamos los resultados para los ensayos CPV, donde el TC Y EMC-M en la ecuación lineal y cuadratica son significativos, en las combinaciones de los factores no son significativos donde muestra una confiabilidad de 86.89 %. Para el Limite elástico de Casson TC y EMC-M tanto la ecuación lineal, cuadrática y combinaciones tiene diferencias significativas con una confiabilidad de 99.04 %. En la dureza el TC y EMC-M tanto en la ecuación lineal, cuadratica y las combinaciones tienen diferencias significativas, con una confiabilidad de 47.49 %. Para los ensayos de temperatura de fusión en la ecuación lineal, cuadratica y las combinaciones son significativos y la entalpia, EMC-M no es significativo, mientras que el TC Y en la ecuación lineal, cuadratica y combinaciones son significativos, muestra una confiabilidad de 85.07 %. Para los ensayos de color en la ecuación lineal EMC-M es significativo mientras que el TC y EMC-M para la ecuación cuadratica y combinaciones no es significativo. En la actividad de agua TC en ecuación lineal no es significativo, EMC-M si es significativo, en la ecuación cuadrática TC es significativo, mientras que el EMC-M no es significativos, en las combinaciones es significativo, con una confiabilidad de 62.64 %. Por otro lado, para TPC En la ecuación lineal si es significativo, pero para la ecuación cuadrática y las combinaciones no son significativos.

**Tabla 6.** Coeficientes de regresión y valores de P para respuestas significativas.

Respuestas	Factores	Coeficiente	Valores de p	
CPV	TC	0.062422	0.000	R <sup>2</sup> = 86.89%
	EMC-M	0.381356	0.000	F=181.77
	TC*TC	0.016324	0.016	P=0.000
	EMC-M*EMC-M	0.128524	0.000	
	TC*EMC-M	0.004800	0.176	
CEL	TC	453.21	0.000	R <sup>2</sup> = 99.04%
	EMC-M	11.89	0.000	F=131.85
	TC*TC	37.66	0.000	P=0.000
	EMC-M*EMC-M	462.34	0.000	
	TC*EMC-M	5.14	0.000	
Dureza	TC	15.27	0.067	R <sup>2</sup> = 47.49%
	EMC-M	35.96	0.094	F=72.92
	TC*TC	155.77	0.001	P=0.000
	EMC-M*EMC-M	93.29	0.009	
	TC*EMC-M	87.53	0.011	
T° de fusión	TC	0.8845	0.086	R <sup>2</sup> =60.76 %
	EMC-M	0.8149	0.099	F=266.33
	TC*TC	1.0545	0.062	P=0.000
	EMC-M*EMC-M	3.9976	0.001	
	TC*EMC-M	4.165	0.001	
Entalpia fusión	TC	145.6	0.000	R <sup>2</sup> = 85.07 %
	EMC-M	0.01	0.974	F=129.30
	TC*TC	133.7	0.000	P=0.000
	EMC-M*EMC-M	209.96	0.000	
	TC*EMC-M	257.37	0.000	
Color	TC	0.02226	0.692	R <sup>2</sup> = 18.72%
	EMC-M	0.54081	0.057	F= 8.56
	TC*TC	0.00026	0.966	P=0.000
	EMC-M*EMC-M	0.29894	0.152	
	TC*EMC-M	0.32877	0.134	
AW	TC	0.00005	0.683	R <sup>2</sup> = 62.64 %
	EMC-M	0.012272	0.000	F= 117.96
	TC*TC	0.000912	0.087	P=0.000
	EMC-M*EMC-M	0.000063	0.646	
	TC*EMC-M	0.003333	0.002	
TPC	TC	4.9193	0.004	
	EMC-M	22.1556	0.000	R <sup>2</sup> = 60.87 %
	TC*TC	0.3090	0.441	F= 107

EMC-M*EMC-M	0.2820	0.462	P=0.000
TC*EMC-M	0.0494	0.757	

---

L: lineal; C: cuadrática.

TC: tiempo de conchado; EMC-C: equivalente de manteca de copoazú; CPV: viscosidad plastica de Casson; CEL: limite elástico de Casson; Aw: actividad de agua; TPC: contenido de polifenoles totales.  
Estadísticamente significativa en  $< 0.05$



## IV. DISCUSIÓN

### 4.1 Fusión y cristalización de mezclas de grasas vegetales

La mezcla de las grasas vegetales en cualquier proporción con MC deben ser compatibles con sus propiedades físicas y térmicas (Bootello et al., 2012) y (Haque Akanda et al., 2020). En la investigación de Kang et al., (2013) mezcló estearina de palma fraccionada y estearina de karité 40:60, luego el equivalente se mezcló con MC en diferentes proporciones, y determinó que cuando se agrega el equivalente al 30 % la fusión y cristalización aumenta 10,9 °C y a 24.2 °C, 17.1°C a 7.8 °C respectivamente. Por lo tanto el EMC es apto para elaboración de chocolates sin alterar significativamente sus propiedades físicas. Según (Chen et al., 2022) los EMC muestran un comportamiento térmico diferente al de los aceites vegetales puros esto posiblemente se deba a la formación de cristales inestables que pueden disminuir las temperaturas de cristalización y fusión. La entalpía de fusión y cristalización son parámetros térmicos que muestran diferencias significativas entre los equivalentes. En las muestras de EMC-C y EMC-M los valores de entalpía de cristalización y fusión se reducen cuando vamos aumentando el porcentaje de aceite vegetal. Las diferencias entre las propiedades térmicas de CB, aceites vegetales y CBE se deben principalmente a sus diferentes entidades (Martini et al., 2018). En nuestra investigación en las diferentes composiciones obtuvimos los resultados deseables para EMC-C a más alta concentración de MCP que fue al 15%, su perfil de fusión fue 19.48 °C y su entalpía de 67.96 J/g, para cristalización temperatura de fusión 13.23 °C y su entalpía 38.66J/g; pero al añadir el EMC-M obtuvimos diferencia significativa cuando se va aumentando la cantidad de aceite. como explico (Chikhouné et al., 2020) al adicionar aceites vegetales se observa un retraso en la cristalización. Por lo tanto, las combinaciones de grasas vegetales modifican la temperatura térmica, cristalización y entalpía de tal manera que elaboro chocolates oscuros con propiedades deseables (Norazlina, et al., 2021).

### 4.2 Miscibilidad de las mezclas de grasas vegetales

La miscibilidad de las muestras se determina utilizando los histogramas del mapa de distribución (Gendrin et al., 2008). Un histograma debe mostrar una distribución simétrica con una base estrecha y un pico nítido, con diferencias según la concentración

real de cada muestra (Bresson et al., 2021b). En una distribución más homogénea se observa histogramas simétricos (Lyon et al., 2002). En la investigación (Castro-Alayo et al., 2021) elaboro un EMC con aceite de coco (CNO) y el aceite de sacha inchi (SIO). Los resultados demuestran que ambos aceites vegetales son miscibles con MC a altas concentraciones: 45% para CNO y 35% para SIO. En comparación con nuestros resultados la composición de la manteca de cacao con los aceites vegetales tuvo mejor miscibilidad a 12/88 MCP/MC y al 12/88 ASM/MC, se pudo determinar por la distribución homogénea y los histogramas tienen forma de pico y son simétricos. Por lo tanto, se puede considerar estos aceites vegetales como EMC en la fabricación de chocolates.

### **4.3 Reología**

El chocolate fundido exhibe un comportamiento no newtoniano, es decir por un límite elástico y una viscosidad plástica de Casson (Fernandes et al., 2013). Según (Gonçalves & Lannes, 2010) las propiedades reológicas del chocolate es importante en los procesos de fabricación para obtener productos de calidad deseable. Los factores como el contenido de grasa, tiempo de conchado y la temperatura afectan las propiedades, además, contribuyen a la sensación en la boca (Muhammad et al., 2020). En la investigación de (Abdul Halim et al., 2019) obtuvo como resultado para el rendimiento de Casson (13.09 Pa - 21.99 Pa) y la viscosidad de Casson (1.55 Pa.s - 1.54 Pa.s) disminuyeron a medida que aumentaba la cantidad de aceite de coco (CNO). Según (Flores March et al., 2017) elaboro chocolate con grasa de semilla de mango y oleína de palma donde la viscosidad Casson osciló entre 2.17 y 3.45 Pa. s, que se encuentra dentro del rango de 1.51-5.56 Pa. s para comerciales de chocolate amargo. En la investigación de (Medina-Mendoza et al., 2021) sustituyo aceite de Sacha Inchi por la manteca de cacao donde obtuvieron valores de viscosidad plastica Casson de 1.60 a 2.08 Pa s. y en limite elástico de Casson 14.65 Pa a 17.89 Pa de Sin embargo (Bahari & Akoh, 2018) elaboro un chocolate con equivalente de manteca de cacao a partir de manteca de illipe y fracción media de palma obteniendo con MC 5.5 Pa. S y con manteca de illipe 6.1 Pa. S esto podría deberse al TAG con alto contenido de ácido esteárico. Por lo tanto, los resultados obtenidos en nuestra investigación corroboramos que el EMC-C se obtuvo resultados deseables para viscosidad plastica de Casson 2.91 Pa. S y para limite elástico de Casson de 39.32 Pa. y para EMC-M para la viscosidad plastica de Casson 2.37 Pa. S, limite elástico de Casson

33.60 Pa. por lo tanto, se encontró diferencia significativa en la viscosidad plástica de Casson y en el límite elástico de Casson cuando se adiciona los EMC.

#### **4.4 Fusión**

Para analizar las propiedades de fusión de las muestras de chocolate. Los parámetros térmicos involucrados en el análisis fueron: temperatura de inicio donde los cristales comienzan a fundirse, temperatura máxima donde se produce el mayor punto de fusión, temperatura final donde finaliza el proceso de fusión y la entalpía es la energía necesaria para fundir una muestra (Fibrianto et al., 2021). Para una total compatibilidad, las grasas sustituidas deben presentar curvas de punto de fusión de valores semejantes a las de MC. En la investigación de (Limbarido et al., 2017a) se reduce el punto de fusión de la barra de chocolate en la sustitución del aceite de palma de 33.5 °C a 31.6 °C y en la sustitución del aceite de coco de 33.5 °C a 30.75 °C. Esto es debido que los aceites sustituidos tienen un punto de fusión más bajo que la manteca de cacao, al aumentar la cantidad de aceites sustituidos se reduciría el punto de fusión del propio chocolate. Por otro lado según (Sonwai et al., 2017) la fusión de la mezcla de la fracción media de grasa de pepita de mango y aceite de palma es similar al MC. no se observó ablandamiento debido al efecto eutéctico en la mezcla de grasas. Por otro lado (Indarti et al., 2013 y Abdul Halim et al., 2019) estudio que a medida que aumentan la concentración de aceite virgen de coco disminuye el punto de fusión, esto se debe a las diferentes formas de cristales entre MC y CNO. El chocolate debe tener un punto de fusión ligeramente superior a la temperatura ambiente para garantizar que el chocolate sea estable, que tiene una consistencia sólida a temperatura ambiente (Jahurul et al., 2014). En nuestra investigación si se encontró diferencia significativa frente a los factores, al adicionar el EMC-C en porcentaje máximo la temperatura de fusión fue 33.14 °C y entalpía de fusión 66.32 °C, pero cuando adicionamos el EMC-M se obtiene mejor fusión con los factores intermedios la temperatura de fusión 32.48 °C entalpía de fusión 65.97 °C.

#### **4.5 Textura**

La dureza es el principal factor que afecta la textura del chocolate (Rossi, Nandi, Edy, 2021). El contenido de grasa, azúcar, proceso de templado y la temperatura de conchado son factores a considerar (Tan & Balasubramanian, 2017). Se puede obtener mejores

productos texturales con las combinaciones de temperatura y tiempo de conchado (Toker et al., 2019). En la investigación de (Kaur et al., 2022) la dureza disminuye cuando aumenta la proporción de manteca de mango, mostrando su máxima dureza 40:60 MB:MC. De igual manera, la manteca de karité como sustituto en el chocolate mejora su características texturales (Zeng et al., 2020). En otra investigación (Maheshwari & Yella Reddy, 2005) determinó que la grasas de kokum incluso en niveles bajos aumentan la dureza del chocolates que pueden utilizarse en ambientes cálidos. Según (Aumpai et al., 2022) elaboro un equivalente de manteca de cacao (EMC) a partir de mezclas de manteca de illipe (IB) y fracción media de palma (PMF) en diferentes proporciones pero no fueron significativamente diferentes del chocolate hecho con MC, pero cumplió con todos los criterios para ser considerada como EMC, y así puede usarse como una alternativa comercialmente disponible. En la investigación (Limbaro et al., 2017b) sustituye el MC por el aceite de coco y el aceite de palma y al aumentar la cantidad de sustitución de aceite, se reduce la dureza de la barra de chocolate. Dado que el aceite de palma y el aceite de coco no tienen un mayor contenido de grasas saturadas, generalmente la textura de estas grasas no es completamente sólida, especialmente a temperaturas más altas. En nuestra investigación al adicionar EMC-C a los chocolates oscuros en un 5% tenemos la mayor la dureza, pero al adicional EMC-M con el 1% obtenemos la mayor dureza, los factores estudiados si tuvieron diferencia significativa.

#### **4.6 Color**

En el chocolate, la variación de color está relacionada a las diferencias en los parámetros de procesamiento durante el producción y composición del producto (Gómez-Fernández et al., 2021) características del color y el brillo va depender de las concentraciones y sus propiedades físicas del chocolate (Mejía et al., 2021). Donde  $L^*$  significa luminancia que van desde 0 (negro) a 100 (blanco);  $a^*$  de verde a rojo y  $b^*$  de azul a amarillo (Nyitrai et al., 2022). En la investigación (Kaur et al., 2022) Se desarrollaron sustitutos de chocolate con la incorporación de manteca de mango al 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % con mezcla de manteca de cacao la medición del color mostró que había una diferencia considerable de color entre los chocolates negros de control y las variantes con diferentes proporciones de mantequilla de mango. Las diferencias de color en la grasa también influyen en el color del sustituto del chocolate negro. los valores de luminosidad ( $L^*$ ) oscilaron entre 26,80 y 27,75, Rojez ( $a^*$ ) entre 6,18 y 6,48 y Amarilleamiento ( $b^*$ ) entre

4,16 y 4,18 con MC. Según (Nizori et al., 2021) La diferencia en la concentración de aceite de coco virgen tiene un efecto significativo los grados de color. la mejor concentración de aceite de coco virgen en la fabricación de chocolate amargo fue del 10% que tiene un grado de color de  $L^* 32.88$ ,  $a^* 8.49$ ,  $b^* 19.97$ . Al adicionar el aceite de coco virgen puede reducir el grado de brillo de los chocolates, debido al color claro que tiene el aceite. En comparación con resultados obtenidos en nuestra investigación al adicionar el EMC-C no mostro diferencia significativa, todos los chocolates oscuros tenían una similitud, pero al adicionar EMC-M si se encontró diferencia significativa, es decir con el máximo porcentaje de EMC.

#### **4.7 Actividad de Agua**

La actividad del agua es un factor muy importante para controlar el crecimiento microbiano y así alargar la vida útil de los alimentos. En los chocolates oscuros su valor de la actividad del agua debe ser inferior a 0,60 para evitar la proliferación microbiana y deterioro (Beuchat et al., 2013). Para (Galvagni et al., 2020) los valores de actividad de agua encontrados en el su estudio fueron inferiores de 0,51 lo que hace que el producto sea estable en almacenamiento. Similares a los obtenidos en nuestra investigación con equivalente de manteca de copoazú inferior a 0.48 y con equivalente de aceite de semilla de maracuyá 0.51 Además, varios factores, como la materia prima utilizada, la temperatura y la humedad como el refinado y el conchado, pueden influir en un parámetro de aw, ya que en estos procesos son capaz de absorber agua del ambiente (Konar, 2013) y (Agibert & Lannes, 2018). En otra investigación para (Bölek et al., 2022) La adición de aceite esencial de *S. chamaecyparissus* a la formulación de chocolate no afectó significativamente la actividad del agua teniendo como resultado menor de 0.4.

#### **4.8 Contenido de Polifenoles Totales**

Los polifenoles dan forma no solo a las propiedades antioxidantes, sino que también afectan las propiedades sensoriales como el color y el sabor. en la investigación realizado por (Medina-Mendoza et al., 2021b) sustituyeron aceite de sacha inchi por manteca de cacao en tres proporciones 1, 3 y 5 % en chocolates oscuros obteniendo el rango de la TPC fue de 16.53 –18.76 mg GAE/g. Según (Calva-Estrada et al., 2020) realizó un estudio de chocolates amargos comerciales de América latina obteniendo el contenido

total de polifenoles de las muestras entre 8,94 y 21,17 mg GAE/g. En la investigación de (Martini et al., 2018) El chocolate negro enriquecido con hojas de té verde Sakura o polvo de cúrcuma influyó y modificó el perfil fenólico, lo que resultó en un aumento de la concentración fenólica. Según (Jaćimović et al., 2022) al adicionar trocitos secos de naranja o frambuesa a los chocolates oscuros aumenta la cantidad de polifenoles en comparación con el control, los resultados mostraron que el TPC osciló entre 10,55 y 39,82 mg/g GAE. Sin embargo en nuestra investigación al adicionar el EMC-C el rango más alto obtenido fue de 22.27 mg GAE/g, mientras para chocolates con EMC-M fue 19.11 mg GAE/g, por lo tanto, al adicionar los equivalentes si hay diferencia significativa.

## V. CONCLUSIÓN

Se utilizó Microscopía Confocal Raman para determinar de manera cualitativa a través de histogramas de imágenes químicas, la miscibilidad de la manteca de copuazú y aceite de semilla de maracuya con la manteca de cacao, donde se mostró la más alta miscibilidad en las proporciones de 12/88 MCP/MC y 12/88 ASM/MC, porque los mapas de distribución tienen forma de pico y son simétricos. Las propiedades térmicas y cristalización cambiaron al ser mezclados estas grasas vegetales con manteca de cacao, en consecuencia, la entalpía de fusión y de cristalización se redujeron a medida que se va aumentando el porcentaje equivalente.

Se elaboró un chocolate oscuro con equivalentes de manteca de copuazú y aceite de semilla de maracuya con diferentes concentraciones. Se determinó que los porcentajes de estos equivalentes se encuentran con una diferencia significativa en sus propiedades fisicoquímicas, estos resultados muestran que ambos tipos de chocolate tienen propiedades con valores aceptables, por lo que podemos concluir que el uso de estos nuevos equivalentes en la elaboración de chocolates oscuros es factible.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul Halim, H. S., Selamat, J., Mirhosseini, S. H., & Hussain, N. (2019). 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., & Vieira, J. (2009). Influence of tempering and fat crystallization behaviours on microstructural and melting properties in dark chocolate systems. *Food Research International*, 42(1), 200-209.
- Agibert, S. A., & Lannes, S. C. da S. (2018). Dark chocolate with a high oleic peanut oil microcapsule content: Dark chocolate with high oleic peanut oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5591-5597. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9102>
- Alvis, A., Pérez, L., & Arrazola, G. (2011). Determinación de las Propiedades de Textura de Tabletas de Chocolate Mediante Técnicas Instrumentales. *Información tecnológica*, 22(3), 11-18. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642011000300003>
- Aumpai, K., Tan, C. P., Huang, Q., & Sonwai, S. (2022). Production of cocoa butter equivalent from blending of illipé butter and palm mid-fraction. *Food Chemistry*, 384, 132535. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132535>
- 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>
- Balarezo Murayari, L. J., & Villegas Cubas, J. A. (2020). Características físicas del fruto y químicas de la Pulpa del Copoazú (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng. Schum) procedente de los distritos de Inambari y las Piedras de la provincia de Tambopata-Madre de Dios 2018.
- Beuchat, L. R., Komitopoulou, E., Beckers, H., Betts, R. P., Bourdichon, F., Fanning, S., Joosten, H. M., & Ter Kuile, B. H. (2013). Low–Water Activity Foods: Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection*, 76(1),



150-172. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-211>

- Biswas, N., Cheow, Y. L., Tan, C. P., Kanagaratnam, S., & Siow, L. F. (2017). Cocoa Butter Substitute (CBS) Produced from Palm Mid-fraction/Palm Kernel Oil/Palm Stearin for Confectionery Fillings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(2), 235-245. <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2940-4>
- Bölek, S., Tosya, F., & Akçura, S. (2022). Effects of Santolina chamaecyparissus essential oil on rheological, thermal and antioxidative properties of dark chocolate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27, 100481. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100481>
- Bootello, M. A., Hartel, R. W., Garcés, R., Martínez-Force, E., & Salas, J. J. (2012). Evaluation of high oleic-high stearic sunflower hard stearins for cocoa butter equivalent formulation. *Food Chemistry*, 134(3), 1409-1417. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.040>
- Bresson, S., Lecuelle, A., Bougrioua, F., El Hadri, M., Baeten, V., Courty, M., Pilard, S., Rigaud, S., & Faivre, V. (2021b). Comparative structural and vibrational investigations between cocoa butter (CB) and cocoa butter equivalent (CBE) by ESI/MALDI-HRMS, XRD, DSC, MIR and Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 363, 130319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130319>
- Cajo Pinche, M. I., & Díaz Viteri, J. E. (2018). Determinación de los parámetros óptimos de tostado de la semilla de copoazu para la obtención de chocolate de copoazu—*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum.
- Calva-Estrada, S. J., Utrilla-Vázquez, M., Vallejo-Cardona, A., Roblero-Pérez, D. B., & Lugo-Cervantes, E. (2020). Thermal properties and volatile compounds profile of commercial dark-chocolates from different genotypes of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from Latin America. *Food Research International*, 136, 109594. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109594>
- Castro-Alayo, E. M., Torrejón-Valqui, L., Cayo-Colca, I. S., & Cárdenas-Toro, F. P. (2021b). Evaluation of the Miscibility of Novel Cocoa Butter Equivalents by Raman Mapping and Multivariate Curve Resolution—Alternating Least Squares.

- Foods, 10(12), 3101. <https://doi.org/10.3390/foods10123101>
- 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., Wang, Y., Jin, J., Jin, Q., Akoh, C. C., & Wang, X. (2022). Formation of dark chocolate fats with improved heat stability and desirable miscibility by blending cocoa butter with mango kernel fat stearin and hard palm-mid fraction. *LWT*, 156, 113066. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113066>
- Chikhoun, A., Shashkov, M., Piligaev, A. V., Lee, J., Boudjellal, A., & Martini, S. (2020). Isothermal Crystallization of Palm Oil-Based Fats with and without the Addition of Essential Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97(8), 861-878. <https://doi.org/10.1002/aocs.12378>
- Chire-Fajardo, G. C., Valdivia-Arrunategui, R. A., Orihuela-Rivera, C. A., Ureña-Peralta, M. O., Chire-Fajardo, G. C., Valdivia-Arrunategui, R. A., Orihuela-Rivera, C. A., & Ureña-Peralta, M. O. (2017). Assessment of physical and physicochemical quality of main chocolates traded in Peru. *Acta Agronómica*, 66(2), 164-171. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n2.53779>
- Ewens, H., Metilli, L., & Simone, E. (2021). Analysis of the effect of recent reformulation strategies on the crystallization behaviour of cocoa butter and the structural properties of chocolate. *Current Research in Food Science*, 4, 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.02.009>
- Fernandes, V. A., Müller, A. J., & Sandoval, A. J. (2013). Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *Journal of Food Engineering*, 116(1), 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.002>
- Fibrianto, K., Azhar, L. O. M. F., Widoyotomo, S., & Harijono, H. (2021). Effect of cocoa bean origin and conching time on the physicochemical and microstructural properties of Indonesian dark chocolate. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2019249. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24919>

- Flores March, N. M., Chire Fajardo, G. C., & Lescano Anadón, C. E. (2017). Rheological, fat bloom, and sensory acceptability effects of mango kernel fat and palm olein blends on chocolate-flavored coatings. *Acta Agronómica*, 66(4), 506-511. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n4.56219>
- Foubert, I., Vanrolleghem, P. A., Thas, O., & Dewettinck, K. (2006). Influence of Chemical Composition on the Isothermal Cocoa Butter Crystallization. *Journal of Food Science*, 69(9), E478-E487. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09933.x>
- Galvagni, E., Fritzen, A. A., Graboski, A. M., Ballen, S. C., Steffens, J., & Steffens, C. (2020). Detection of Volatiles in Dark Chocolate Flavored with Orange Essential Oil by Electronic Nose. *Food Analytical Methods*, 13(7), 1421-1432. <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01763-x>
- Gendrin, C., Roggo, Y., & Collet, C. (2008). Pharmaceutical applications of vibrational chemical imaging and chemometrics: A review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 48(3), 533-553. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2008.08.014>
- Gómez-Fernández, A. R., Faccinetto-Beltrán, P., Orozco-Sánchez, N. E., Pérez-Carrillo, E., Santacruz, A., Jacobo-Velázquez, D. A., & Tecnológico de Monterrey. (2021). Physicochemical properties and sensory acceptability of sugar free dark chocolate formulations added with probiotics. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2), 697-709. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim2131>
- 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>
- Halim, H. S. A., Selamat, J., Mirhosseini, S. H., & Hussain, N. (2019). 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.
- Haque Akanda, Md. J., M.R., N., F.S., A., Shaarani, S., Mamat, H., Lee, J. S., J., N., A.H., M., Selamat, J., Khan, F., Matanjun, P., & Islam Sarker, M. Z. (2020). Hard Fats

Improve the Physicochemical and Thermal Properties of Seed Fats for Applications in Confectionery Products. *Food Reviews International*, 36(6), 601-625. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1657443>

Hoyos Zagaceta, Sanchez Zavaleta, J. E., Segundo Hernan. (2019). CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* S.) EXTRAÍDO CON SOLVENTE ORGÁNICO Y PRENSADO EN FRÍO. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5648>

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.

Indarti, E., Arpi, N., & Widayat, H. P. (2013). Appearance, texture and flavour improvement of chocolate bar by Virgin Cococnut Oil (VCO) as Cocoa Butter Substitute (CBS). 8.

Jaćimović, S., Popović-Djordjević, J., Sarić, B., Krstić, A., Mickovski-Stefanović, V., & Pantelić, N. Đ. (2022). Antioxidant Activity and Multi-Elemental Analysis of Dark Chocolate. *Foods*, 11(10), 1445. <https://doi.org/10.3390/foods11101445>

Jacome, W. (2015). Diseño de una planta de elaboración de chocolate negro y chocolate de leche a partir de licor de cacao. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Nik Norulaini, N. A., Sahena, F., Abedin, M. Z., Mohamed, A., & Mohd Omar, A. K. (2014). Hard cocoa butter replacers from mango seed fat and palm stearin. *Food Chemistry*, 154, 323-329. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.098>

Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Norulaini, N. A. N., Sahena, F., Jinap, S., Azmir, J., Sharif, K. M., & Omar, A. K. M. (2013). Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 467-476. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024>

Kaur, G., Kaur, D., Kansal, S. K., Garg, M., & Krishania, M. (2022). Potential cocoa

butter substitute derived from mango seed kernel. *Food Chemistry*, 372, 131244.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131244>

- Konar, N. (2013). Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. *European Food Research and Technology*, 236(1), 135-143.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-012-1873-x>
- Limbarido, R. P., Santoso, H., & Witono, J. R. (2017a). The effect of coconut oil and palm oil as substituted oils to cocoa butter on chocolate bar texture and melting point. 060001. <https://doi.org/10.1063/1.4982281>
- Lucarini, M., Durazzo, A., Raffo, A., Giovannini, A., & Kiefer, J. (2019). Passion fruit (*Passiflora* spp.) seed oil. In *Fruit oils: Chemistry and functionality* (pp. 577-603). Springer.
- Lyon, R. C., Lester, D. S., Lewis, E. N., Lee, E., Yu, L. X., Jefferson, E. H., & Hussain, A. S. (2002). Near-infrared spectral imaging for quality assurance of pharmaceutical products: Analysis of tablets to assess powder blend homogeneity. *AAPS PharmSciTech*, 3(3), 1-15. <https://doi.org/10.1208/pt030317>
- 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>
- Martini, S., Conte, A., & Tagliazucchi, D. (2018). Comprehensive evaluation of phenolic profile in dark chocolate and dark chocolate enriched with Sakura green tea leaves or turmeric powder. *Food Research International*, 112, 1-16.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.020>
- 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. (2021b). 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>

- Mejía, B. M. R. (2021). EFECTO DE LA ADICIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN EL GRADO DE ACEPTACIÓN SENSORIAL DEL CHOCOLATE OSCURO. 39.
- Mio Falla, W. M., & Farro Zegarra, J. R. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de aceite de semilla de maracuyá, por prensado en frío para exportación. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8152>
- Muhammad, D. R. A., Lemarcq, V., Alderweireldt, E., Vanoverberghe, P., Praseptianga, D., Juvinal, J. G., & Dewettinck, K. (2020). Antioxidant activity and quality attributes of white chocolate incorporated with *Cinnamomum burmannii* Blume essential oil. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1731-1739. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04206-6>
- Nizori, A., Adinda, V., Arzita, Lavlinesia, & Suseno, R. (2021). Antioxidant Activity and Physico-Chemical of Dark Chocolate Made with Cocoa Butter Substitute (Cbs) from Virgin Coconut Oils: The 3rd Green Development International Conference (GDIC 2020), Jambi, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/aer.k.210825.022>
- Norazlina, M. R., Jahurul, M. H. A., Hasmadi, M., Mansoor, A. H., Norliza, J., Patricia, M., Ramlah George, M. R., Noorakmar, A. W., Lee, J. S., & Fan, H. Y. (2021). Trends in blending vegetable fats and oils for cocoa butter alternative application: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 102-114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.016>
- Nyitrai, Á., Urbin, Á., Nagy, B. V., & Sipos, L. (2022). Novel approach in sensory color masking: Effects of colored environments on chocolates with different cocoa content. *Food Quality and Preference*, 95, 104363. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104363>
- Rezende, N. V., Benassi, M. T., Vissotto, F. Z., Augusto, P. P., & Grossmann, M. V. (2015). Effects of fat replacement and fibre addition on the texture, sensory acceptance and structure of sucrose-free chocolate. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(6), 1413-1420.
- Rossi, Nandi, Edy. (2021). The Chocolate Conching Technique and Its Impact on

Physicochemical Properties: A Mini-Review. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 9(6), 785-790. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/25962021>

Sonwai, S., Podchong, P., & Rousseau, D. (2017). Crystallization kinetics of cocoa butter in the presence of sorbitan esters. *Food Chemistry*, 214, 497-506. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.092>

Sun, P., Xia, B., Ni, Z.-J., Wang, Y., Elam, E., Thakur, K., Ma, Y.-L., & Wei, Z.-J. (2021). Characterization of functional chocolate formulated using oleogels derived from  $\beta$ -sitosterol with  $\gamma$ -oryzanol/lecithin/stearic acid. *Food Chemistry*, 360, 130017.

Syafira, N. S., Saputro, A. D., Khasanah, A. N., Oetama, T., Setiowati, A. D., Rahayoe, S., & Bintoro, N. (2021). Impact of Cocoa Butter Replacer (CBR) proportion on the physical characteristics of compound dark chocolate. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 653(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012035>

Tan, J., & Balasubramanian, B. M. (2017). Particle size measurements and scanning electron microscopy (SEM) of cocoa particles refined/conched by conical and cylindrical roller stone melangers. *Journal of Food Engineering*, 212, 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.033>

Teixeira, G. L., Züge, L. C. B., Silveira, J. L. M., de Paula Scheer, A., & Ribani, R. H. (2016). The impact of polyoxyethylene sorbitan surfactants in the microstructure and rheological behaviour of emulsions made with melted fat from Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). *Journal of Surfactants and Detergents*, 19(4), 725-738.

Toker, O. S., Palabiyik, I., & Konar, N. (2019). Chocolate quality and conching. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 446-453. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.047>

Toker, O. S., Palabiyik, I., Pirouzian, H. R., Aktar, T., & Konar, N. (2020). Chocolate aroma: Factors, importance and analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 580-592. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.035>

- Watanabe, S., Yoshikawa, S., & Sato, K. (2021). Formation and properties of dark chocolate prepared using fat mixtures of cocoa butter and symmetric/asymmetric stearic-oleic mixed-acid triacylglycerols: Impact of molecular compound crystals. *Food Chemistry*, 339, 127808. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127808>
- Zeng, J., Shen, J., Wu, Y., Liu, X., Deng, Z., & Li, J. (2020). Effect of adding shea butter stearin and emulsifiers on the physical properties of cocoa butter. *Journal of Food Science*, 85(4), 972-979. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15076>



## ANEXOS

Figura 2. Intervalos de temperatura de fusión vs. Muestras (EMC-C)

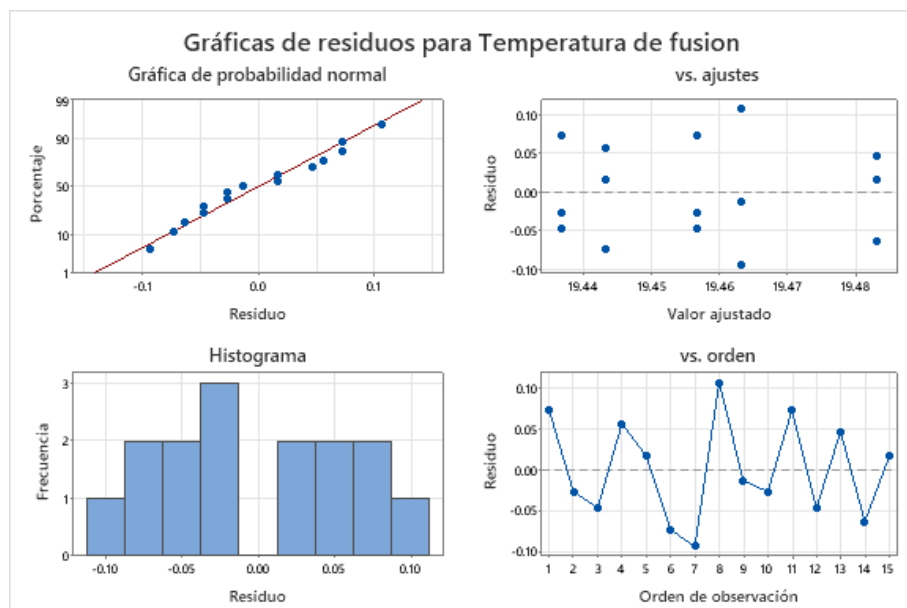


Figura 3. Intervalos de entalpia de fusion vs. Muestras (EMC-C)

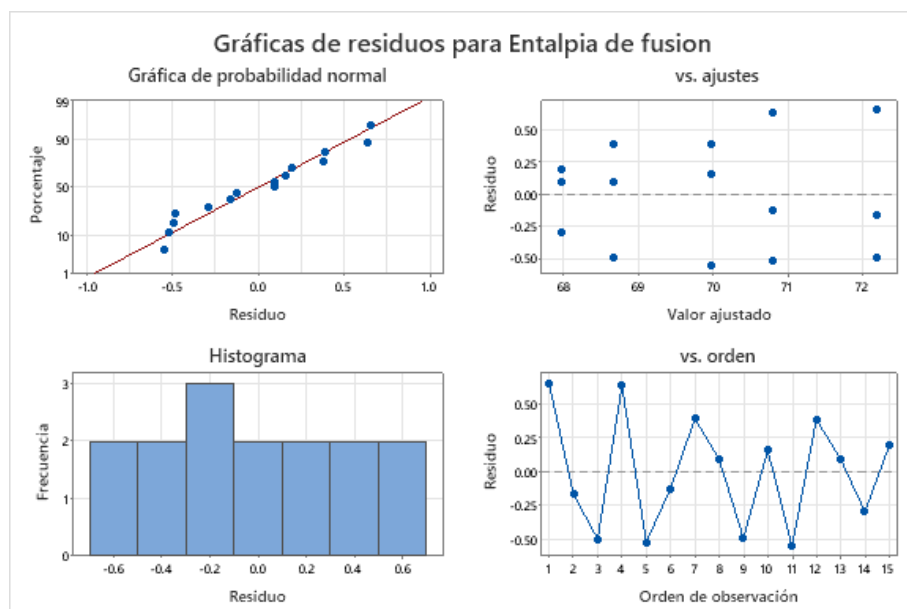


Figura 4. Intervalos de temperatura de cristalización vs. Muestras (EMC-C)

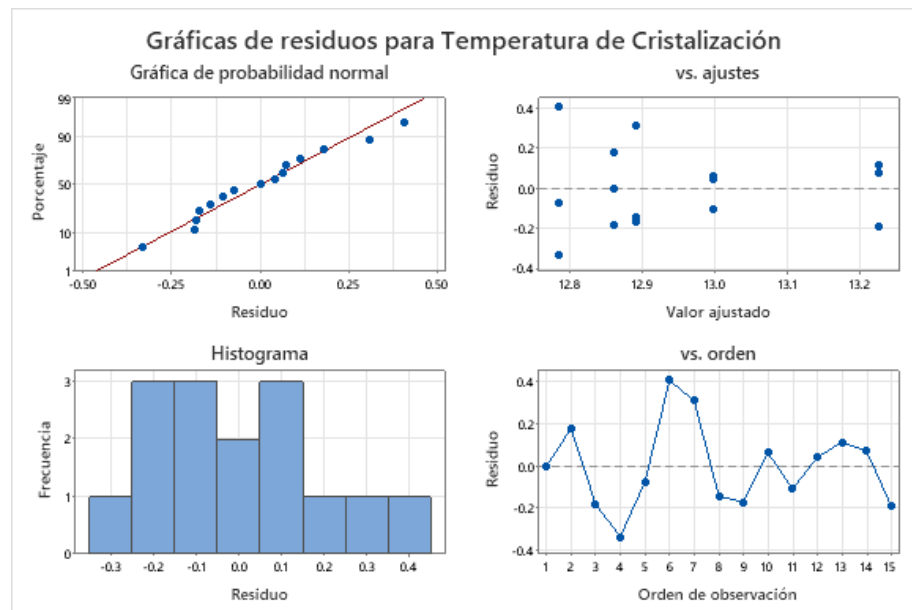


Figura 5. Intervalos de entalpia de cristalización vs. Muestras (EMC-C)

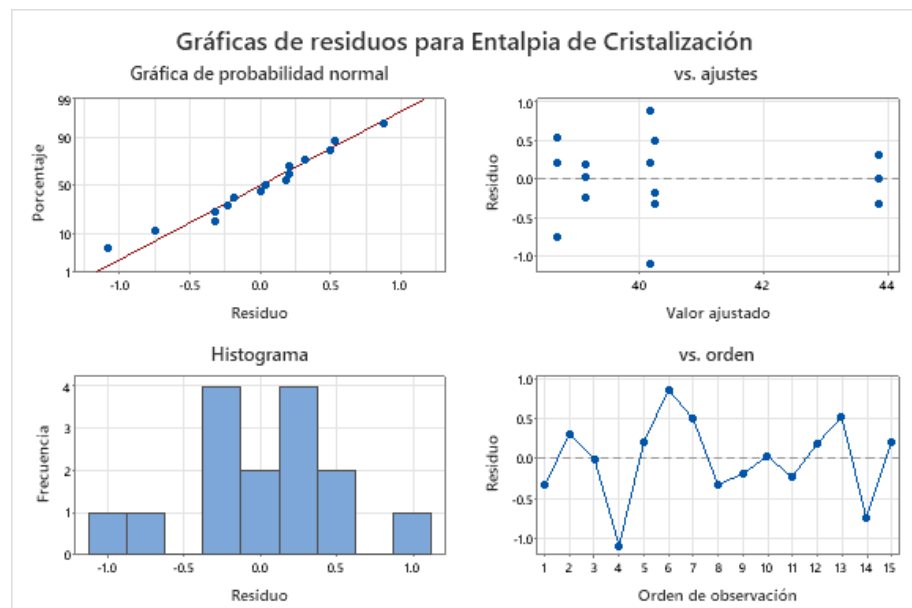


Figura 6. Intervalos de temperatura de fusión vs. Muestras (EMC-M)

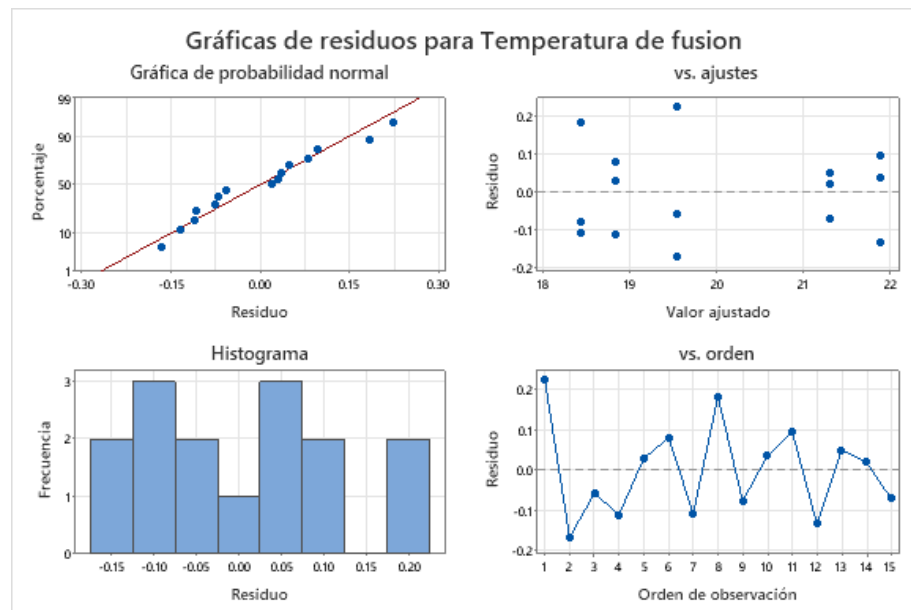


Figura 7. Intervalos de entalpia de fusion vs. Muestras (EMC-M)

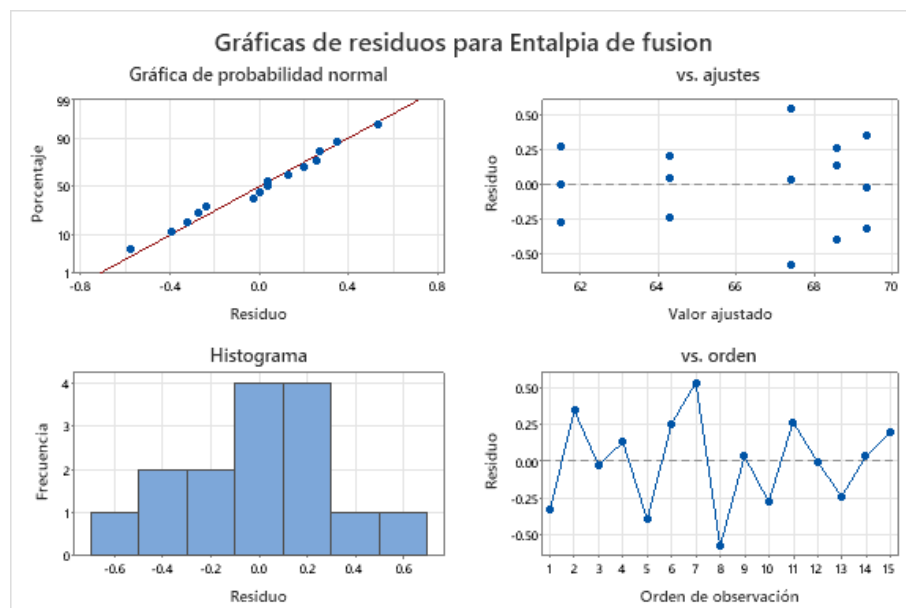


Figura 8. Intervalos de temperatura de cristalización vs. Muestras (EMC-M)

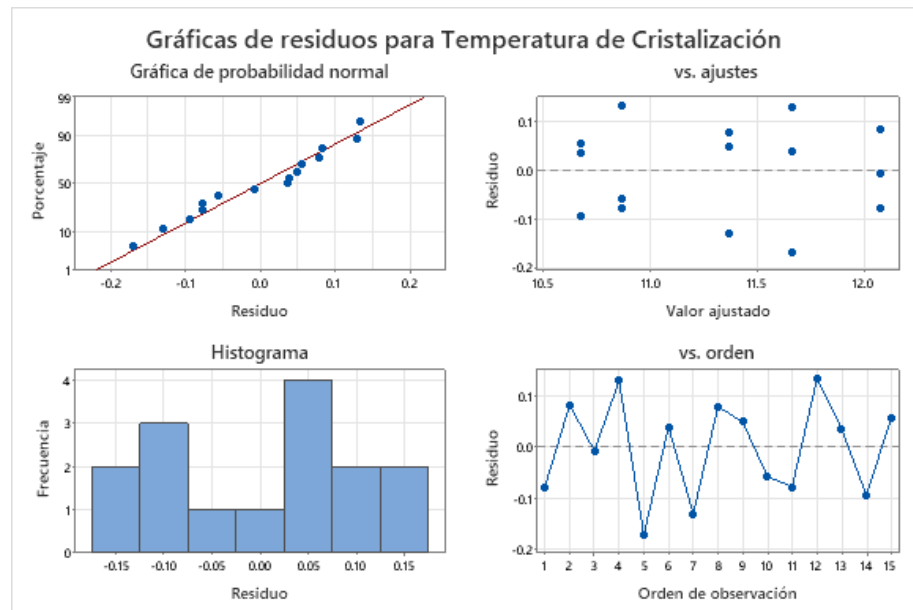


Figura 9. Intervalos de entalpia de cristalización vs. Muestras (EMC-M)

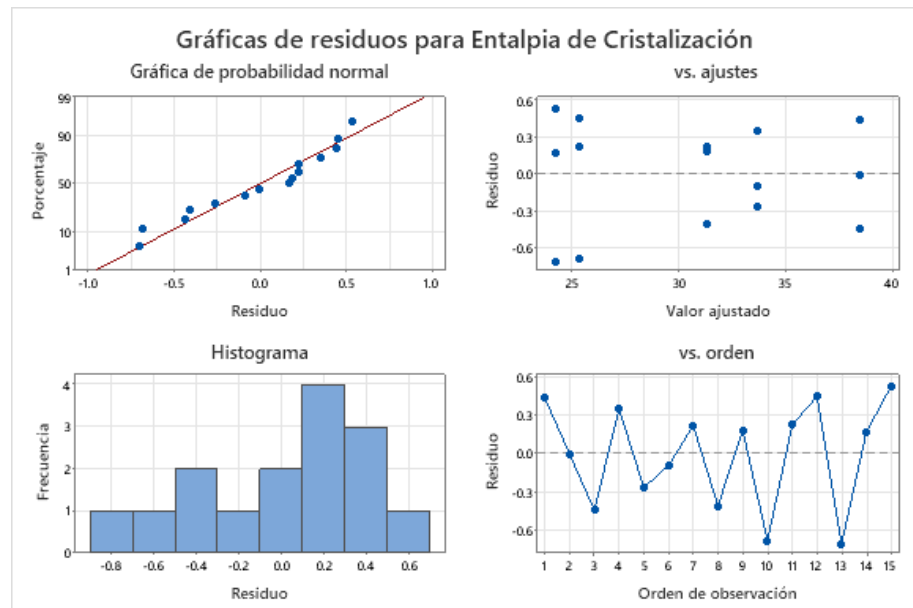


Figura 10. Superficie de Respuesta de CPV vs. EMC-C; TC

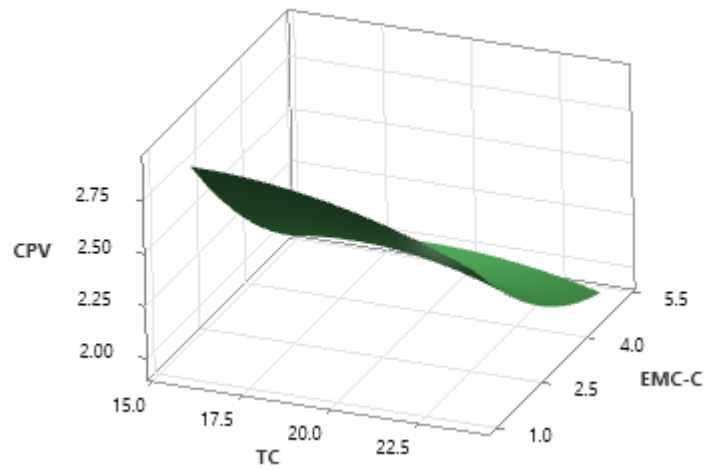


Figura 11. Superficie de Respuesta de CEL vs. EMC-C; TC

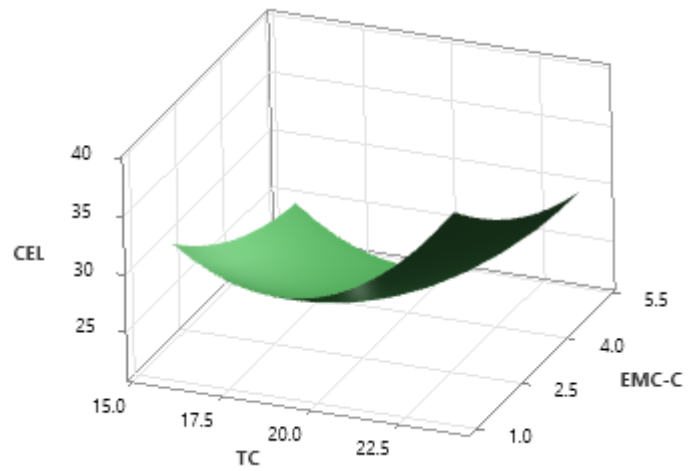


Figura 12. Superficie de Respuesta de Dureza vs. EMC-C; TC

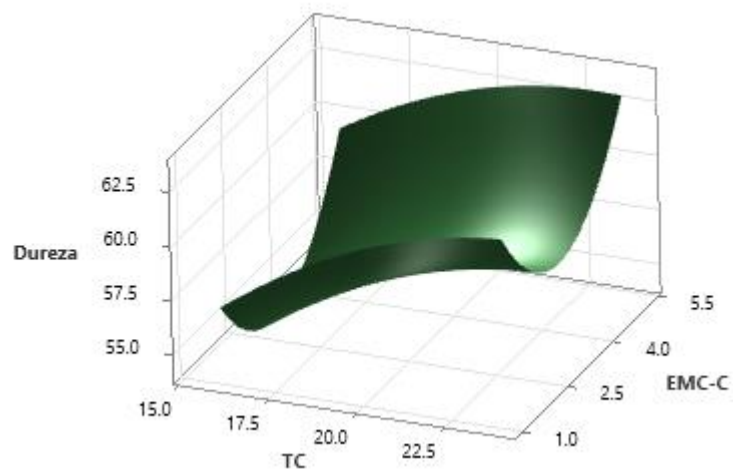


Figura 13. Superficie de Respuesta de T° de fusión vs. EMC-C; TC

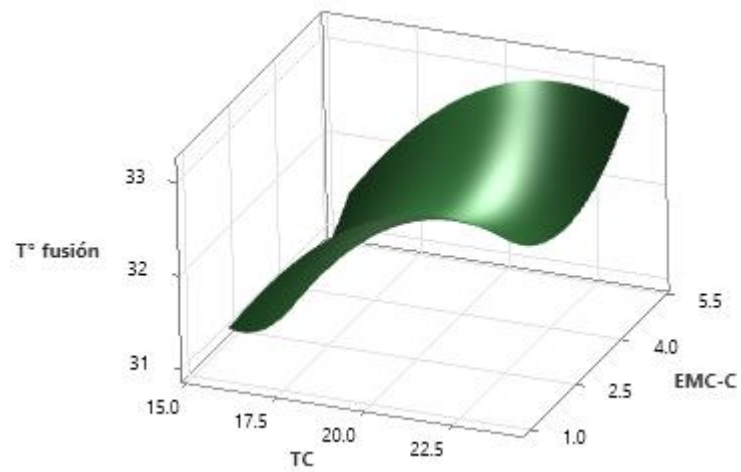


Figura 14. Superficie de Respuesta de T° de fusión vs. EMC-C; TC

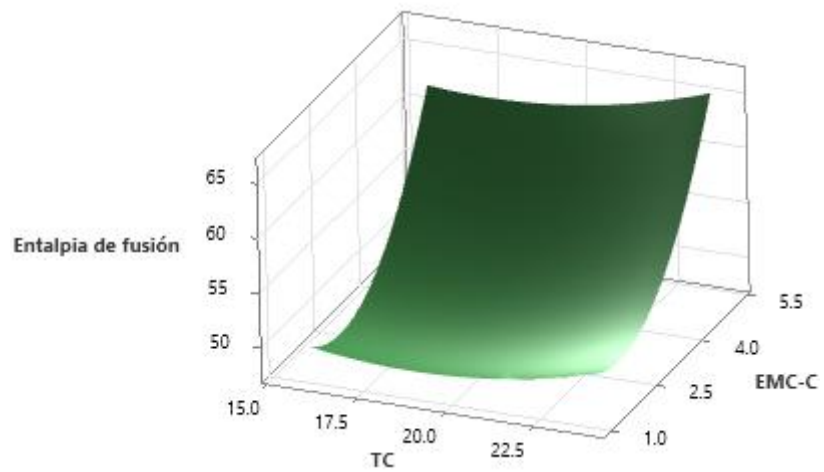


Figura 15. Superficie de Respuesta de Color vs. EMC-C; TC

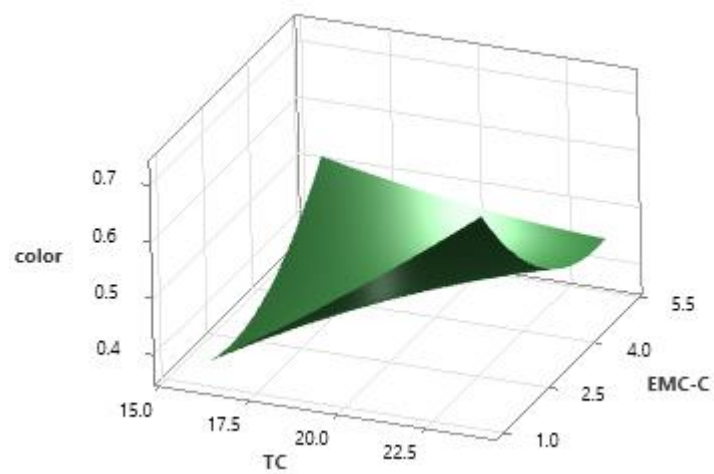


Figura 16. Superficie de Respuesta de AW vs. EMC-C; TC

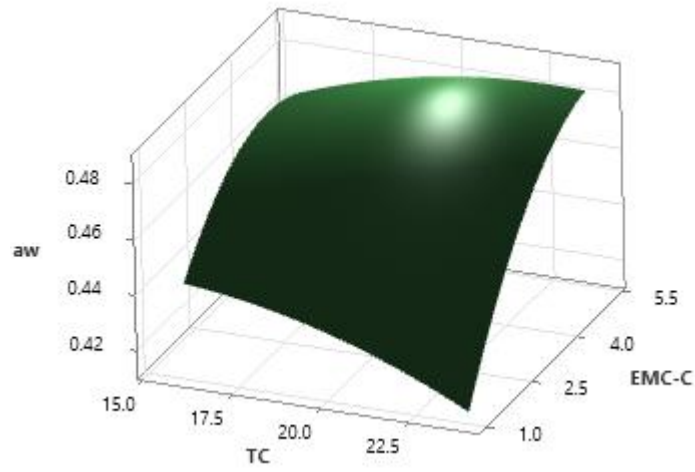


Figura 17. Superficie de Respuesta de TPC vs. EMC-C; TC

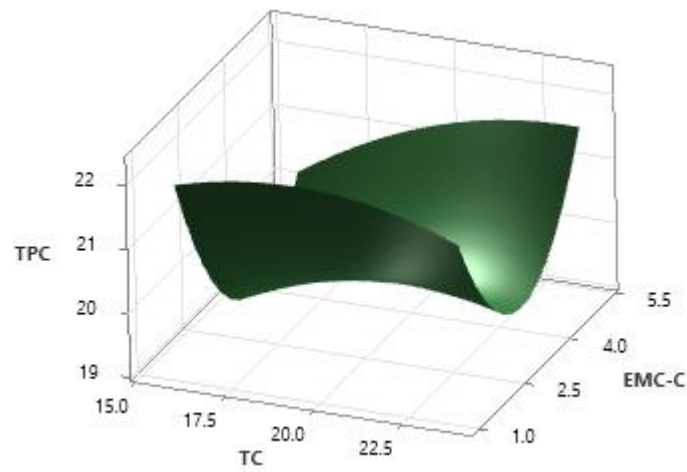


Figura 18. Superficie de Respuesta de CPV vs. EMC-M; TC

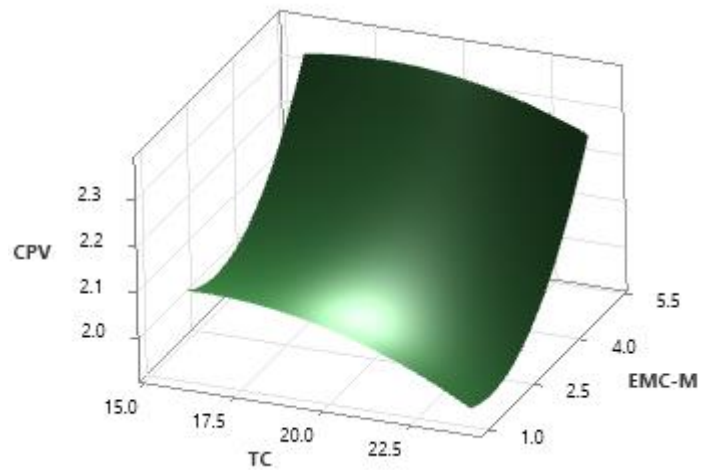


Figura 19. Superficie de Respuesta de CEL vs. EMC-M; TC

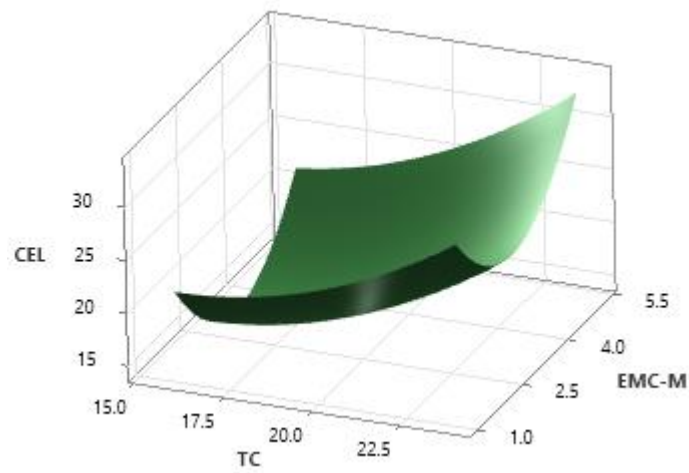


Figura 20. Superficie de Respuesta de Dureza vs. EMC-M; TC

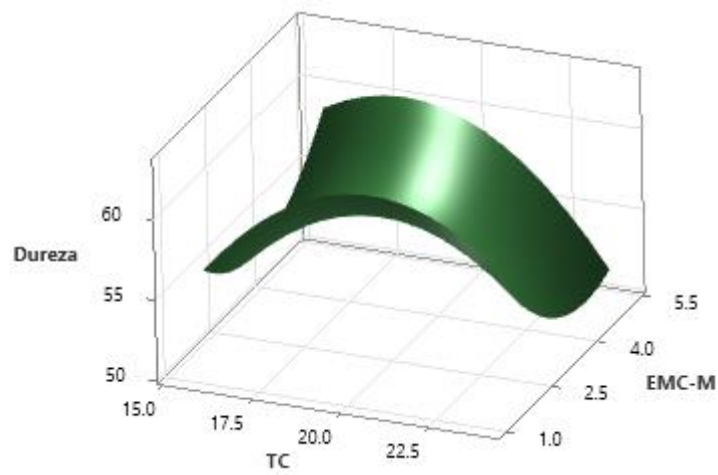


Figura 21. Superficie de Respuesta de Fusión vs. EMC-M; TC

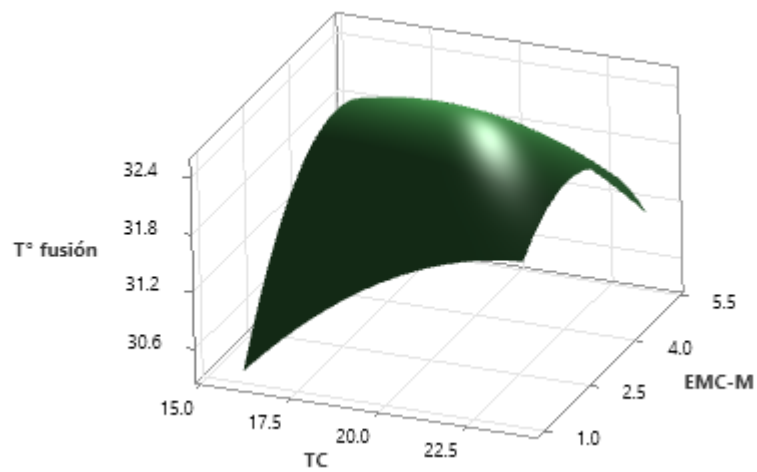




Figura 22. Superficie de Respuesta de Color vs. EMC-M; TC

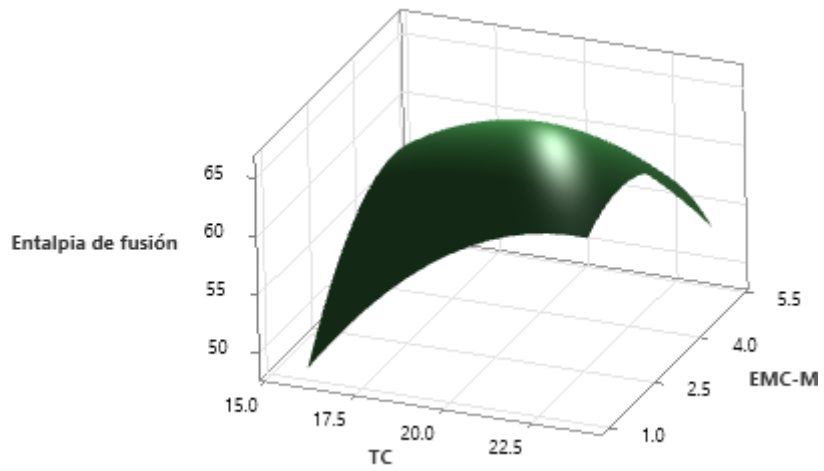


Figura 23. Superficie de Respuesta de Color vs. EMC-M; TC

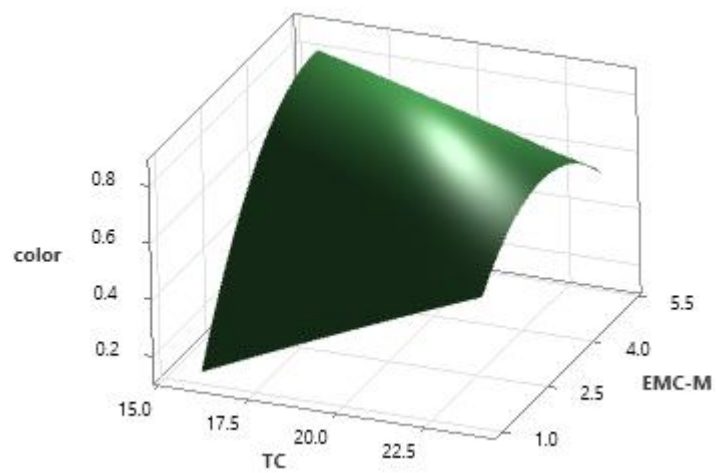


Figura 24. Superficie de Respuesta de AW vs. EMC-M; TC

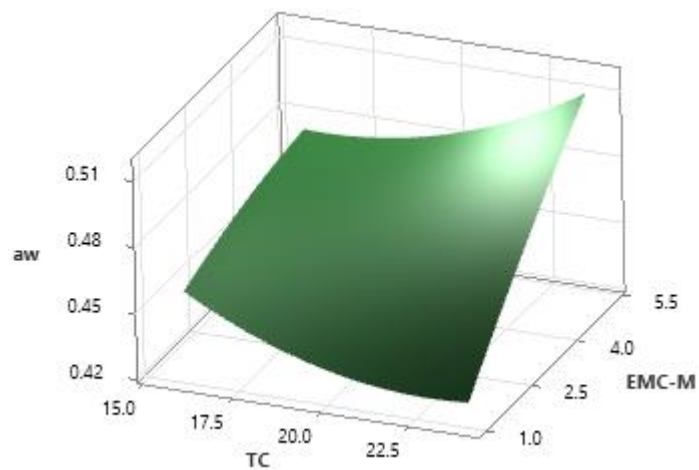


Figura 25. Superficie de Respuesta de TPC vs. EMC-M; TC

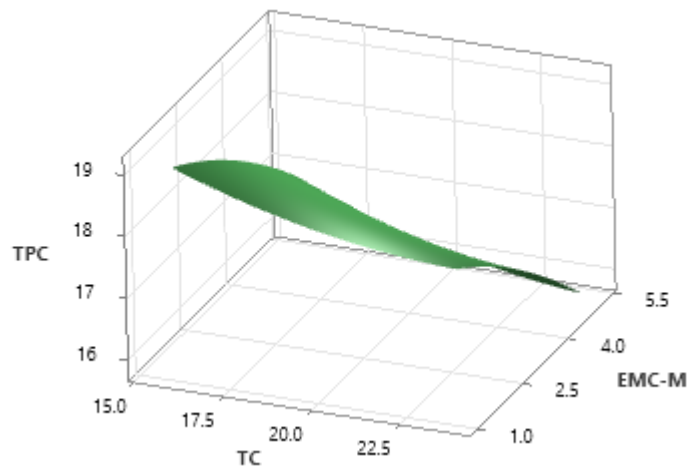


Figura 26. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C 1 % y TC 16h.

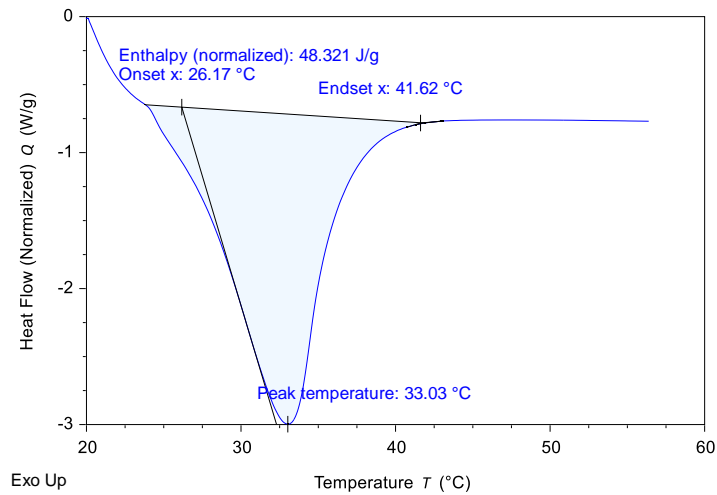


Figura 27. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 1 % y TC 20h.

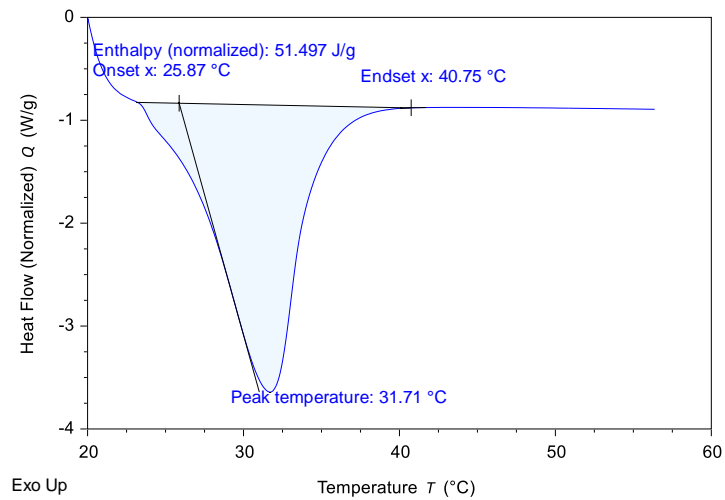


Figura 28. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C 1 % y TC 24h.

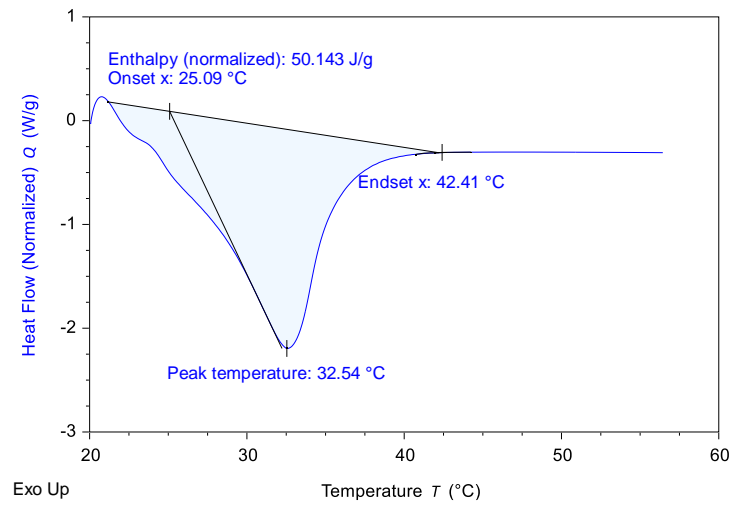


Figura 29. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C 3 % y TC 16h.

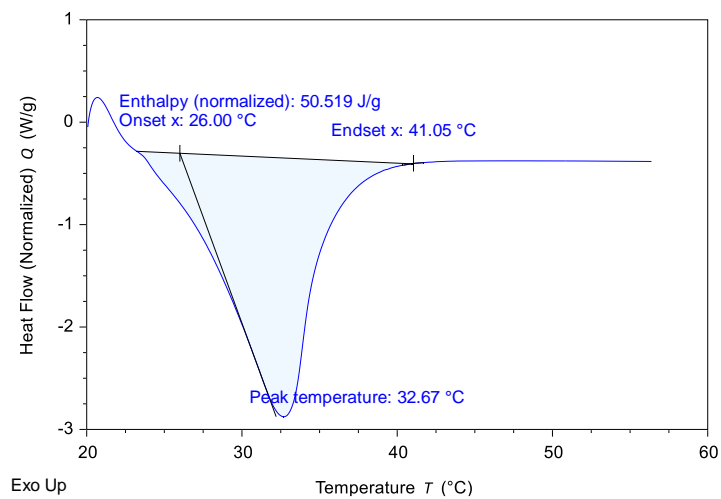


Figura 30. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 3 % y TC 20h.

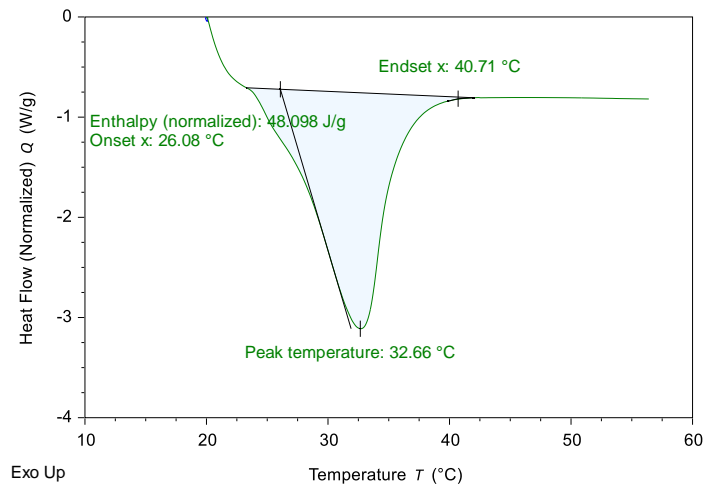


Figura 31. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 3 % y TC 24h.

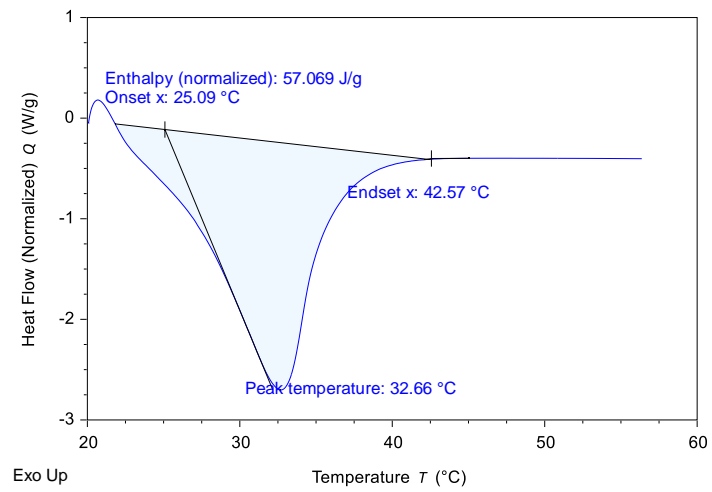


Figura 32. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 5 % y TC 16h.

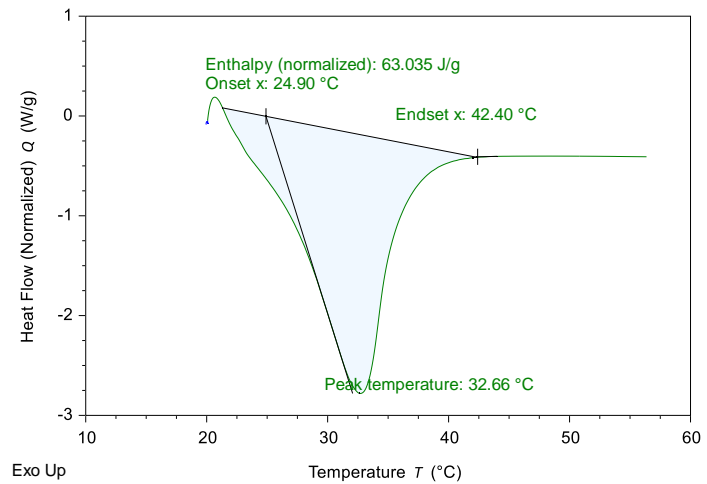


Figura 33. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 5 % y TC 20h.

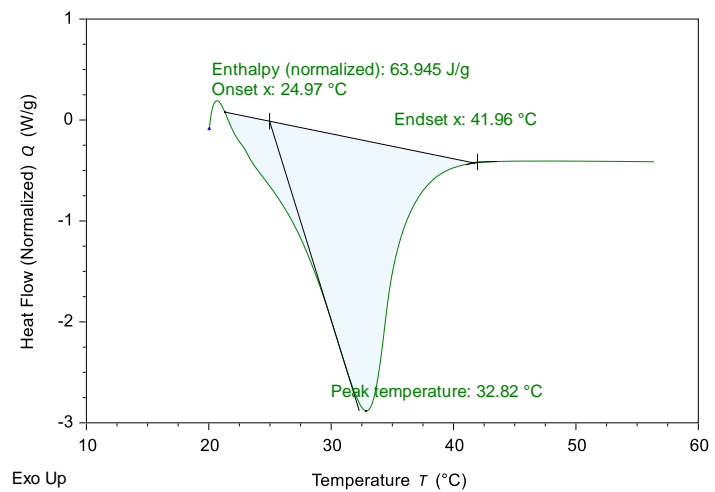


Figura 34. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-C al 5 % y TC 24h.

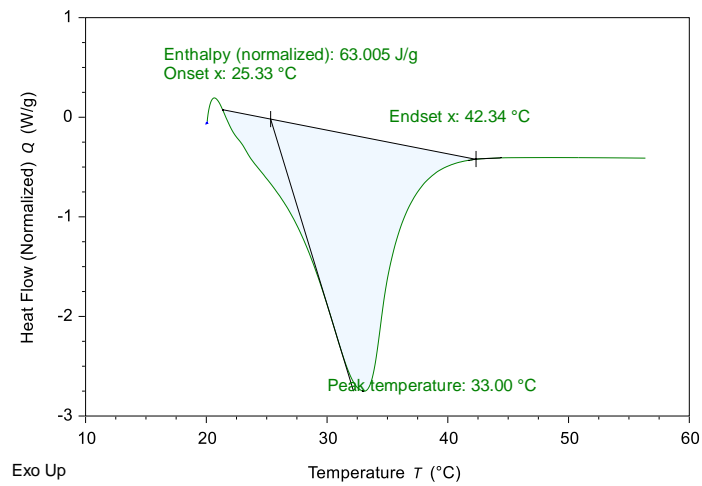


Figura 35. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 1 % y TC 16h.

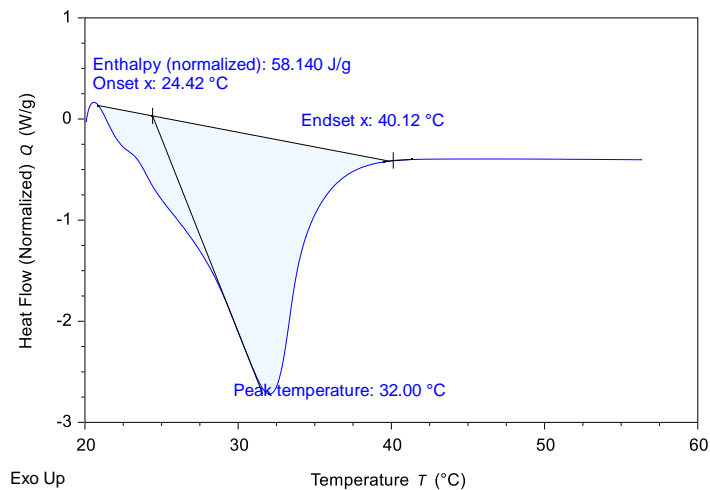


Figura 36. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 1 % y TC 20h.

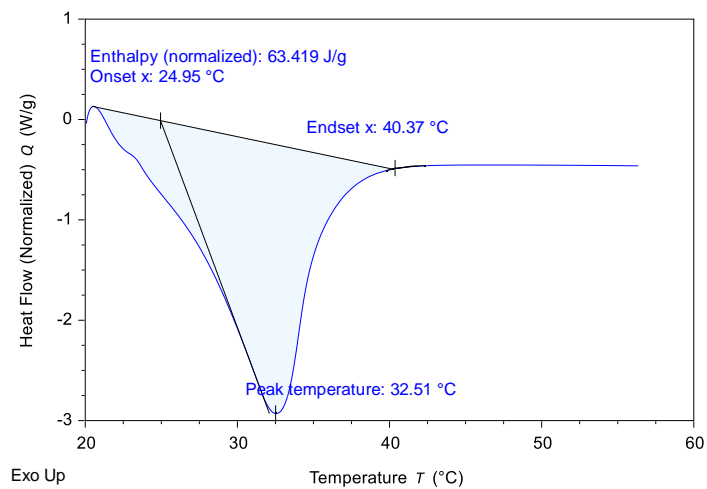


Figura 37. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 1 % y TC 24h.

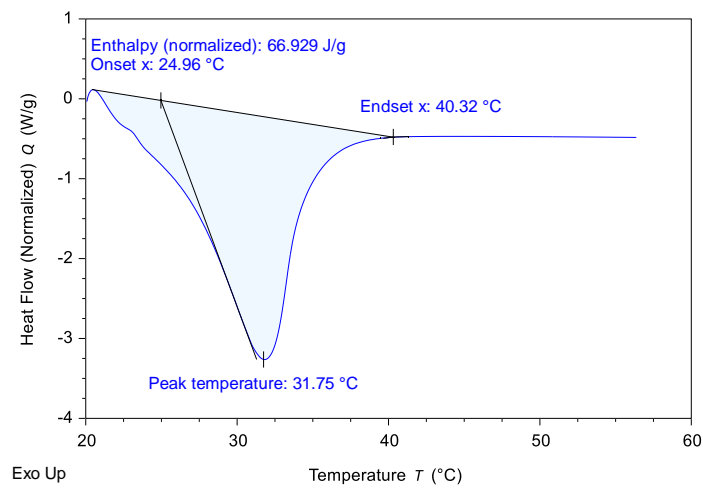


Figura 38. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 3 % y TC 16h.

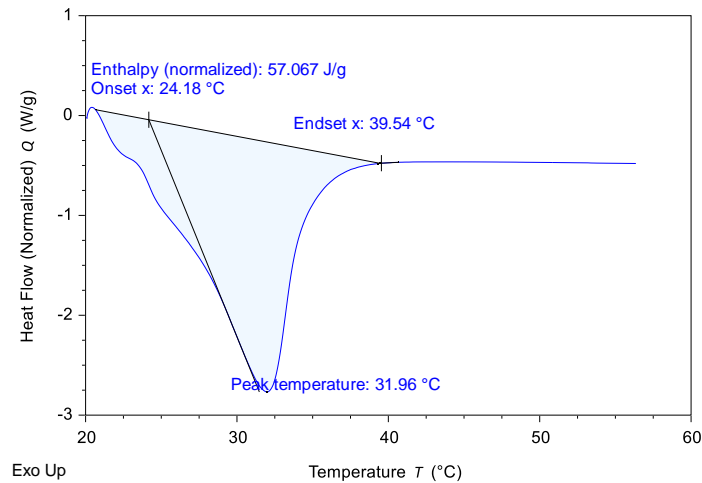


Figura 39. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 3 % y TC 20h.

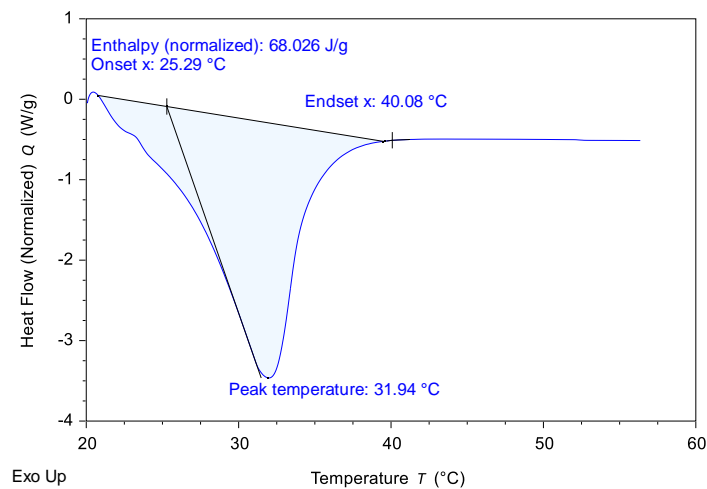


Figura 40. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 3 % y TC 24h.

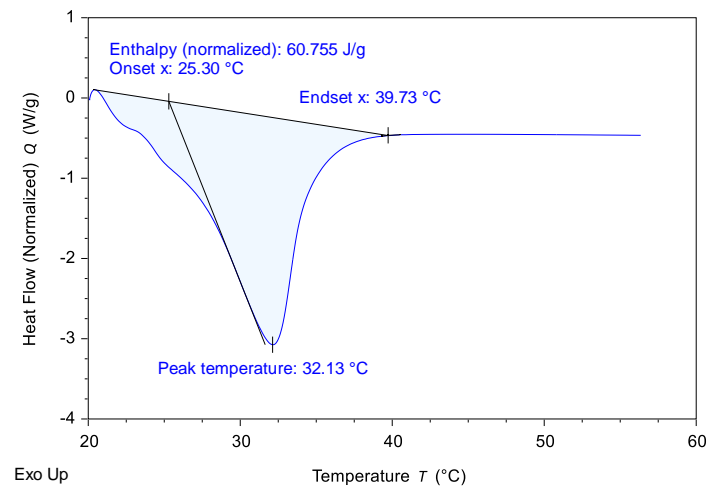


Figura 41. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 5 % y TC 16h.

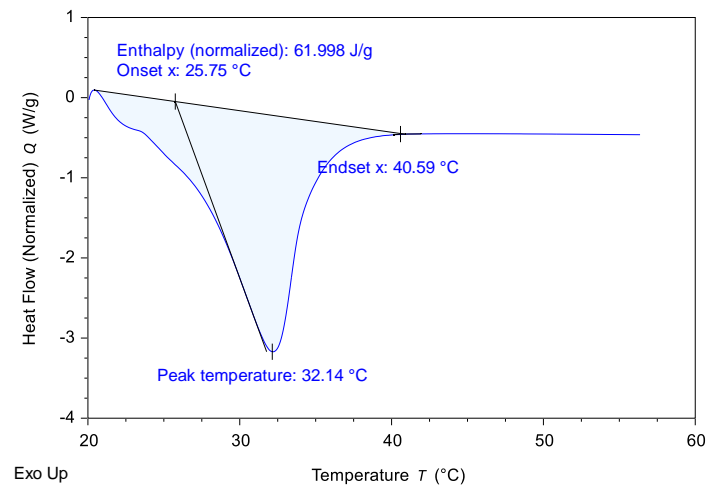


Figura 42. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 5 % y TC 20h.

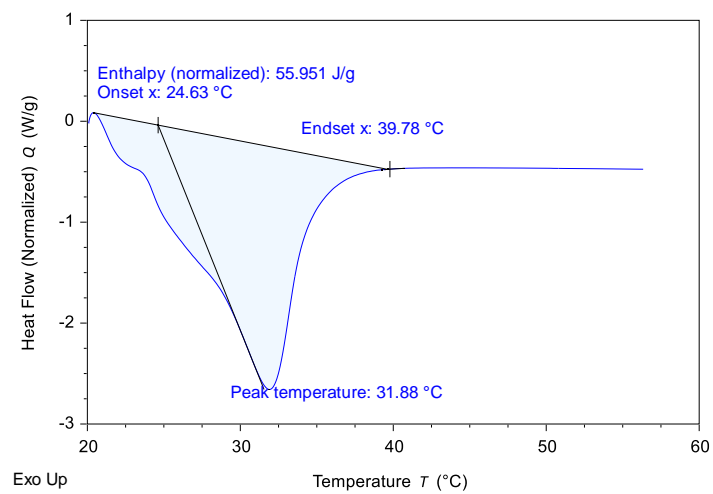


Figura 43. Curva de Fusión de chocolate oscuro con EMC-M al 5 % y TC 24h.

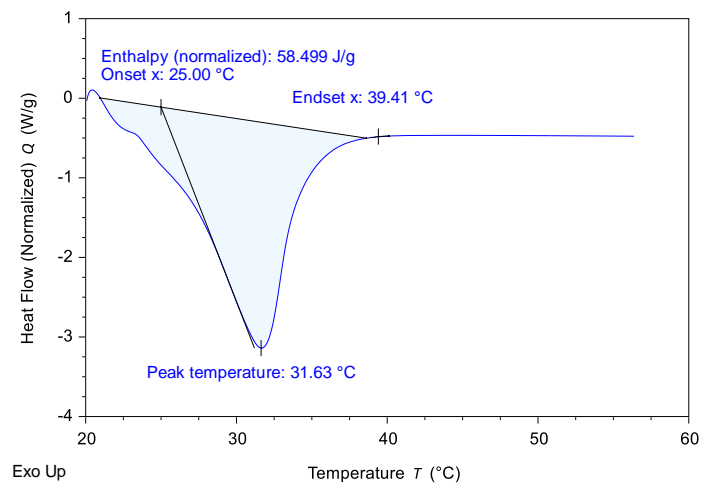


Figura 44. Análisis de Reología





Figura 45. Análisis de Textura



Figura 46. Análisis de Fusión



Figura 47. Análisis de Actividad de Agua

