

**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**

**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES
ORGANOLÉPTICAS, REOLÓGICAS Y TAMAÑO DE
PARTÍCULAS EN TRES TIPOS DE PASTA DE CACAO:
CRIOLLO, CCN51 Y FORASTERO**

Autor: Bach. Hexon Omar Anticona Coello

Asesor: Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Co-asesor: Ing. Marleni Medina Mendoza

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2022

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



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): Anticona Coello Hexan Omar
DNI N°: 77663981
Correo electrónico: 77663981s2@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
Comparación de las propiedades organolépticas reológicas y tamaño de partículas en tres pastas de cacao: criollo, CB1 y paraiteno

3. Datos de asesor 1
Apellidos y nombres: Augustina Silva Erick Dido
DNI, Pasaporte, C.E N°: 32404998
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>): 0000-0002-9226-9896

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>): 0000-0002-8324-9485

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
Otras Ingenierías, otras tecnologías - 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 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, 20 de enero de 2023

Firma del autor 1
Firma del Asesor 1
Firma del autor 2
Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar dónde estén o si alguna vez llegan a leer esta dedicatoria quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Al más especial de todos, a DIOS porque me permitió hacer realidad este sueño, con su grande misericordia dándome fortaleza en los momentos difíciles y rodeándome con su grande e infinito de amor.

A mí padre CESAR ANTICONA MUÑOZ éste es un logro que quiero compartir contigo por ser mí papá y por creer en mí. Quiero que sepas que ocupas un lugar especial. Acertada y rica herencia es su ejemplo, con el tiempo quizá pueda imitarlo, tal vez pueda igualarlo, pero jamás superarlo. Por eso mi padre merece hoy mañana y siempre todos mis honores, mi cariño y el respeto de su hijo.

A mí mamá ROSA HERMINDA COELLO AVELLANEDA, la mejor mamá del mundo, gracias por todo su esfuerzo, apoyo y confianza que siempre depositaste en mí y por permanecer a mi lado siempre. Te quiero mucha mamá.

A mis hermanos quienes con su apoyo moral me ayudaron a no abandonar mi batalla contra la adversidad en los días que se me acumularon compromisos de estudios y trabajos. A todos mis profesores no sólo de la carrera sino de toda la vida, mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy. Especialmente a los maestros de la FICA de la UNTRM-A.

HEXON OMAR ANTICONA COELLO

AGRADECIMIENTO

- En primer lugar, a Dios por haberme dado la sabiduría, paciencia, fuerza de voluntad y ser mi guía por el buen sendero para superar obstáculos y protegerme durante todo mi camino.

- 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.

- Al Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva asesor de la tesis, por brindarme sus conocimientos, el apoyo y las facilidades de realizar este proyecto de tesis.

- A la Ing. Marleni Medina Mendoza, coasesora de la tesis, por su confianza, enseñanzas, revisiones y sugerencias brindadas para mejorar este trabajo.

HEXON OMAR ANTICONA COELLO

**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 COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS, REOLÓGICAS Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN TRES TIPOS DE PASTA DE CACAO: CRIOLLO, CCNS? Y FORA?TERO.; del egresado HÉXON OMAR ANTICONA COELLO 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, 08 de AGOSTO de 2022

Firma y nombre completo del Asesor

Dr. Erick Aldo Augustinain Silva

VISTO BUENO DEL CO-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 COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS, REOLÓGICAS Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN TRES TIPOS DE PASTA DE CACAO: CRIOLLO, CCN51 Y FORASTERO.; del egresado HÉXON OMAR ANTICONA COELLO 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, 08 de AGOSTO de 2022

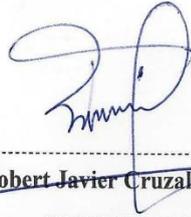
Firma y nombre completo del Asesor

Ing. Karleni Medina Mendoza

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo
PRESIDENTE



Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernandez
SECRETARIO



Ing. Guillermo Idrogo Vásquez
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:

COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS, REOLÓGICAS Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN TRES TIPOS DE PASTA DE CACAO: CRIOLLO, CCNSI Y FORASTERO

presentada por el estudiante ()/egresado (X) HEXON OHAR ANTICONA COELLO

de la Escuela Profesional de INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

con correo electrónico institucional 7766398152@untrm.edu.pe

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

- La citada Tesis tiene 21 % 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, 24 de Octubre 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 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 10 de Noviembre del año 2022, siendo las 10 horas, el aspirante: Hector Omar Anticona Coello, asesorado por Dr. Erick Aldo Aquiveria Silva defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Comparación de las propiedades organolépticas, reológicas y tamaño de partículas en tres tipos de pastos de caudo: Criollo, CCMSI y forastero, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Dr. Graín Manuelto Castro Alayo

Secretario: Lp. Mg. Robert Javier Cruzado Fernández

Vocal: Lp. Guillermo Idrogo Vasquez



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 11:05 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN Y 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
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR 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	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1. Lugar de ejecución	19
2.2. Materiales.....	19
2.3. Productos químicos	19
2.4. Preparación de la pasta	19
2.5. Elaboración del chocolate.....	20
2.6. Análisis sensorial	20
2.7. Reología	21
2.8. Distribución de tamaño de partícula	21
2.9. Análisis de datos	22
III. RESULTADOS	23
IV. DISCUSIONES	31
V. CONCLUSIONES	35
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulaciones de chocolates oscuros en diferentes porcentajes de pasta de cacao de tres tipos de pasta de cacao (criollo, CCN51 y forastero).....	20
Tabla 2. Análisis sensorial de la pasta de cacao.....	23
Tabla 3. Análisis sensorial de un chocolate oscuro con diferentes porcentajes de pasta de cacao (70%, 75% y 80%) en tres tipos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero.....	25
Tabla 4. Valores reológicos de la pasta de cacao en tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero.....	27
Tabla 5. Valores reológicos del chocolate oscuro con diferentes porcentajes de pasta de cacao (70, 75 y 80) % en tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero.....	28
Tabla 6. Distribución del tamaño de partícula de la pasta de cacao en tres tipos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero.....	29
Tabla 7. Distribución de tamaño de partícula del chocolate oscuro con diferentes porcentajes de pasta de cacao (70%, 75% y 80%) en tres tipos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero.....	30
Tabla 8. Análisis sensorial por categoría.....	40
Tabla 9. Análisis sensorial de categoría "Sabor".....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis sensorial de la pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero por categoría	24
Figura 2. Análisis sensorial del chocolate oscuro por categoría a 70% de pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero.....	26
Figura 3. Análisis sensorial del chocolate oscuro por categoría a 75% de pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero.....	26
Figura 4. Análisis sensorial del chocolate oscuro por categoría a 80% de pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero.....	27
Figura 5. Ficha de catación sensorial de cacao.....	39
Figura 6. ICs simultáneos de 95% de Tukey.....	41
Figura 7. Gráfica de intervalos de Viscosidad plástica de Casson vs. Factor.....	42
Figura 8. Residuos vs. ajustes para Viscosidad plástica de Casson.....	42
Figura 9. ICs simultáneos de 95% de Tukey.....	43
Figura 10. Gráfica de intervalos de Limite elástico de Casson vs. Factor.....	44
Figura 11. Residuos vs. ajustes para Limite elástico de Casson.....	44
Figura 12. ICs simultáneos de 95% de Tukey D_{10}	45
Figura 13. Gráfica de intervalos de D_{10} [μm] vs. Factor.....	46
Figura 14. Residuos vs. ajustes para D_{10} [μm].....	46
Figura 15. ICs simultáneos de 95% de Tukey D_{50}	47
Figura 16. Gráfica de intervalos de D_{50} [μm] vs. Factor.....	48
Figura 17. Residuos vs. ajustes para D_{50} [μm].....	48
Figura 18. ICs simultáneos de 95% de Tukey.....	49
Figura 19. Gráfica de intervalos de D_{90} [μm] vs. Factor.....	50
Figura 20. Residuos vs. ajustes para D_{90} [μm].....	50
Figura 21. ICs simultáneos de 95% de Tukey.....	52
Figura 22. Gráfica de intervalos de Viscosidad plástica de Casson vs. Factor.....	52
Figura 23. Residuos vs. ajustes para Viscosidad plástica de Casson.....	52
Figura 24. ICs simultáneos de 95% de Tukey.....	54
Figura 25. Gráfica de intervalos de Limite elástico de Casson vs. Factor.....	54
Figura 26. Residuos vs. ajustes para Limite elástico de Casson.....	54
Figura 27. ICs simultáneos de 95% de Tukey.....	56
Figura 28. Gráfica de intervalos de D_{10} [μm] vs. Factor.....	56

Figura 29. Residuos vs. ajustes para D_{10} [μm]	56
Figura 30. ICs simultáneos de 95% de Tukey	58
Figura 31. Gráfica de intervalos de D_{50} [μm] vs. Factor	58
Figura 32. Residuos vs. ajustes para D_{50} [μm]	58
Figura 33. ICs simultáneos de 95% de Tukey	60
Figura 34. Gráfica de intervalos de D_{90} [μm] vs. Factor	60
Figura 35. Residuos vs. ajustes para D_{90} [μm]	60
Figura 36. Pasta de cacao (Criollo, Forastero y CCN51)	61
Figura 37. Clasificación y selección de granos de los granos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero	61
Figura 38. Identificar los granos de cacao	62
Figura 39. Tostado	62
Figura 40. Recepción de granos de cacao tostado	63
Figura 41. Descascarillado	63
Figura. Molido	64
Figura 43. Conchado y refinado	64
Figura 44. Moldeado y barra de pasta de cacao	64

RESUMEN

La calidad de los chocolates predomina mucho por la variedad de los granos de cacao y de las condiciones de procesos de elaboración. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar organolépticamente la pasta de cacao (*Teobroma cacao* L.) en la variedad criollo, CCN51 y forastero. La elaboración de la pasta de cacao comprendía las operaciones de recepción, selección, tostado, descascarillado, molienda, moldeado, envasado y almacenado. Se ha desarrollado pastas de cacao y chocolates oscuros (70, 75 y 80) % de pasta de cacao de las variedades criollo, CCN51 y forastero donde se han manipulado tres tratamientos respectivamente. Las características sensoriales de la pasta de cacao y del chocolate se determinaron a través de la ficha de catación para panelistas entrenados. Para el diseño estadístico aleatorio factorial de 3x3 para la pasta y 3x9 para el chocolate, utilizaron la prueba de Tukey para delimitar el margen de error de ambos grupos y comparar las características del cacao obtenidas por la percepción de los panelistas entrenados. Los resultados indicaban que la percepción de los panelistas difiere significativamente (Sig. <0.05). Donde la pasta de cacao criollo resultó ser de mayor calidad sensorialmente que de las pastas de cacao CCN51 y forastero, encontrando diferencias significativas en cuanto al aroma, sabor, acidez, amargor, astringencia y defectos, al igual que para el chocolate. Las características reológicas y tamaño de partícula determinaron que la pasta y chocolate elaborado con cacao CCN51 demostraba una mejor aceptación por los panelistas entrenados.

Palabras clave: *Análisis sensorial, reología, tamaño de partícula, pasta de cacao, Fluido no newtoniano.*

ABSTRACT

The quality of chocolates is strongly influenced by the variety of cocoa beans and the processing conditions. Therefore, the objective of this study was to compare organoleptically the cocoa paste (*Teobroma cacao* L.) in criollo, CCN51 and forastero varieties. The processing of cocoa paste comprised the operations of reception, selection, roasting, shelling, grinding, molding, packaging and storage. Cocoa pastes and dark chocolates (70, 75 and 80) % cocoa paste of criollo, CCN51 and forastero varieties have been developed where three treatments were handled respectively. The sensory characteristics of the cocoa paste and chocolate were determined using the tasting card for trained panelists. For the factorial randomized statistical design of 3x3 for paste and 3x9 for chocolate, they used Tukey's test to delimit the margin of error of both groups and to compare the cocoa characteristics obtained by the perception of the trained panelists. The results indicated that the perception of the panelists differed significantly (Sig. <0.05). The criollo cocoa paste was found to be of higher sensory quality than the CCN51 and forastero cocoa pastes, finding significant differences in aroma, flavor, acidity, bitterness, astringency and defects, as well as for chocolate. The rheological characteristics and particle size determined that the paste and chocolate made with CCN51 cocoa showed a better acceptance by the trained panelists.

Key words: *Sensory analysis, rheology, particle size, cocoa paste, non-Newtonian fluid.*

I. INTRODUCCIÓN

Se define a la pasta de cacao como una suspensión semisólida, iniciando el proceso de molienda que posteriormente se solidifica; siendo este la obtención por la destrucción de las paredes celulares del grano y por el calor de fricción de la molienda que funde a los glóbulos de grasa del cacao; este elemento es el mayor componente de la pasta de cacao, y sus principales ácidos grasos son: ácido esteárico, ácido oleico y ácido palmítico con 34%, 33% y 27% sucesivamente (Beckett, 2006, 2019). Los ácidos esteárico y palmítico son grasas saturadas, las grasas insaturadas corresponden al ácido oleico y el principal representante de los carbohidratos es la sacarosa. (Lambert, 2017). Para Alegría Vargas, (2015); Peláez et al., (2016), el objetivo de la molienda es reducir el tamaño de partícula a 75 μm , ya que el cacao se convierte en una pasta líquida denominada Licor de cacao, debido al contenido de grasa superior al 51% y al calor producido por el enrojecimiento durante la molienda del cacao. A partir de esta etapa, el licor de cacao está listo para ser envasado, prensado y separado de la manteca de cacao o utilizado como materia prima en chocolate. (Chire-Fajardo et al., 2019; Peláez et al., 2016; Plúa Cuesta, 2010). Y al determinar las propiedades reológicas de la pasta de cacao puro, puede controlar la calidad del producto, ya que tienen un impacto significativo en el proceso y la calidad del producto procesado. (Peláez et al., 2016; Sarmiento & del Castillo Zuñiga, 2013); en otras investigaciones lograron identificar más de 600 compuestos de aroma, sin embargo, es el consumidor quien define la calidad de la pasta de cacao (Afoakwa et al., 2008). Afoakwa et al., (2007), indica que las características sensoriales mejoran cuando el tamaño de partícula es pequeño, pero incrementa la viscosidad plástica y el esfuerzo de fluencia, debido a que las partículas del grano en contacto con la manteca de cacao ocupan mayor área superficial. Detalla, además que las partículas grandes brindan mejores propiedades reológicas, pero pueden ser desagradables sensorialmente. Bahari & Akoh, (2018); Peláez et al., (2016), determinan que un buen chocolate de calidad, no solo dependen de su elaboración, sino también de la variedad del cacao en su fabricación. Glicerina et al., (2016); Ramos Quevedo, (2013), manifiestan que la reología en la pasta de cacao criollo y CCN51 revelan conductas equivalentes, al aumentar la temperatura de comprensión a 40°C el esfuerzo de cisura reduce a valores de 3.05 D/cm² y 5.01 D/cm² y a una temperatura de 80°C el esfuerzo de corte disminuye a 2.11 D/cm² y 3.13 D/cm² respectivamente; manifestando un fluido no newtoniano.

En la fabricación del chocolate a partir de granos de cacao requieren un control cuidadoso tanto de los ingredientes como de los pasos de fabricación. Las diferencias en estos dos aspectos dan lugar a amplias variaciones en la calidad y características del chocolate (Afoakwa et al., 2007). Afoakwa et al., (2007); Peláez et al., (2016), indican que las diferencias en los caracteres sensoriales se pueden atribuir al uso de diferentes tipos de cacao, variaciones en las proporciones de los ingredientes, técnicas de mezcla y métodos de procesamiento. Y para determinar si es un producto de calidad se debe comprobar mediante sus propiedades reológicas. Por ello, Glicerina et al., (2016), encontró que la reología se regía por la cantidad de grasa y el grado de agregación de la estructura. Cuanto más agregada es la estructura del chocolate, mayores son los valores reológicos (principalmente, límite elástico y viscosidad) (Fernandes et al., 2013). Además, Beckett, (2019) manifiesta que la estructura de los insumos y la distribución de tamaño de partícula cumplen un rol sustancial en la configuración de su comportamiento reológico y percepción sensorial del chocolate con un tamaño de partícula de 20 μm a 30 μm , lo cual tendrá un sabor y una textura más cremosos en el paladar. En antecedentes encontradas por Afoakwa et al., (2007); Beckett, (2006) y Fernandes et al., (2013), determinan que las muestras con 18 μm fueron más firmes, consistentes, cohesivas y viscosas que aquellas con 50 μm , esto se debe a que, con un diámetro reducido, el número de partículas y el área superficial incrementan, aumentando el contacto superficie-superficie.

El objetivo general en la presente investigación fue la comparación de las propiedades organolépticas, reológicas y tamaño de partículas en tres tipos de pasta de cacao: Criollo, CCN51 y Forastero. También se logró comparar las mismas propiedades en el chocolate oscuro con concentraciones de 70%, 75% y 80% de pasta de cacao Criollo, CCN51 y Forastero como un estudio adicional.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La producción de las pastas de cacao se realizó en la provincia de Chachapoyas, en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial y en la planta piloto de la UNTRM-A. Los análisis reológicos, distribución de tamaño de partícula, y análisis sensorial se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial y Post cosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A.

2.2. Materiales

Los granos de cacao e ingredientes como la manteca de cacao y azúcar se obtuvieron de la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, Bagua, Amazonas, Perú.

2.3. Productos químicos

Se utilizaron éter de petróleo $\geq 90\%$, agua destilada, adquiridos de Merck KGaA, Germany.

2.4. Preparación de la pasta

Las variedades de cacao (Criollo, CCN51 y Forastero) se obtuvieron de la asociación múltiple APROCAM, las almendras de cacao se escogieron por calidad del grano, posterior a ello, se tostaron en un secador de bandejas (Fischer Agro) por 45 min a 125 °C, luego se llevaron a un descascarillador (Imsa Perú, DC-C, Perú). Los nibs obtenidos se llevaron a un molino de granos (Prosol Perú SAC, Tritur -50, Perú) obteniendo una pasta de cacao, estos fueron recepcionados en un recipiente de aluminio y cubierto con papel aluminio para su posterior proceso (chocolate), evaluación sensorial, análisis reológico y tamaño de partícula.

Para una mejor evaluación sensorial de la pasta de chocolate se procesó solo 200 gr. de cada muestra en un refinador de 2 rodillos (Premier, PG508, India) dejando procesar por 8 h. Posterior a ello, la pasta de cacao se sometió a un proceso de templado y se vertió en moldes de 45 g y llevado a congelación a -18°C durante 15 min. Luego las muestras de pasta de cacao se retiraron del molde y se envolvieron en papel aluminio para ser refrigerados hasta su evaluación sensorial. Este procedimiento se desarrolló para los 3 tipos de cacao en estudio.

2.5. Elaboración del chocolate

El chocolate se realizó siguiendo la técnica de APROCAM con formulaciones de 70%, 75% y 80% de pasta de cacao, 25%, 20% y 15% de azúcar respectivamente y 5% de manteca de cacao (CB). Se realizaron tres tipos de chocolates oscuros en diferentes tipos de cacao (criollo, CCN51 y forastero). Los chocolates formulados completos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 *Formulaciones de chocolates oscuros en diferentes porcentajes de pasta de cacao de tres tipos de pasta de cacao (criollo, CCN51 y forastero).*

Ingredientes (%)	Niveles del factor		
	Chocolate 70%	Chocolate 75%	Chocolate 80%
Pasta de cacao	70%	75%	80%
Azúcar	25%	20%	15%
CB	5%	5%	5%

Da las pastas de cacao obtenidos anteriormente, se procedió a derretir en baño maría hasta alcanzar una textura líquida y en un refinador de dos rodillos (Premier, PG508, India) se adicionó la pasta de cacao, azúcar y CB pre-fundido y se dejó reposar por 20 h. A continuación, el chocolate se colocó en el templado y se vertió en moldes de 45 g y se congeló a -18°C durante 15 min. Luego, las muestras de chocolate se retiraron del molde y se envolvieron en papel aluminio, se almacenaron en un refrigerador para la evaluación sensorial, análisis reológico y tamaño de partícula.

2.6. Análisis sensorial

A la pasta obtenida de los tres tipos de cacao se realizó un análisis sensorial para delimitar que variedad de cacao tienen mayor acogida para la elaboración de un buen chocolate de calidad utilizando una escala hedónica de 10 puntos, siguiendo el método de (Beckett, 2019; Caparosa & Hartel, 2019). Esta valoración se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la UNTRM-A. Las características sensoriales para evaluar fueron (aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos, sabor y aceptabilidad general) mediante pruebas orientadas al consumidor, donde los jueces fueron 4 panelistas entrenados que indicarán el grado de satisfacción de los especímenes. Las muestras de pasta de cacao

se conservaron a temperatura ambiente (20°C) durante 1 hora antes de la evaluación. Se utilizaron 3 diferentes muestras en un plato rotulados con sus respectivos códigos. Se solicitó a cada panelista que den una puntuación de 10 (excelente) a 0 (pésimo), esto nos ayudará en la aceptación o rechazo de las muestras a evaluar. Las escalas se vieron de la siguiente manera:

Escala de calidad

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo		Malo		Regular			Bueno		Excelente	

(Bustingorri Murillo, 2021)

Al producto final se realizó el mismo método y procedimiento anterior para determinar la aceptabilidad general del consumidor hacia el chocolate oscuro con concentraciones diferentes (70%, 75% y 80%) de pasta de cacao.

2.7. Reología

La medida reológica se realizó para determinar las propiedades de flujo de la pasta de cacao y el chocolate oscuro en sus diferentes tipos de variedades de cacao y en diferentes concentraciones de azúcar. La medición se realizó en un Reómetro (Marca Anton Paar, Modelo MCR 92, Austria), equipado con una geometría de cilindro concéntrico. Ambas muestras se fundieron a 50°C en baño maría durante 10 minutos para su evaluación. Las muestras derretidas se colocaron por separado entre un cono y una placa. La temperatura del reómetro se ajustó a 40°C. El procedimiento de medición se basó en el método 209 de (ICA, 2000) y (Abdul Halim et al., 2019), con modificaciones menores. Cada medición se repitió por triplicado. Los resultados obtenidos fueron viscosidad plástica de Casson (Pa, s) y límite elástico (Pa).

2.8. Distribución de tamaño de partícula

De acuerdo con (Afoakwa et al., 2008) se usará un analizador de tamaño de partícula (PSD) modelo Anton Para, Australia. Una cantidad de 100 mg de muestra será colocada con el dispersor del analizador. La distribución de tamaño se midió como volumen relativo de partículas. Los datos que se informaron fueron distribución por debajo del 90 % (D₉₀), mediana 50% (D₅₀), distribución por debajo del 10 % (D₁₀) (Bahari & Akoh, 2018).

2.9. Análisis de datos

Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado. Los datos de la investigación se analizaron estadísticamente utilizando el software Minitab versión 17 (EE. UU.). Se usó ANOVA unidireccional para probar diferencias significativas entre cada punto de datos. Las diferencias significativas se determinaron mediante la prueba de Tukey basada en una significancia de 95%.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis sensorial de la pasta en tres tipos de cacao (criollo, CCN51 y forastero)

En la tabla 2, se muestra el análisis sensorial de la pasta en tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero. La pasta de cacao criollo muestra los valores más altos de aceptabilidad con un 9,31 con respecto a los panelistas entrenados en todos los atributos analizados, no presenta defectos y expresa un sabor dulce, aroma y acidez característico. En la pasta de cacao CCN51 tiene una puntuación de aceptación moderada de 8,46 por parte de los panelistas entrenados, debido a la escala de intensidad que presentan una puntuación media. La pasta de cacao forastero muestra un puntaje de aceptabilidad general más bajo de 7,59 por parte de los panelistas entrenados en todos sus atributos de calificación.

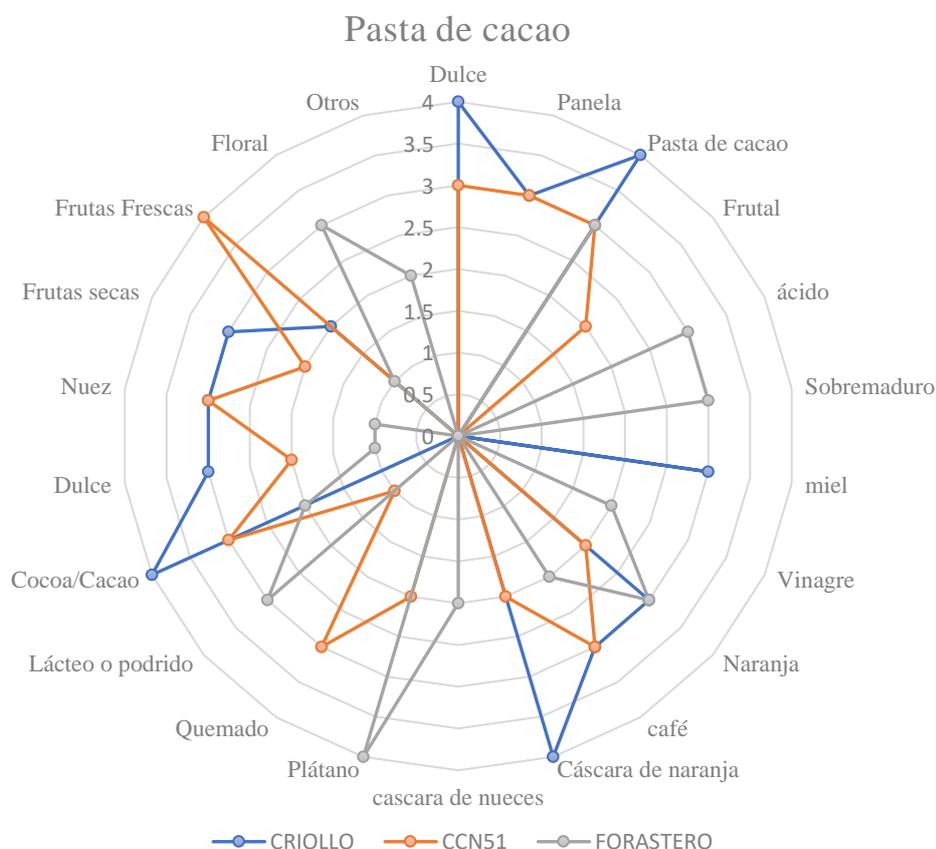
Tabla 2 Análisis sensorial de la pasta de cacao

PASTA CACAO	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Sabor	Pos Gusto	Catador	Aceptabilidad general
CRIOLLO	7,50 ± 0,57	6,75 ± 0,50	6,00 ± 0	6,50 ± 0,57	20,50 ± 1,91	13,5 ± 1,00	7,25 ± 0,50	7,00 ± 0,81	9,31 ± 0,49
CCN51	6,50 ± 0,57	6,00 ± 0	5,75 ± 0,50	6,25 ± 1,25	18,50 ± 2,82	12,00 ± 0	6,50 ± 0,57	6,25 ± 0,50	8,46 ± 0,80
FORASTERO	6,00 ± 0,81	5,50 ± 0,57	5,50 ± 0,57	5,00 ± 0,81	15,50 ± 1,91	11,50 ± 1,00	6,00 ± 0	5,75 ± 0,50	7,59 ± 0,77

Todos los valores se muestran como media ± desviaciones estándar (n = 3).

La figura 1 muestra la evaluación del análisis sensorial de las pastas de cacao criollo, CCN51 y forastero por categoría. La evaluación de los panelistas entrenados en base a sus atributos (aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos, sabor y post gusto), y percepción de las muestras, se determinó que la pasta de cacao criollo es muy aceptable por sus atributos en sabor, aroma y post gusto, predominando cacao/cocoa, dulce, nuez, frutas frescas, miel y pasta de cacao. Además, no presentan ningún defecto en la muestra. La pasta de cacao CCN51 demuestra los mismos atributos de la pasta de cacao criollo, sin embargo, presentan valores medios por la intensidad del mismo cacao. La pasta de cacao forastero es la muestra de menor aceptación por sus altas percepciones e intensidades a astringencia, aroma, sabor, acidez y post gusto, predominando a lácteo o podrido, fermentado, plátano y sobremaduro.

Figura 1 Análisis sensorial de la pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero por categoría



3.2. Análisis sensorial del Chocolate oscuro a diferentes concentraciones

En la tabla 3, nos muestra los resultados para el análisis sensorial del chocolate oscuro a diferentes concentraciones (70, 75 y 80) %. Los chocolates oscuros al 80% de pasta de cacao criollo se caracterizó por tener altos valores en sabor, aroma y post gusto. Así mismo, se destacó por bajas intensidades de acidez, amargor, astringencia y ningún defecto, destacando entre los otros dos porcentajes. En el chocolate oscuro con pasta de cacao CCN51 se destacó la concentración de 80% por tener intermedios valores en sabor, aroma y post gusto. También, se destacó por media intensidad de acidez, amargor, astringencia y defectos. El chocolate oscuro elaborado con la pasta de cacao forastero predominó la concentración del 75% presentando características altas en intensidad de acidez, amargor y sensación de astringencia y bajos valores en sabor, aroma y post gusto.

Tabla 3 Análisis sensorial de un chocolate oscuro con diferentes porcentajes de pasta de cacao (70%, 75% y 80%) en tres tipos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero

CHOCOLATE	Factor	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Sabor	Pos Gusto	Catador	Aceptabilidad general
CRIOLLO	70%	7,75 ± 0,50	8,00 ± 0,82	7,25 ± 0,50	6,50 ± 0,58	20,00 ± 0	17,5 ± 1,00	7,50 ± 0,58	7,25 ± 0,95	81,75 ± 0,62
	75%	7,50 ± 0,58	7,00 ± 0,82	7,75 ± 0,95	7,50 ± 0,58	20,00 ± 0	14,75 ± 0,96	7,25 ± 0,50	8,00 ± 0,81	79,75 ± 0,65
	80%	8,00 ± 0,82	7,50 ± 1,29	7,50 ± 0,57	8,25 ± 0,50	20,00 ± 0	16,50 ± 1,00	7,75 ± 0,50	8,50 ± 0,57	84,00 ± 0,66
CCN51	70%	6,25 ± 0,96	5,50 ± 0,58	6,25 ± 0,50	6,75 ± 0,50	19,5 ± 1,00	14,50 ± 0,57	6,50 ± 0,58	6,25 ± 0,50	71,50 ± 0,64
	75%	6,00 ± 0,81	5,75 ± 0,50	6,25 ± 0,50	6,75 ± 0,95	19,75 ± 0,05	13,50 ± 1,00	6,50 ± 0,58	6,25 ± 0,50	70,75 ± 0,66
	80%	6,50 ± 0,57	6,25 ± 0,50	7,50 ± 0,58	6,50 ± 0,57	19,5 ± 1,00	14,25 ± 0,50	6,50 ± 0,58	6,75 ± 0,96	73,75 ± 0,65
FORASTERO	70%	6,00 ± 0,82	5,50 ± 0,57	5,50 ± 0,58	5,00 ± 0,81	16,50 ± 1,00	11,50 ± 1,00	6,00 ± 0	5,75 ± 0,50	61,75 ± 0,66
	75%	5,75 ± 0,50	6,25 ± 0,50	7,00 ± 0,81	6,00 ± 0	15,50 ± 1,91	11,50 ± 1,91	5,50 ± 0,57	6,25 ± 0,50	63,75 ± 0,84
	80%	6,50 ± 0,58	5,50 ± 0,57	6,75 ± 0,50	6,50 ± 0,58	14,50 ± 1,00	11,50 ± 1,00	5,50 ± 0,57	6,75 ± 0,95	63,50 ± 0,72

Todos los valores se muestran como media ± desviaciones estándar (n = 2).

La figura 2 muestra la evaluación del análisis sensorial de los chocolates oscuros a 70% con pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero por categoría. La evaluación de los panelistas entrenados en base a sus atributos (aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos, sabor y post gusto), y percepción de las muestras, se determinó que el chocolate oscuro con pasta de cacao criollo es aceptable por sus atributos en sabor, aroma y post gusto, predominando cacao/cocoa, miel y pasta de cacao. Sin embargo, en esta evaluación se ha podido determinar que la intensidad en esta muestra ha sido muy bajas. Pero ha logrado sobresalir en base a los chocolates con pasta de cacao CCN51 y forastero. El chocolate con pasta de cacao CCN51, baja su calidad por el sabor a lácteo y un aroma a quemado. Sin embargo, el chocolate con pasta de cacao forastero tiene las peores percepciones por los panelistas entrenados por su alta intensidad a plátano, lácteo o podrido, acidez y vinagre. Casi similar sucede para los chocolates oscuros a 75% (figura 3). Sin embargo, dentro de los atributos evaluados por los panelistas entrenados, se logra obtener un mayor valor en intensidad de las muestras, aludiendo que el chocolate oscuro con pasta de cacao criollo es de mejor calidad. Para los chocolates a 80% con pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero (figura 4), el chocolate de mejor calidad determinados por los panelistas entrenados es el chocolate con pasta de cacao criollo, predominando con alta intensidad a cacao/cocoa, dulce, nuez, frutas frescas, miel y pasta de cacao, sin defectos y menor acidez.

Figura 2 Análisis sensorial del chocolate oscuro por categoría a 70% de pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero

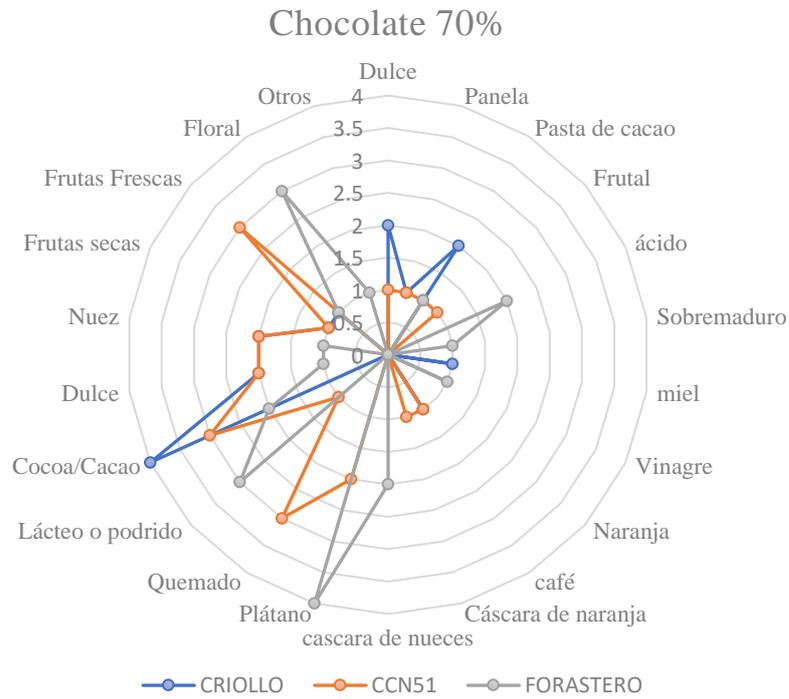


Figura 3 Análisis sensorial del chocolate oscuro por categoría a 75% de pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero

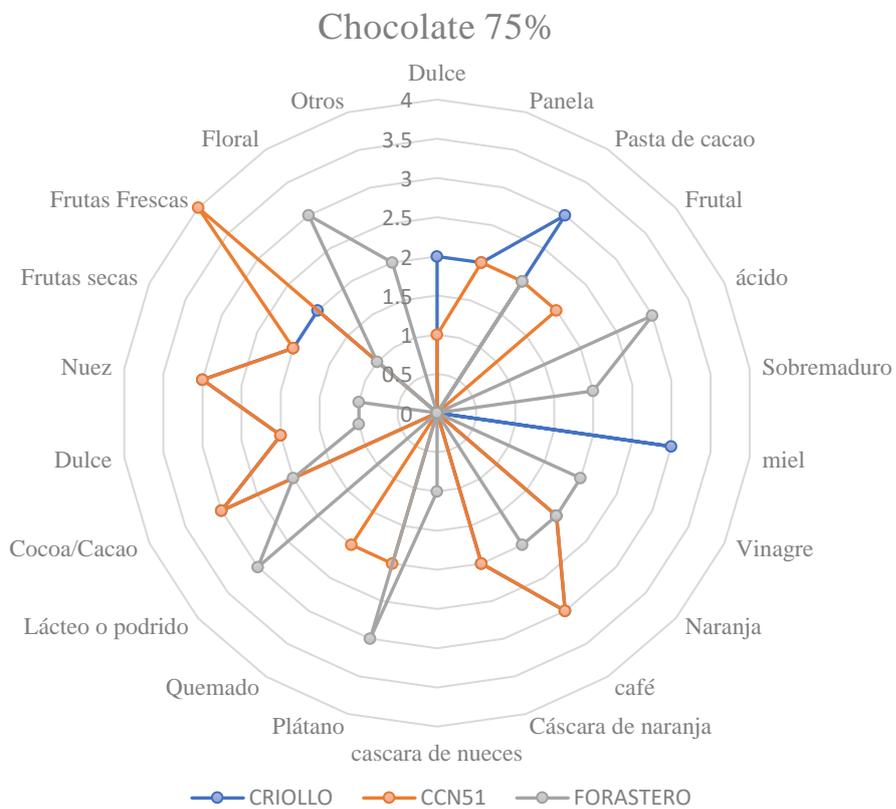
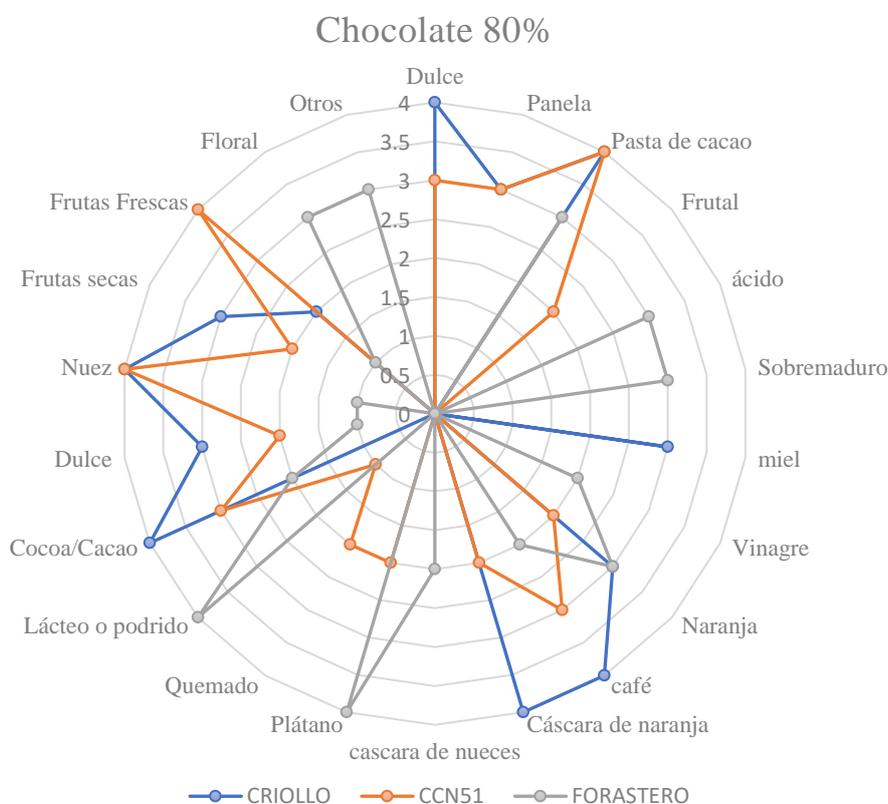


Figura 4 Análisis sensorial del chocolate oscuro por categoría a 80% de pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero



3.3. Análisis reológico de la pasta de cacao

La tabla 4 muestra la viscosidad plástica de Casson y el límite elástico para las pastas de cacao criollo, CCN51 y forastero. Para la viscosidad plástica de Casson de la pasta de cacao criollo (5,54 Pa.s) no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) a la pasta de cacao forastero (7,66 Pa.s). Sin embargo, fue significativamente diferente ($p < 0,05$) a la pasta de cacao CCN51 (7,55 Pa.s). Lo mismo sucede con el límite elástico de Casson.

Tabla 4 Valores reológicos de la pasta de cacao en tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero.

Factor	Viscosidad plástica de Casson (Pa.s)	Límite elástico de Casson (Pa)
Pasta de cacao - Criollo	5,54 ± 0,53a	13,27 ± 1,70a
Pasta de cacao - CCN51	7,55 ± 0,70b	19,15 ± 0,48b
Pasta de cacao - Forastero	7,66 ± 1,01a	19,75 ± 3,09a

Todos los valores se muestran como media ± desviaciones estándar (n = 3).

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

3.4. Análisis reológico del chocolate oscuro

La tabla 5 presenta los valores reológicos de viscosidad plástica y límite elástico para todos los chocolates oscuros de los tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero. De los datos presentados, el valor de viscosidad del chocolate oscuro con 70% de pasta de cacao criollo (2,35 Pa.s) fue significativamente diferente ($p < 0,05$) al mismo chocolate oscuro en sus diferentes concentraciones 75% (1,51 Pa.s) y 80% (1,03 Pa.s), también de los chocolates CCN51 y forastero en sus 3 concentraciones diferentes de pasta de cacao (70, 75 y 80)%. El chocolate oscuro con 75% de pasta de cacao criollo (1,51 Pa.s) y CCN51 (1,49 Pa.s) no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, El chocolate oscuro con 80% de pasta de cacao criollo (1,03 Pa.s) fue significativamente igual ($p < 0,05$) a los chocolates oscuros con 80% de pasta de cacao CCN51 (1,15% Pa.s) y forastero (1,05 Pa.s). Sin embargo, no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) en la viscosidad plástica del chocolate oscuro con 70% de pasta de cacao CCN51 (2,08 Pa.s) y el chocolate oscuro con 70% y 75% de pasta cacao forastero (2,08 Pa.s) y (1,98 Pa.s). Para el límite elástico de Casson, no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las muestras de chocolates oscuros con 80% de pasta de cacao criollo (27,84 Pa), 75% de pasta de cacao CCN51 (27,79 Pa) y 80% de pasta de cacao forastero (25,12 Pa). Sin embargo, el chocolate oscuro con 70% y 75% de pasta de cacao criollo (42,38 Pa) y (29,52 Pa) fue significativamente diferente ($p < 0,05$) al chocolate oscuro con 70% y 80% de pasta de cacao CCN51 (39,56 Pa) y (23,64 Pa) y chocolate oscuro con 70% y 75% de pasta de cacao forastero (34,84 Pa) y (35,34 Pa).

Tabla 5 Valores reológicos del chocolate oscuro con diferentes porcentajes de pasta de cacao (70, 75 y 80) % en tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero.

Chocolate	Factor	Viscosidad plástica de Casson (Pa.s)	Límite elástico de Casson (Pa)
CRIOLLO	70%	2,35 ± 0,05a	42,38 ± 2,04a
	75%	1,51 ± 0,03c	29,52 ± 0,816c
	80%	1,03 ± 0,06d	27,84 ± 0,977cd
CCN51	70%	2,08 ± 0,08b	39,56 ± 2,98ab
	75%	1,49 ± 0,08c	27,79 ± 1,89cd
	80%	1,15 ± 0,02d	23,64 ± 1,103d
FORASTERO	70%	2,08 ± 0,09b	34,83 ± 1,69b
	75%	1,98 ± 0,16b	35,34 ± 2,34b
	80%	1,05 ± 0,03d	25,12 ± 1,60cd

Todos los valores se muestran como media ± desviaciones estándar (n = 3).

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

3.5. Distribución de tamaño de partículas de la pasta de cacao en tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero

La tabla 6 muestra los resultados de la distribución del tamaño de partículas para las pastas de cacao criollo, CCN51 y forastero. Para la pasta de cacao criollo D10 a 5,76 μm no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) a la pasta de cacao forastero 3,89 μm . Sin embargo, fue significativamente diferente ($p < 0,05$) a la pasta de cacao CCN51 de 3,55 μm . Lo mismo sucede para la distribución D50. Para pastas D90 no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las muestras.

Tabla 6 Distribución del tamaño de partícula de la pasta de cacao en tres tipos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero

Factor	D ₁₀ [μm]	D ₅₀ [μm]	D ₉₀ [μm]
Pasta de cacao - Criollo	5,76 \pm 0,42b	37,93 \pm 6,32b	261,78 \pm 4,86a
Pasta de cacao - CCN51	3,55 \pm 0,47a	17,18 \pm 5,36a	253,68 \pm 16,53a
Pasta de cacao - Forastero	3,89 \pm 0,42b	19,24 \pm 3,26b	257,5 \pm 22,10a

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

3.6. Distribución de tamaño de partículas del chocolate oscuro

En la tabla 7 muestra los resultados de la distribución del tamaño de partícula del chocolate oscuro con pastas de cacao criollo, CCN51 y forastero. De los datos presentados, el D10 en chocolate oscuro a 70% de pasta de cacao criollo a 3,97 μm no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los chocolates de 70% y 80% de pasta de cacao CCN51 y el chocolate a 70% de pasta de cacao forastero. Sin embargo, fue significativamente diferente ($p < 0,05$) al chocolate oscuro con 75% y 80% de pasta de cacao forastero (3,31 y 3,28) μm respectivamente, al chocolate oscuro a 75% de pasta de cacao CCN51 (3,51 μm) y al chocolate oscuro con 75% y 80% de pasta de cacao criollo (3,55 y 3,35) μm sucesivamente. Para los chocolates oscuros con D50 no hay diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las muestras. Sin embargo, en D90 el chocolate oscuro a 70% de pasta de cacao forastero fue significativamente diferente ($p < 0,05$) a las concentraciones de 75% y 80% del mismo chocolate (28,61 y 28,19) μm , y de los chocolates oscuros en sus tres concentraciones (70, 75 y 80) % de pasta de cacao criollo y CCN51.

Tabla 7 Distribución de tamaño de partícula del chocolate oscuro con diferentes porcentajes de pasta de cacao (70%, 75% y 80%) en tres tipos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero.

Chocolate	Factor	D ₁₀ [μm]	D ₅₀ [μm]	D ₉₀ [μm]
Criollo	70%	3,97 ± 0,25ab	15,21 ± 1,81a	49,29 ± 3,91b
	75%	3,55 ± 0,26b	12,49 ± 1,39a	36,10 ± 4,29b
	80%	3,35 ± 0,00b	11,69 ± 0,23a	32,57 ± 1,56b
CCN51	70%	3,79 ± 0,11ab	13,94 ± 1,07a	39,17 ± 4,34b
	75%	3,51 ± 0,10b	12,47 ± 0,54a	35,51 ± 3,78b
	80%	3,86 ± 0,60ab	15,19 ± 4,44a	34,89 ± 4,40b
Forastero	70%	4,79 ± 0,89a	23,15 ± 13,04a	118,10 ± 39,70a
	75%	3,31 ± 0,25b	10,98 ± 1,46a	28,61 ± 6,06b
	80%	3,28 ± 0,02b	10,83 ± 0,06a	28,19 ± 3,62b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Los chocolates oscuros con pastas de cacao Criollo, CCN51 y Forastero generalmente tenían una distribución de tamaño de partícula más pequeña, posiblemente debido a la ausencia de sólidos de cacao. Los rangos de valores D₁₀ de 3,28 μm a 3,79 μm; rango de valores D₅₀ de 10,83 μm a 13,94 μm; y rango de valores D₉₀ de 28,19 μm a 36,10 μm. Estos datos mostraron una gran diferencia en el efecto de agregar los insumos para la elaboración del chocolate en términos de distribución de tamaño de partícula, por lo tanto, se pudo lograr una experiencia de sensación en la boca durante el análisis sensorial.

IV. DISCUSIONES

1. Análisis sensorial

La tabla 2 muestra los resultados del análisis sensorial de los panelistas entrenados hacia las pastas de cacao criollo, CCN51 y forastero. De los datos obtenidos, la pasta de cacao criollo 9,31 revela una mayor aceptabilidad por los panelistas entrenados y una ligera diferencia a la pasta de cacao CCN51 8,46. Esto se debe que los granos de cacao Criollo y CCN51, interfieren en sus propias características de la variedad y proceso de elaboración de la pasta. La pasta de cacao Criollo con mayor intensidad, predominan por su sabor y aroma muy dulce y apasta de cacao, además, de no presentar ningún defecto en la muestra. En la pasta de cacao CCN51 8,46 presenta un valor intermedio por los panelistas entrenados por sus atributos sensoriales, posiblemente podría deberse a las características propias del grano. Sin embargo, la pasta de cacao Forastero presenta un menor valor de aceptabilidad 7,59 por los panelistas entrenados, debido que presentan una alta intensidad representativa a Lácteo; además, interfieren las propias características del mismo grano, mostrando una mayor intensidad de astringencia disminuyendo su calidad. En la ilustración 1, se observa un gráfico radial de las diferentes percepciones de las tres pastas de cacao (Criollo, CCN51 y Forastero) para un mejor análisis y toma de decisión. Indica que la pasta de cacao Criollo presenta mejores atributos que las pastas de cacao de CCN51 y Forastero, teniendo percepciones altas a cacao/cocoa, dulce, nuez, frutas secas, frutas frescas y post gusto, y destacando por sus bajas intensidades de acidez, amargor y sensación a astringencia. En cambio, la pasta de cacao CCN51 con percepciones intermedios a cocoa/cacao, dulce, nuez, especias y otros, se destacó por sus intensidades medios de acidez, amargor, post gusto y astringencia. Y por último se tiene a la pasta de cacao Forastero con percepciones bajos en nuez, frutas secas, frutas frescas y floral, no se destacó por su alta intensidad de acidez, amargor y astringencia. Probablemente debido a las mismas características propias del grano del cacao Forastero y la fermentación.

En la tabla 3 se muestra el análisis sensorial del chocolate oscuro a tres porcentajes de pasta de cacao (70, 75 y 80) %. El chocolate oscuro con pasta de cacao Criollo de 80 % se caracterizó por un alto sabor a cacao, fruta fresca, frutos secos, dulzura a nuez, aroma y post gusto. También se caracterizó por su baja acidez, amargor y astringencia, y sin defectos. El chocolate oscuro de 80% de pasta de cacao CCN51 fue descrito como intermedio entre los sabores de cacao, nuez y frutos secos, aroma y retrogusto.

También se caracterizó por una acidez moderada, amargor, astringencia e imperfección. El chocolate oscuro con pasta de cacao Forastero 75%, en cambio, mostró características contrastantes. Agrio, amargo y astringente fueron altos, y cacao, fruta fresca, frutos secos, nueces y dulce fueron valores bajos. En cuanto al sabor de la flor (naranja), el modelo de evaluación dio una fuerte impresión.

2. Comportamiento reológico

La tabla 4 muestra la viscosidad plástica de Casson y el límite elástico para las pastas de cacao criollo, CCN51 y forastero. A partir de los datos, podemos determinar que los valores reológicos en la viscosidad plástica coinciden con lo mencionado por (Ramos Quevedo, 2013), que indica que los valores de viscosidad disminuyen cuando aumentan la temperatura de comprensión.

El comportamiento reológico en la pasta de cacao se comporta como un flujo no newtoniano, donde afirma (Ramos Quevedo, 2013), que debido al aumento de temperatura de comprensión, a 40°C el esfuerzo de cizura reduce a valores de 3.05 D/cm² y 5.01 D/cm² y a una temperatura de 80°C el esfuerzo de corte disminuye a 2.11 D/cm² y 3.13 D/cm² respectivamente, revelando conductas equivalentes. Por ello, la pasta de cacao forastero y CCN51 presentan un valor alto en viscosidad 7,66 Pa.s y 7,55 Pa.s respectivamente, aduciendo que nuestra muestra ha sido realizado a temperaturas de 40°C; y que probablemente disminuiría la viscosidad plástica si aumentáramos la temperatura de comprensión. Una explicación probable de que la pasta de cacao forastero y CCN51 tienen la viscosidad más alta podrían deberse al triglicérido con alto contenido de ácido esteárico en el cacao. Según (Bahari & Akoh, 2018), mostraron que el ácido esteárico tiene la mayor viscosidad entre otros ácidos grasos saturados a la misma temperatura, por ello, en nuestros resultados la pasta de cacao forastero presenta mayor valor de viscosidad 7,66 Pa.s porque presentan 34% ácido esteárico (Beckett, 2019).

Los valores de viscosidad en la pasta de cacao criollo fueron más bajos que las demás pastas de cacao, posiblemente debido algunos factores como la ausencia de sólidos de cacao, tamaño y distribución de las partículas sólidas, contenido de humedad y contenido de grasa (Vásquez et al., 2019). Para el límite elástico de Casson, la pasta de cacao criollo 13,27 Pa no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) a la pasta de

cacao forastero (19,75 Pa). Una de las principales razones podría ser que, dado que la pasta de cacao es un compuesto tixotrópico, tomó tiempo después de la primera prueba para volver a la viscosidad original (Bahari & Akoh, 2018)

Para (Alegría Vargas, 2015; Peláez et al., 2016; Plúa Cuesta, 2010), la molienda tiene como objetivo reducir el tamaño de partícula a 75 μm , debido al contenido graso del cacao que es superior al 51% y por el calor generado por la fricción durante la molienda, transformándose en una pasta fluida llamada Licor de Cacao o pasta de cacao. Por lo tanto, en nuestras muestras de pasta de cacao, obtuvimos valor de D_{10} , D_{50} y D_{90} con (3,55, 17,18 y 253,68) μm respectivamente. Concluyendo que para poder llegar al tamaño ideal de la pasta se debió pasar dos o tres veces más por la molienda; además, del tipo de molino en su proceso. Además, logramos determinar que ha menor tamaño de partícula, mayor es viscosidad plástica de Casson.

Al igual que la pasta de cacao, el chocolate oscuro presenta un fluido no newtoniano. La tabla 5 presenta los valores reológicos de viscosidad plástica y límite elástico para todos los chocolates oscuros de los tres tipos de cacao criollo, CCN51 y forastero. Se puede observar que la viscosidad plástica de Casson disminuyó a medida que disminuye las concentraciones de emulsionantes (10% de azúcar), esto se debe a que las propiedades reológicas se ven afectados por algunos factores como el tamaño y distribución de las partículas sólidas, contenido de humedad, contenido de grasa y adición de agentes emulsionantes. (Afoakwa et al., 2007; Bahari & Akoh, 2018). Por ello, (Glicerina et al., 2016), afirma que la reología se rige por la cantidad de grasa y el grado de agregación de la estructura. Cuanto más agregada es la estructura del chocolate, mayores son los valores reológicos (principalmente, límite elástico y viscosidad) (Fernandes et al., 2013).

En la tabla 5 muestra la viscosidad plástica de Casson y el límite elástico. El chocolate oscuro con 70% de pasta de cacao criollo presentó la mayor viscosidad 2,35 Pa.s y los chocolates con 70% de pasta de cacao CCN51 y forastero tuvieron valores de viscosidad similares 2,08 Pa.s. Una posible definición de la pasta de cacao criollo de mayor viscosidad puede deberse al contenido de triglicéridos con alto contenido de ácido esteárico en el chocolate oscuro Criollo.

3. Distribución de tamaño de partícula

Las pastas de cacao CCN51 generalmente tenía una distribución de tamaño de partícula más pequeña, probablemente debido a la ausencia de sólidos de cacao permitiendo incrementar su viscosidad plástica y límite elástico. Rango de valores D_{10} de 3,55 a 3,89 μm ; rango de valores D_{50} de 17,18 a 19,24 μm y rango de valores D_{90} de 253,68 a 257,5 μm . Estos datos mostraron mucha diferencia entre las pastas de cacao Criollo (5,76 μm), de las pastas de cacao CCN51 y Forastero, por lo tanto, podemos determinar que las pastas de cacao CCN51 y Forastero mostrarían mejores resultados en su análisis sensorial (Tabla 6). Mientras que la pasta de cacao Criollo debería mostrar resultados desagradables en su análisis sensorial. En el chocolate oscuro, la distribución del tamaño de partícula y la composición de ingredientes juega un papel importante en las propiedades reológicas y en la percepción sensorial (Afoakwa, 2016). Las características sensoriales mejoran cuando se trata de tamaños de partículas pequeños, pero incrementa la viscosidad plástica y el esfuerzo de fluencia, debido a que las partículas en contacto con la manteca de cacao ocupan mayor área superficial (Afoakwa, 2016; Beckett, 2019; Vásquez et al., 2019). Partículas grandes brindan mejores propiedades reológicas, pero pueden ser desagradables sensorialmente.

En la tabla 7 se presentan los resultados del tamaño de partícula del chocolate oscuro con pasta de cacao criollo, CCN51 y forastero, indicando que el chocolate oscuro con mejor atributo sensorial debería ser el chocolate elaborado con pasta de cacao forastero por su distribución de menor tamaño. En donde, afirma (Fernandes et al., 2013) que para que el chocolate tenga una textura suave como la seda, la distribución del tamaño de las partículas debe ser entre 20 a 30 μm .

V. CONCLUSIONES

El análisis de componentes principales de las pastas de cacao permitió evidenciar la correlación existente entre las características sensorialmente agradables (cacao, nuez, fruta fresca, fruta seca), así como entre las características poco apetecibles (amargor, acidez, astringencia). Identificando así, la pasta de cacao Criollo con mayor aceptación por los panelistas entrenados, seguido de la pasta de cacao CCN51. Sin embargo, la pasta de cacao Forastero por su alta intensidad en amargor, acidez y astringencia representa la pasta menos aceptable y de menor de calidad.

El análisis sensorial del chocolate oscuro, no influyen sus propiedades organolépticas a un 80% de pasta de cacao para los cacaos: criollo, CCN51 y forastero. Aludiendo que ha mayor concentración de pasta de cacao >80%, se evidencia los mejores atributos de la variedad del grano. Siendo el caso para el chocolate con 80% de pasta de cacao criollo, sus valores predominantes fueron altos, seguido del chocolate con 80% de pasta de cacao CCN51.

Tomando en cuenta los antecedentes estudiados, podemos concluir que la mejor pasta de cacao con un análisis sensorial aceptable, por su comportamiento reológico y distribución del tamaño de partícula, es el cacao CCN51 por sus percepciones intermedios a cocoa/cacao, dulce, nuez, especies y otros. También, se destacó por sus intensidades medios de acidez, amargor, post gusto y astringencia.

Según los antecedentes estudiados, el cacao CCN51 presenta mayor aceptación en sus propiedades reológicas y distribución del tamaño de partículas, aunque en el análisis sensorial tiene una aceptabilidad media. Concluyendo que la pasta de cacao CCN51 por la distribución del tamaño de partícula, representa mejor las propiedades reológicas, por ende, los productos a base de este cacao podrían ser de calidad para el consumidor.

También, se pudo determinar que la pasta de cacao Forastero presenta una mejor distribución del tamaño de partícula, pero más no presenta propiedades reológicas y sensorialmente buenas.

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. (2016). *Chocolate Science and Technology*. John Wiley & Sons.
- 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., & Ryan, A. (2008). Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate: A Critical Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840-857. <https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- Alegría Vargas, E. A. (2015). Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao (*Theobroma cacao*). <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9130>
- 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. (2006). *The Science of Chocolate (Lengua Española)*. he Royal Society of Chemistry. https://www.google.com/search?q=CIENCIA+DEL+CHOCOLATE&source=lmns&bih=903&biw=1899&rlz=1C1CHBF_esPE931PE931&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjkl-DS4cfwAhWXuZUCHfKVAYoQ_AUoAHoECAEQAA
- Beckett, S. T. (2019). *The Science of Chocolate*. Royal Society of Chemistry.

- Bustingorri Murillo, S. (2021). Puesta en marcha de un panel de catadores para el análisis sensorial descriptivo de manzanas autóctonas.
- Caparosa, M. H., & Hartel, R. W. (2019). Structure and Properties of Chocolate. En L. Melton, F. Shahidi, & P. Varelis (Eds.), *Encyclopedia of Food Chemistry* (pp. 61-65). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22525-0>
- Chire-Fajardo, G. C., Ureña-Peralta, M. O., García-Torres, S. M., & Hartel, R. W. (2019). Optimización de la formulación de chocolate oscuro a partir de la mezcla de granos de cacao y contenido de cacao aplicando método de superficie de respuesta. *Enfoque UTE*, 10(3), 42-54. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n3.432>
- 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>
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2016). Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 169, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.011>
- ICA. (2000). International Confectionery Association. Viscosity of cocoa and chocolate products. Analytical Method. CAOBISCO, B-1000 Bruxells, Belgium, 46- 498.
- Lambert, J. D. (2017). Nutritional and health aspects of chocolate. En *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use* (pp. 521-531). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch22>
- Peláez, P. P., Guerra, S., & Contreras, D. (2016). Cambios en la características físicas y químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao*) fermentados con transferencia

- manual y semi-mecanizada, entre las cajas de fermentación. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 111-119. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.04>
- Plúa Cuesta, J. C. (2010). Diseño de una línea procesadora de pasta de cacao artesanal. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11394>
- Ramos Quevedo, J. (2013). Influencia de la molienda en las propiedades reológicas del licor de cacao. Universidad Nacional de San Martín. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/523>
- Sarmiento, A. M., & del Castillo Zuñiga, R. (2013). Propiedades reológicas de la pasta pura de cacao como indicador de control de calidad en la planta de chocolates de ingeniería química: Vol. II.
- Vásquez, C., Henríquez, G., López, J. V., Penott-Chang, E. K., Sandoval, A. J., & Müller, A. J. (2019). The effect of composition on the rheological behavior of commercial chocolates. *LWT*, 111, 744-750. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.101>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis sensorial de la pasta de cacao

Figura 5 Ficha de catación sensorial de cacao



**ANÁLISIS SENSORIAL
DE CACAO**
Ficha de Catación

MUESTRA

CATADOR

FECHA

CATEGORIAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma		0 1 2 3 4 5 			x 1 =
Acidez		0 1 2 3 4 5 			x 1 =
Amargor	INTENSIDAD 0 a 2.5: ≤ 5 en calidad 2.5 a 5: ≤ 5 en calidad	0 1 2 3 4 5 			x 1 =
Astringencia		0 1 2 3 4 5 			x 1 =
Defectos		0 1 2 3 4 5 			x 2 =
Sabor	Cocoa/Cacao	0 1 2 3 4 5 		<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: auto;"></div>	x 2 =
	Dulce	0 1 2 3 4 5 			
	Nuez	0 1 2 3 4 5 			
	Frutas secas	0 1 2 3 4 5 			
	Frutas frescas	0 1 2 3 4 5 			
	Floral	0 1 2 3 4 5 			
	Espicias	0 1 2 3 4 5 			
	Otros				
Pos gusto		0 1 2 3 4 5 			x 1 =
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATADOR		x 1 =
PUNTAJE FINAL					

ESCALA DE INTENSIDAD

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

ESCALA DE CALIDAD

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo	Malo	Regular	Bueno	Excelente						

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS

Nombrar el defecto:
Una reducción de puntos en calidad debe ser justificado en Descriptores.

Relación inversa:
Entre más intenso el sabor defectuoso, se reduce el puntaje en calidad.



 Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. No se permite un uso comercial de la obra ni de las posibles obras derivadas. La distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Proyecto de Desarrollo de Cooperativas USAID-Equal Exchange-TCHO, Versión 2017.

Tabla 8 *Análisis sensorial por categoría*

CACAO	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos
CRIOLLO	Dulce	Cítrico	Café	Cascara de fresa	-
	Panela	Naranja	Café	Cascara de naranja	-
	Miel	Naranja	Café	Cascara de naranja	-
	Pasta de cacao	Naranja	Café	Cascara de naranja	-
CCN51	Dulce	Cítrico	Café	-	Quemado
	Pasta de cacao	Naranja	Cascara de naranja	Cascara de naranja	-
	Panela	-	Lima	Plátano	Lácteo
	Frutal	Cítrico	Café	-	-
FORASTERO	Ácido	Cítrico	Cascara de naranja	Cascara de nueces	Lácteo
	Cocoa	Naranja	Café	Plátano	Lácteo
	Pasta de cacao	Cítrico	Cascara de naranja	Plátano	Crudo
	Cacao	Naranja	Cascara de naranja	Plátano	Lácteo

Tabla 9 *Análisis sensorial de categoría "Sabor"*

SABOR								
CACAO	Cocoa/Cacao	Dulce	Nuez	Frutas secas	Frutas Frescas	Floral	Especies	Otros
CRIOLLO	3	2	3	3	0	0	0	0
	3	2	2	1	0	0	0	0
	3	3	2	0	2	0	1	3
	3	3	3	1	1	0	0	0
CCN51	3	1	1	2	1	0	0	0
	3	1	2	0	1	0	0	0
	2	2	3	2	2	0	0	0
	3	1	2	2	1	0	0	0
FORASTERO	3	1	0	0	1	1	0	0
	3	1	1	1	0	1	0	0
	3	1	1	0	1	2	0	0
	2	1	0	0	0	2	0	0

Anexo2. Comportamiento reológico de la Pasta de cacao

ANOVA unidireccional: Viscosidad plástica de Casson vs. VARIEDAD

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 3 CCN51-R; CRIOLLO-R; FORASTERO-R

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

Factor	2	8.557	4.2784	7.20	0.025
--------	---	-------	--------	------	-------

Error	6	3.566	0.5943		
-------	---	-------	--------	--	--

Total	8	12.123			
-------	---	--------	--	--	--

Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.
--	---------	---------

S	R-cuad. (ajustado)	(pred)
---	--------------------	--------

0.770897	70.59%	60.78%	33.82%
----------	--------	--------	--------

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
--------	---	-------	-----------	-----------

CCN51-R	3	5.539	0.525	(4.449; 6.628)
---------	---	-------	-------	----------------

CRIOLLO-R	3	7.554	0.694	(6.465; 8.643)
-----------	---	-------	-------	----------------

FORASTERO-R	3	7.656	1.012	(6.567; 8.746)
-------------	---	-------	-------	----------------

Desv.Est. agrupada = 0.770897

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
--------	---	-------	------------

FORASTERO-R	3	7.656	A
-------------	---	-------	---

CRIOLLO-R	3	7.554	A
-----------	---	-------	---

CCN51-R	3	5.539	B
---------	---	-------	---

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 6 ICs simultáneos de 95% de Tukey

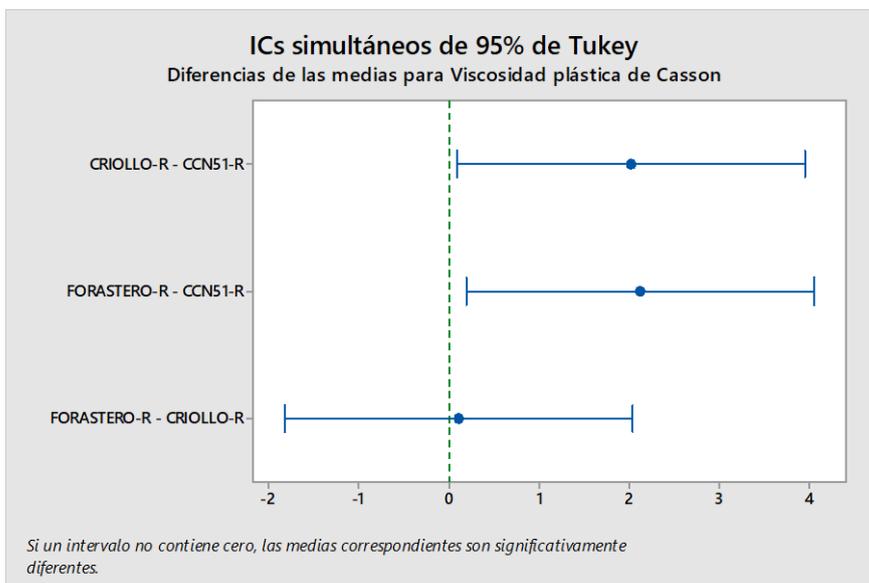


Figura 7 Gráfica de intervalos de Viscosidad plástica de Casson vs. Factor

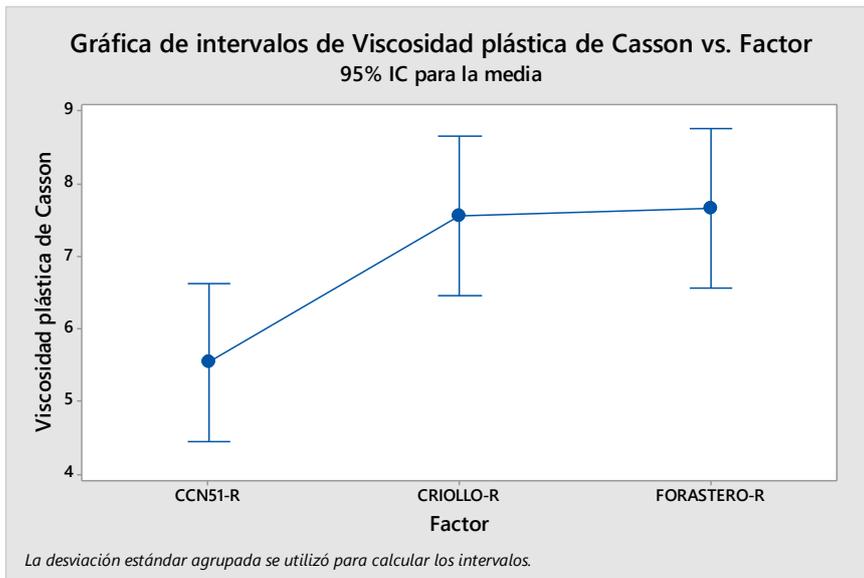
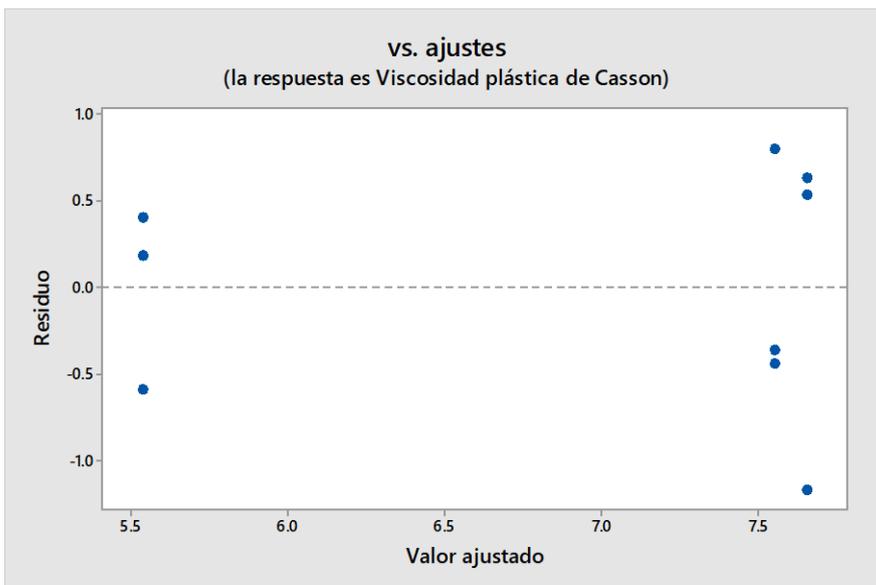


Figura 8 Residuos vs. ajustes para Viscosidad plástica de Casson



ANOVA unidireccional: Limite elástico de Casson vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 3 CCN51-R; CRIOLLO-R; FORASTERO-R

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

Factor	2	76.94	38.468	9.10	0.015
--------	---	-------	--------	------	-------

Error	6	25.35	4.225		
-------	---	-------	-------	--	--

Total	8	102.29			
-------	---	--------	--	--	--

Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.
--	---------	---------

S	R-cuad. (ajustado)	(pred)
---	--------------------	--------

2.05549	75.22%	66.95%	44.24%
---------	--------	--------	--------

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
--------	---	-------	-----------	-----------

CCN51-R	3	13.269	1.701	(10.365; 16.173)
---------	---	--------	-------	------------------

CRIOLLO-R	3	19.152	0.481	(16.248; 22.056)
-----------	---	--------	-------	------------------

FORASTERO-R	3	19.75	3.09	(16.84; 22.65)
-------------	---	-------	------	----------------

Desv.Est. agrupada = 2.05549

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
--------	---	-------	------------

FORASTERO-R	3	19.75	A
-------------	---	-------	---

CRIOLLO-R	3	19.152	A
-----------	---	--------	---

CCN51-R	3	13.269	B
---------	---	--------	---

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 9 ICs simultáneos de 95% de Tukey

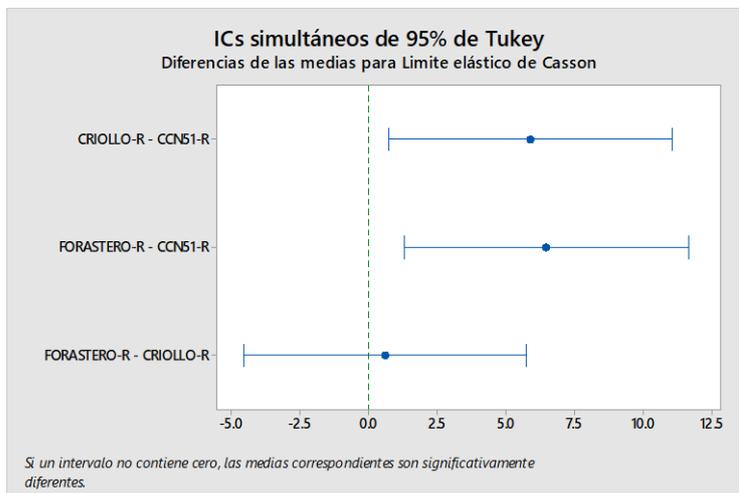


Figura 10 Gráfica de intervalos de Limite elástico de Casson vs. Factor

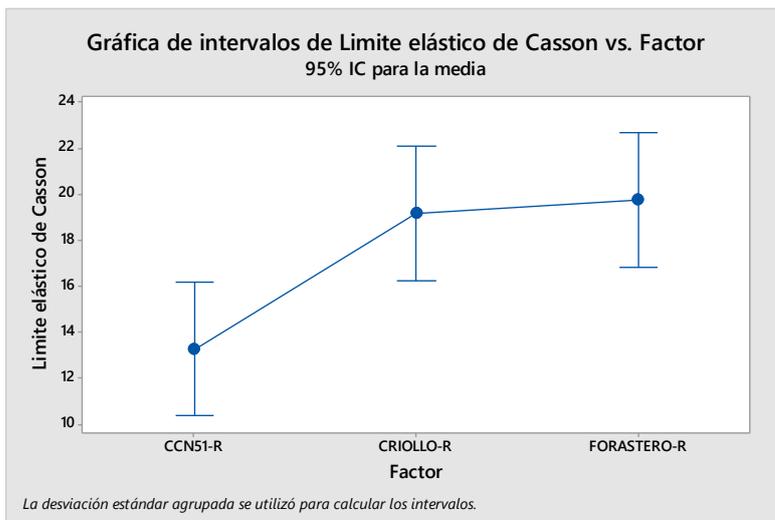
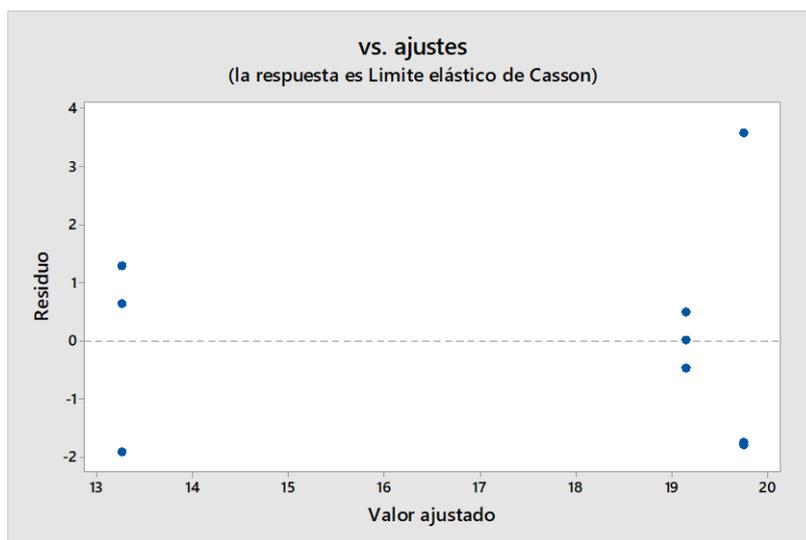


Figura 11 Residuos vs. ajustes para Limite elástico de Casson



Anexo3. Distribución del tamaño de partículas

ANOVA unidireccional: D_{10} [μm] vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 3 CCN51-R; CRIOLLO-R; FORASTERO-R

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

Factor	2	8.504	4.2519	22.19	0.002
--------	---	-------	--------	-------	-------

Error	6	1.150	0.1916		
-------	---	-------	--------	--	--

Total	8	9.653			
-------	---	-------	--	--	--

Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.
--	---------	---------

S	R-cuad. (ajustado)	(pred)
---	--------------------	--------

0.437720	88.09%	84.12%	73.21%
----------	--------	--------	--------

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
--------	---	-------	-----------	-----------

CCN51-R	3	5.763	0.417	(5.145; 6.381)
---------	---	-------	-------	----------------

CRIOLLO-R	3	3.551	0.470	(2.933; 4.169)
-----------	---	-------	-------	----------------

FORASTERO-R	3	3.894	0.424	(3.276; 4.512)
-------------	---	-------	-------	----------------

Desv.Est. agrupada = 0.437720

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
--------	---	-------	------------

CCN51-R	3	5.763	A
---------	---	-------	---

FORASTERO-R	3	3.894	B
-------------	---	-------	---

CRIOLLO-R	3	3.551	B
-----------	---	-------	---

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 12 ICs simultáneos de 95% de Tukey D_{10}

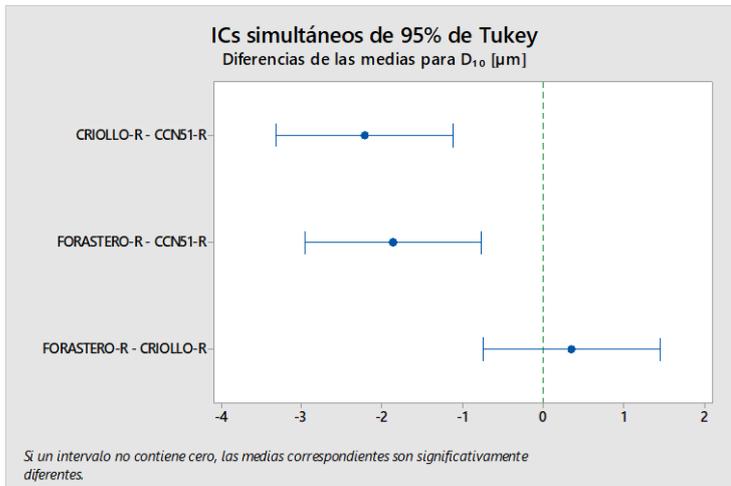


Figura 13 Gráfica de intervalos de D_{10} [μm] vs. Factor

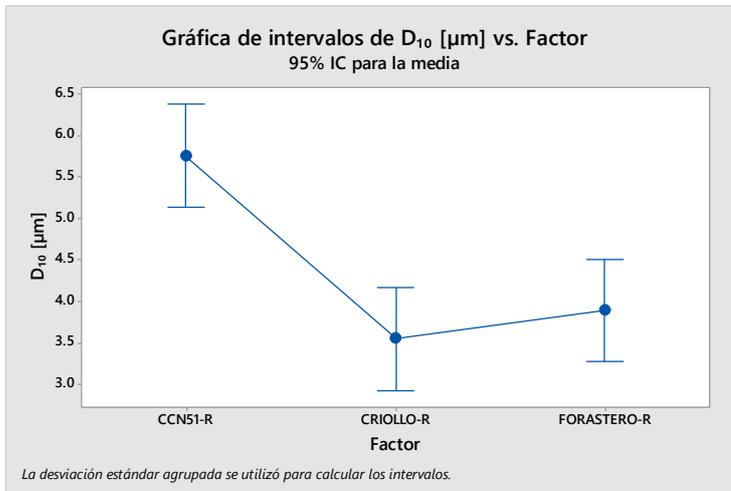
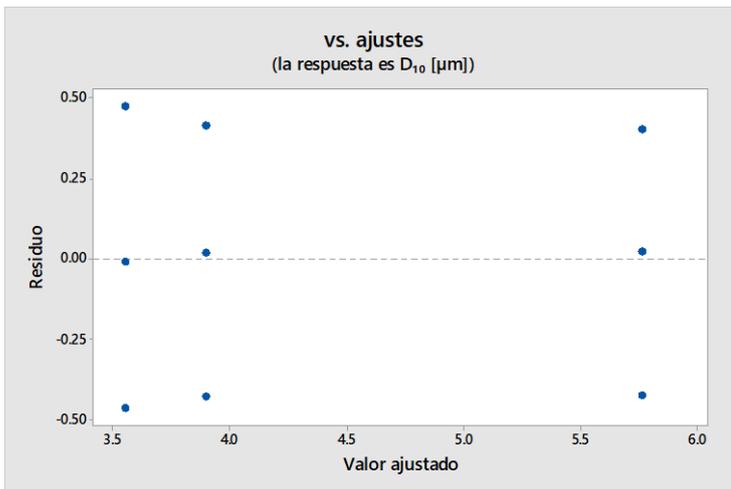


Figura 14 Residuos vs. ajustes para D_{10} [μm]



ANOVA unidireccional: D_{50} [μm] vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 3 CCN51-R; CRIOLLO-R; FORASTERO-R

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

Factor	2	784.5	392.23	14.84	0.005
--------	---	-------	--------	-------	-------

Error	6	158.6	26.44		
-------	---	-------	-------	--	--

Total	8	943.1			
-------	---	-------	--	--	--

Resumen del modelo

R-cuad.	R-cuad.
---------	---------

S R-cuad. (ajustado)	(pred)
----------------------	--------

5.14190	83.18%	77.57%	62.15%
---------	--------	--------	--------

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
--------	---	-------	-----------	-----------

CCN51-R	3	37.93	6.32	(30.67; 45.20)
---------	---	-------	------	----------------

CRIOLLO-R	3	17.18	5.36	(9.91; 24.44)
-----------	---	-------	------	---------------

FORASTERO-R	3	19.24	3.26	(11.98; 26.51)
-------------	---	-------	------	----------------

Desv.Est. agrupada = 5.14190

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
--------	---	-------	------------

CCN51-R	3	37.93	A
---------	---	-------	---

FORASTERO-R	3	19.24	B
-------------	---	-------	---

CRIOLLO-R	3	17.18	B
-----------	---	-------	---

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 15 ICs simultáneos de 95% de Tukey D_{50}

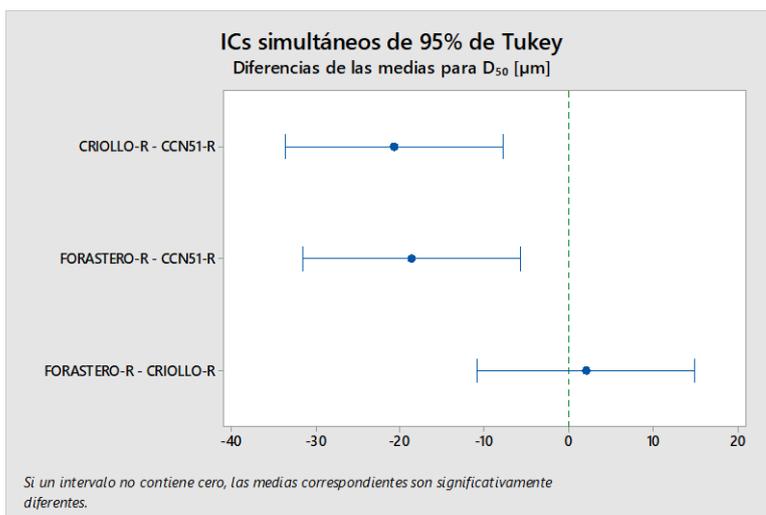


Figura 16 Gráfica de intervalos de D_{50} [μm] vs. Factor

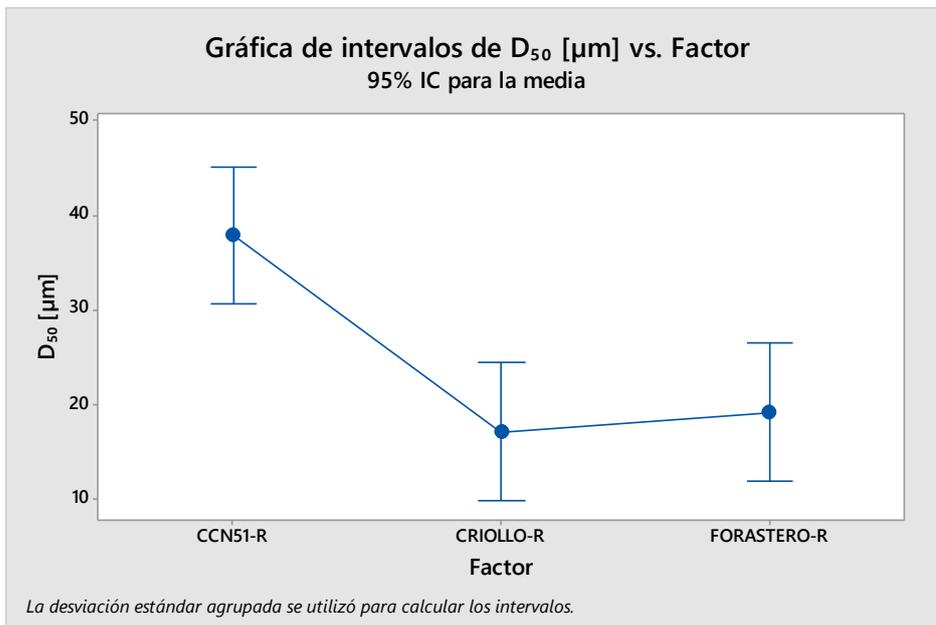
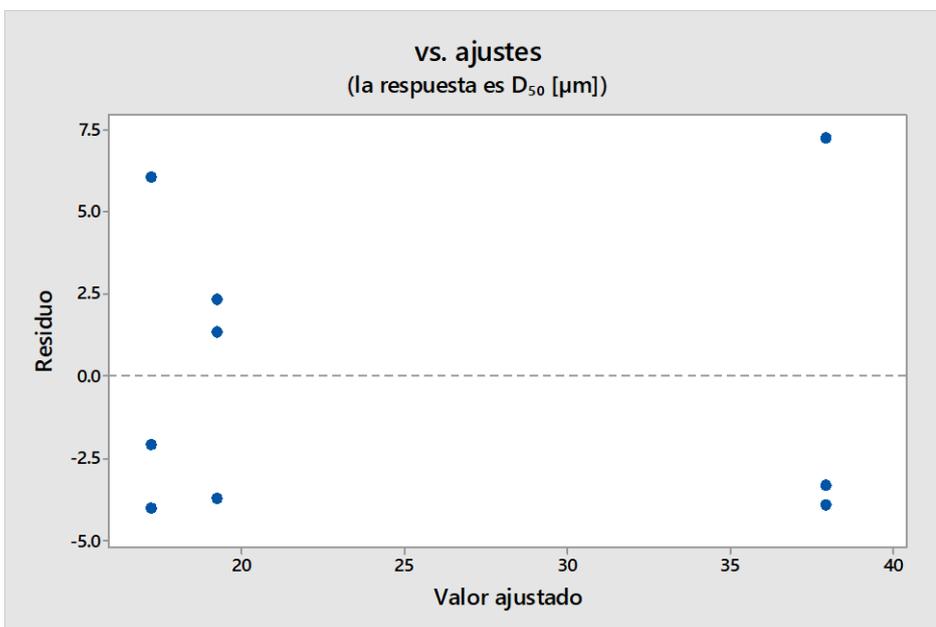


Figura 17 Residuos vs. ajustes para D_{50} [μm]



ANOVA unidireccional: D_{90} [μm] vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 3 CCN51-R; CRIOLLO-R; FORASTERO-R

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

Factor	2	98.38	49.19	0.19	0.834
--------	---	-------	-------	------	-------

Error	6	1572.13	262.02		
-------	---	---------	--------	--	--

Total	8	1670.51			
-------	---	---------	--	--	--

Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.
--	---------	---------

S	R-cuad. (ajustado)	(pred)
---	--------------------	--------

16.1871	5.89%	0.00%	0.00%
---------	-------	-------	-------

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
--------	---	-------	-----------	-----------

CCN51-R	3	261.78	4.86	(238.91; 284.64)
---------	---	--------	------	------------------

CRIOLLO-R	3	253.68	16.53	(230.82; 276.55)
-----------	---	--------	-------	------------------

FORASTERO-R	3	257.5	22.1	(234.6; 280.3)
-------------	---	-------	------	----------------

Desv.Est. agrupada = 16.1871

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
--------	---	-------	------------

CCN51-R	3	261.78	A
---------	---	--------	---

FORASTERO-R	3	257.5	A
-------------	---	-------	---

CRIOLLO-R	3	253.68	A
-----------	---	--------	---

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 18 ICs simultáneos de 95% de Tukey

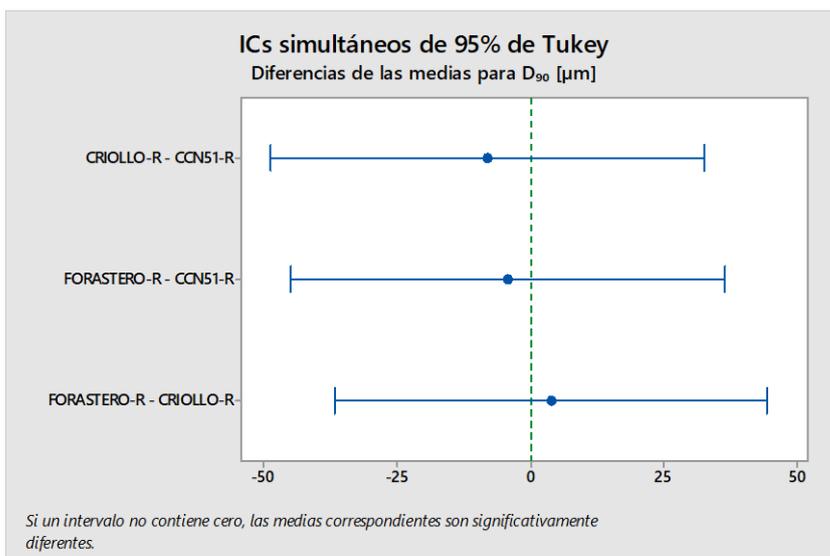


Figura 19 Gráfica de intervalos de D_{90} [μm] vs. Factor

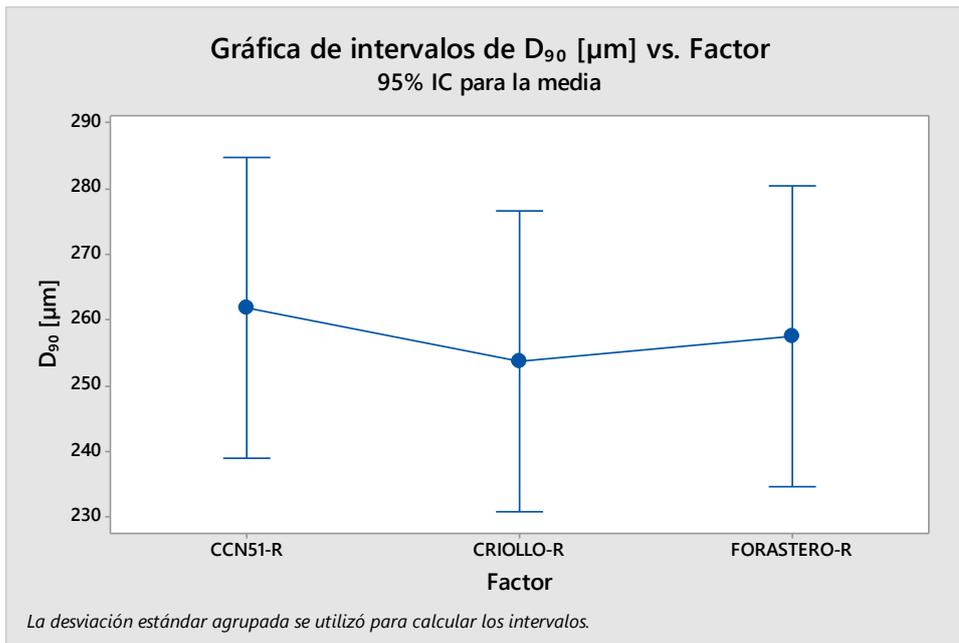
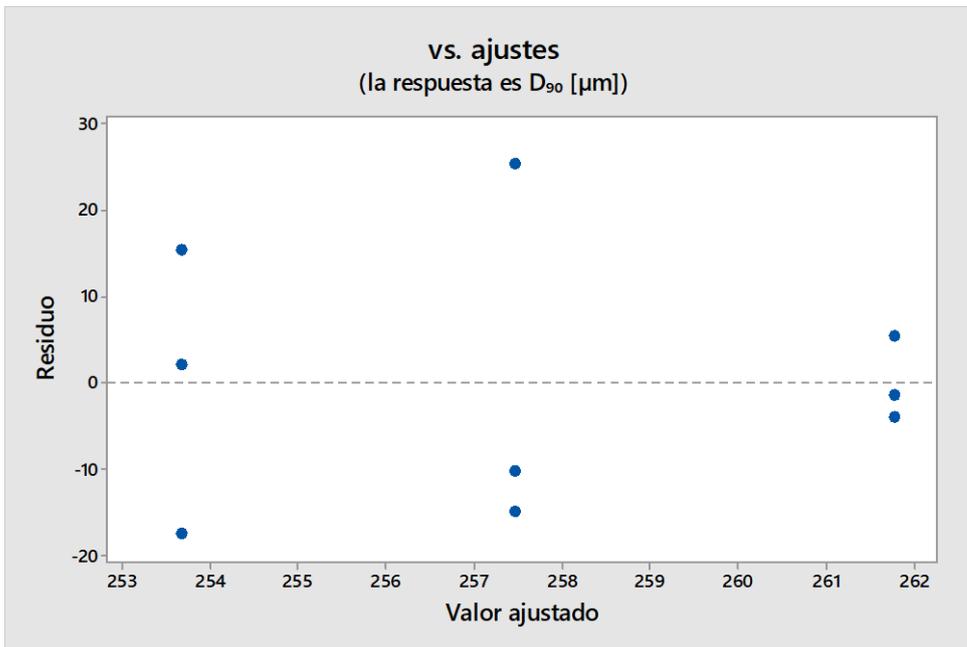


Figura 20 Residuos vs. ajustes para D_{90} [μm]



Anexo4. Comportamiento reológico del Chocolate oscuro

ANOVA unidireccional: Viscosidad plástica de Casson vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 9 CCN51 70%; CCN51 75%; CCN51 80%; CRIOLLO 70%; CRIOLLO 75%; CRIOLLO 80%;

FORASTERO 70%; FORASTERO 75%; FORASTERO 80%

Análisis de Varianza

Fuente GL SC Ajust. MC Ajust. Valor F Valor p

Factor 8 5.9771 0.747134 114.57 0.000

Error 18 0.1174 0.006521

Total 26 6.0945

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.0807552 98.07% 97.22% 95.67%

Medias

Factor N Media Desv.Est. IC de 95%

CCN51 70% 3 2.0851 0.0832 (1.9871; 2.1831)

CCN51 75% 3 1.4953 0.0834 (1.3974; 1.5933)

CCN51 80% 3 1.1543 0.0283 (1.0563; 1.2523)

CRIOLLO 70% 3 2.3474 0.0463 (2.2494; 2.4453)

CRIOLLO 75% 3 1.5148 0.0307 (1.4168; 1.6128)

CRIOLLO 80% 3 1.0336 0.0684 (0.9356; 1.1315)

FORASTERO 70% 3 2.0769 0.0952 (1.9789; 2.1748)

FORASTERO 75% 3 1.9851 0.1607 (1.8871; 2.0831)

FORASTERO 80% 3 1.0538 0.0367 (0.9558; 1.1517)

Desv.Est. agrupada = 0.0807552

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

CRIOLLO 70% 3 2.3474 A

CCN51 70% 3 2.0851 B

FORASTERO 70% 3 2.0769 B

FORASTERO 75% 3 1.9851 B

CRIOLLO 75% 3 1.5148 C

CCN51 75% 3 1.4953 C

CCN51 80% 3 1.1543 D

FORASTERO 80% 3 1.0538 D

CRIOLLO 80% 3 1.0336 D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 21 ICs simultáneos de 95% de Tukey

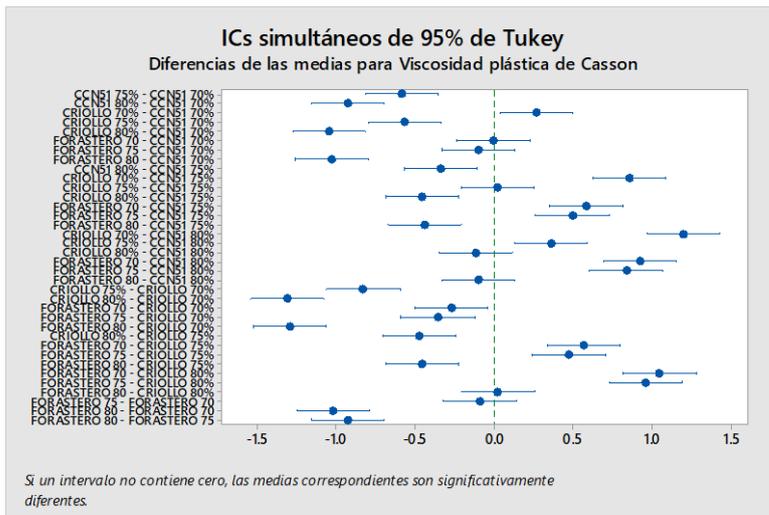


Figura 22 Gráfica de intervalos de Viscosidad plástica de Casson vs. Factor

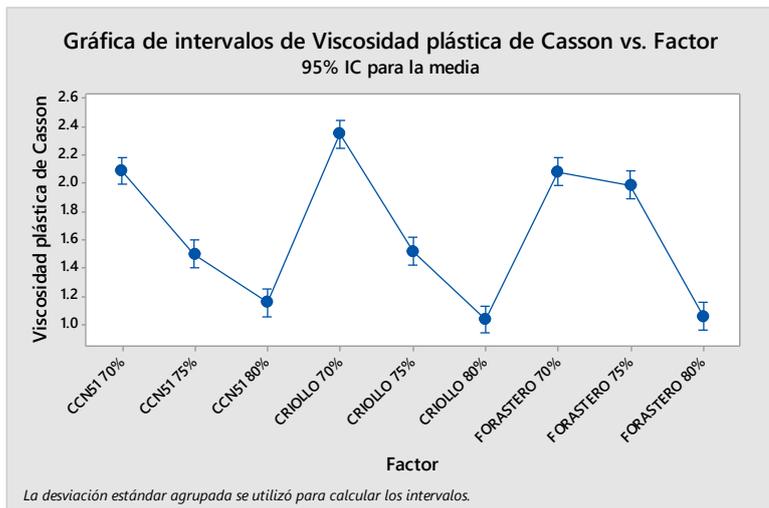
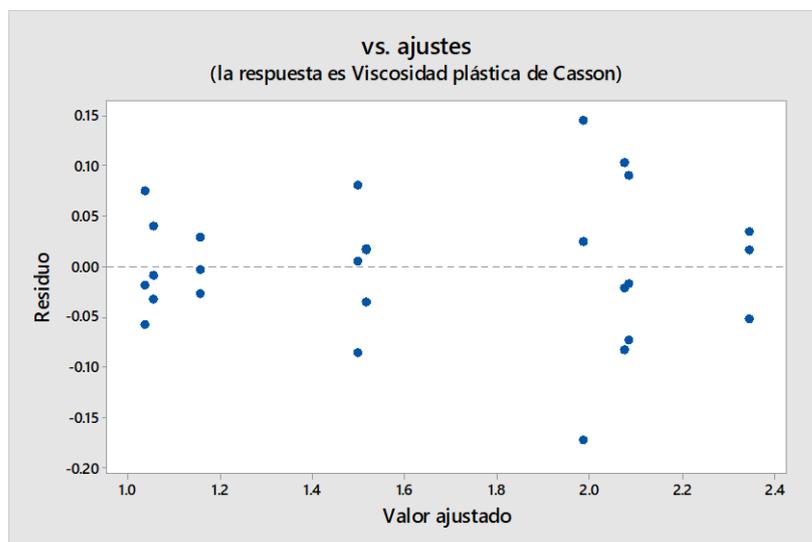


Figura 23 Residuos vs. ajustes para Viscosidad plástica de Casson



ANOVA unidireccional: Limite elástico de Casson vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 9 CCN51 70%; CCN51 75%; CCN51 80%; CRIOLLO 70%; CRIOLLO 75%; CRIOLLO 80%;

FORASTERO 70%; FORASTERO 75%; FORASTERO 80%

Análisis de Varianza

Fuente GL SC Ajust. MC Ajust. Valor F Valor p

Factor 8 1025.98 128.248 38.03 0.000

Error 18 60.71 3.373

Total 26 1086.69

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

1.83647 94.41% 91.93% 87.43%

Medias

Factor N Media Desv.Est. IC de 95%

CCN51 70% 3 39.56 2.98 (37.34; 41.79)

CCN51 75% 3 27.79 1.89 (25.57; 30.02)

CCN51 80% 3 23.639 1.103 (21.411; 25.866)

CRIOLLO 70% 3 42.38 2.04 (40.15; 44.61)

CRIOLLO 75% 3 29.528 0.816 (27.300; 31.755)

CRIOLLO 80% 3 27.842 0.977 (25.614; 30.069)

FORASTERO 70% 3 34.829 1.697 (32.602; 37.057)

FORASTERO 75% 3 35.34 2.34 (33.11; 37.56)

FORASTERO 80% 3 25.123 1.605 (22.895; 27.351)

Desv.Est. agrupada = 1.83647

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

CRIOLLO 70% 3 42.38 A

CCN51 70% 3 39.56 A B

FORASTERO 75% 3 35.34 B

FORASTERO 70% 3 34.829 B

CRIOLLO 75% 3 29.528 C

CRIOLLO 80% 3 27.842 C D

CCN51 75% 3 27.79 C D

FORASTERO 80% 3 25.123 C D

CCN51 80% 3 23.639 D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 24 ICs simultáneos de 95% de Tukey

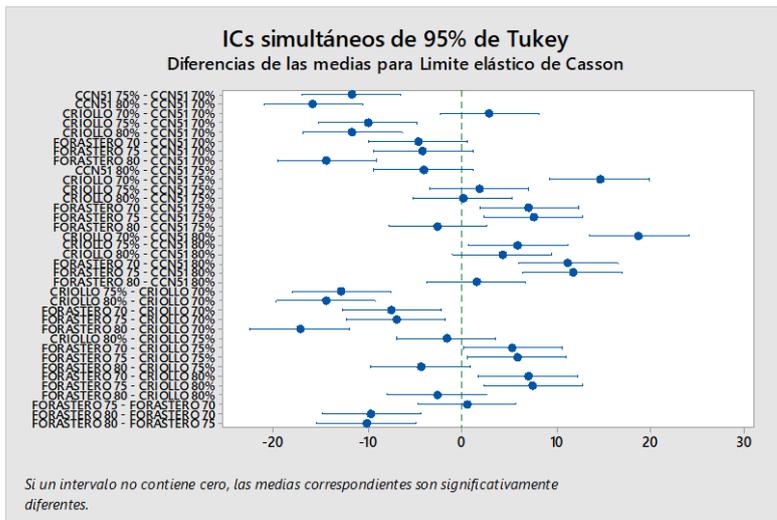


Figura 25 Gráfica de intervalos de Limite elástico de Casson vs. Factor

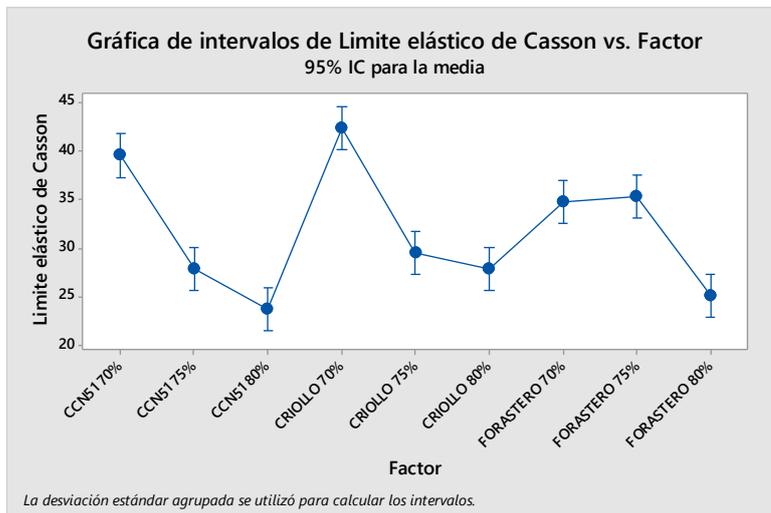
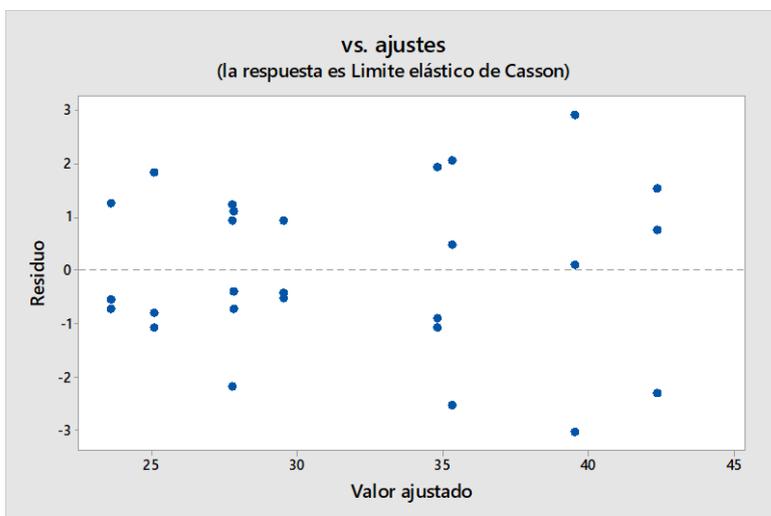


Figura 26 Residuos vs. ajustes para Limite elástico de Casson



Anexo5. Distribución del tamaño de partícula del Chocolate oscuro

ANOVA unidireccional: D_{10} [μm] vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 9 CCN51 70%; CCN51 75%; CCN51 80%; CRIOLLO 70%; CRIOLLO 75%; CRIOLLO 80%;

FORASTERO 70%; FORASTERO 75%; FORASTERO 80%

Análisis de Varianza

Fuente GL SC Ajust. MC Ajust. Valor F Valor p

Factor 8 5.451 0.6814 4.37 0.004

Error 18 2.804 0.1558

Total 26 8.256

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.394707 66.03% 50.93% 23.57%

Medias

Factor N Media Desv.Est. IC de 95%

CCN51 70% 3 3.7910 0.1178 (3.3122; 4.2698)

CCN51 75% 3 3.5150 0.1075 (3.0362; 3.9938)

CCN51 80% 3 3.865 0.603 (3.387; 4.344)

CRIOLLO 70% 3 3.974 0.258 (3.495; 4.453)

CRIOLLO 75% 3 3.549 0.268 (3.070; 4.027)

CRIOLLO 80% 3 3.35200 0.00400 (2.87323; 3.83077)

FORASTERO 70% 3 4.797 0.899 (4.319; 5.276)

FORASTERO 75% 3 3.306 0.256 (2.828; 3.785)

FORASTERO 80% 3 3.2863 0.0289 (2.8076; 3.7651)

Desv.Est. agrupada = 0.394707

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

FORASTERO 70% 3 4.797 A

CRIOLLO 70% 3 3.974 A B

CCN51 80% 3 3.865 A B

CCN51 70% 3 3.7910 A B

CRIOLLO 75% 3 3.549 B

CCN51 75% 3 3.5150 B

CRIOLLO 80% 3 3.35200 B

FORASTERO 75% 3 3.306 B

FORASTERO 80% 3 3.2863 B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 27 ICs simultáneos de 95% de Tukey

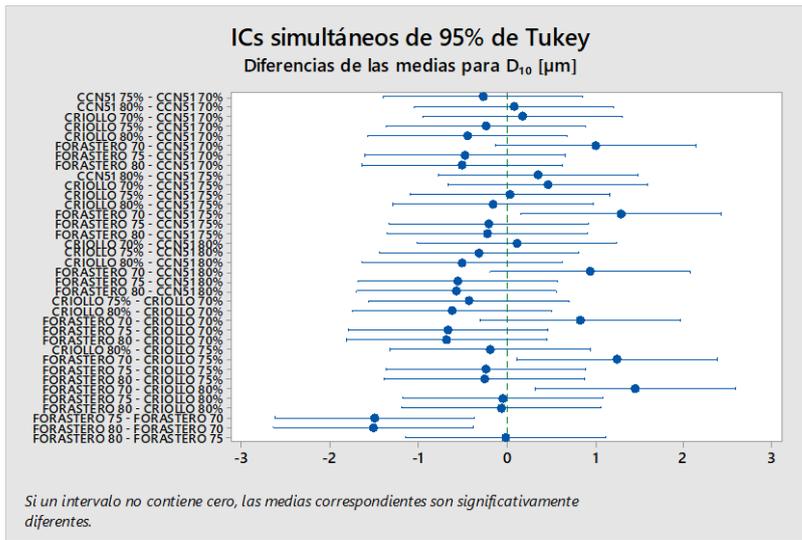


Figura 28 Gráfica de intervalos de D_{10} [μm] vs. Factor

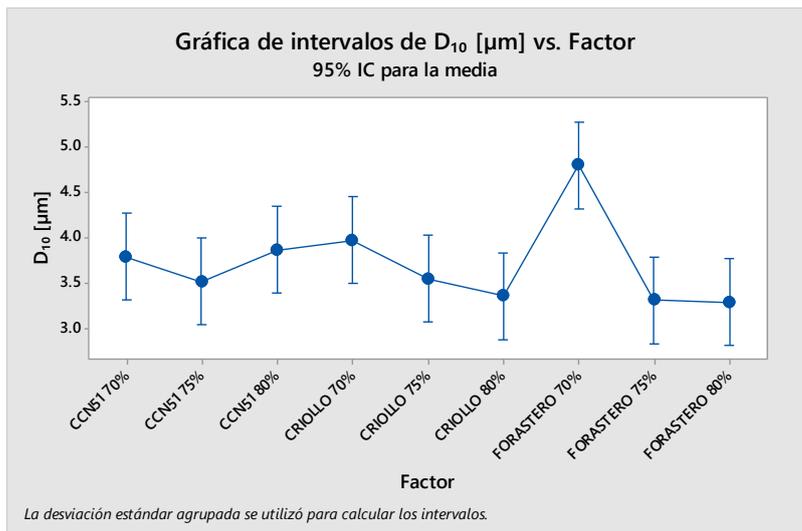
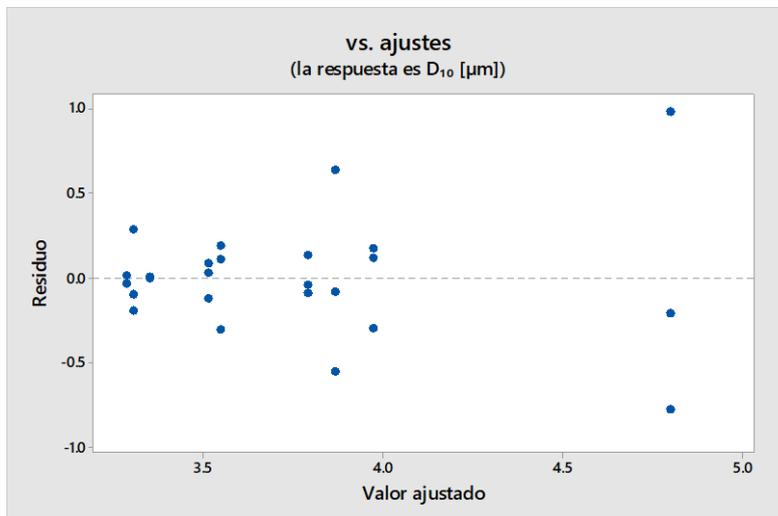


Figura 29 Residuos vs. ajustes para D_{10} [μm]



ANOVA unidireccional: D₅₀ [μm] vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 9 CCN51 70%; CCN51 75%; CCN51 80%; CRIOLLO 70%; CRIOLLO 75%; CRIOLLO 80%;

FORASTERO 70%; FORASTERO 75%; FORASTERO 80%

Análisis de Varianza

Fuente GL SC Ajust. MC Ajust. Valor F Valor p

Factor 8 347.0 43.37 1.97 0.111

Error 18 397.1 22.06

Total 26 744.1

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

4.69672 46.63% 22.92% 0.00%

Medias

Factor N Media Desv.Est. IC de 95%

CCN51 70% 3 13.936 1.017 (8.239; 19.633)

CCN51 75% 3 12.465 0.540 (6.768; 18.162)

CCN51 80% 3 15.19 4.44 (9.49; 20.89)

CRIOLLO 70% 3 15.21 1.81 (9.51; 20.91)

CRIOLLO 75% 3 12.487 1.394 (6.790; 18.184)

CRIOLLO 80% 3 11.695 0.233 (5.998; 17.392)

FORASTERO 70% 3 23.15 13.04 (17.45; 28.84)

FORASTERO 75% 3 10.985 1.462 (5.288; 16.682)

FORASTERO 80% 3 10.8283 0.0670 (5.1314; 16.5253)

Desv.Est. agrupada = 4.69672

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

FORASTERO 70% 3 23.15 A

CRIOLLO 70% 3 15.21 A

CCN51 80% 3 15.19 A

CCN51 70% 3 13.936 A

CRIOLLO 75% 3 12.487 A

CCN51 75% 3 12.465 A

CRIOLLO 80% 3 11.695 A

FORASTERO 75% 3 10.985 A

FORASTERO 80% 3 10.8283 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 30 ICs simultáneos de 95% de Tukey

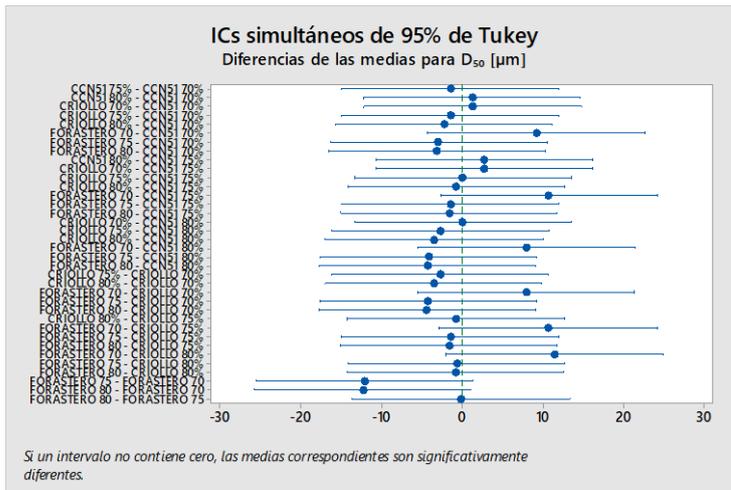


Figura 31 Gráfica de intervalos de D_{50} [μm] vs. Factor

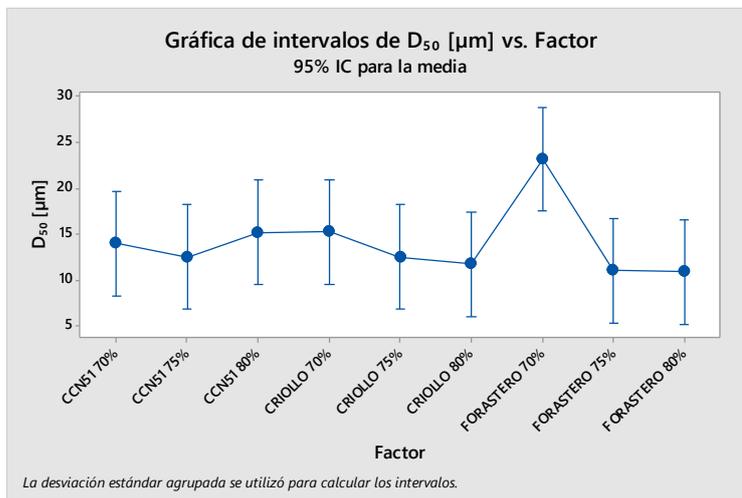
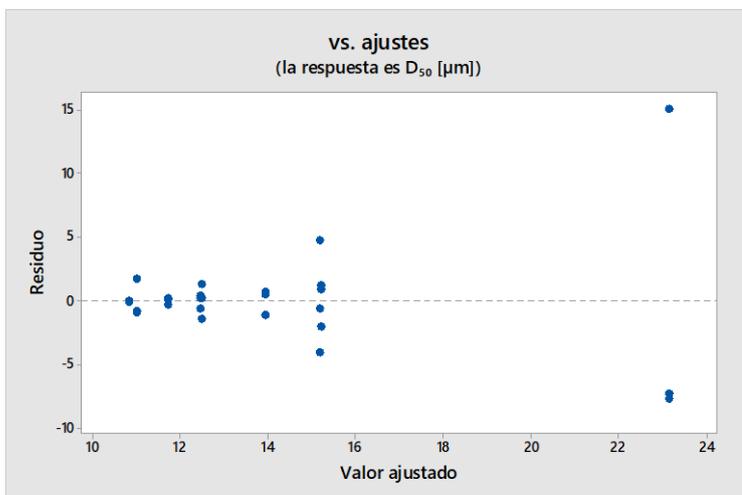


Figura 32 Residuos vs. ajustes para D_{50} [μm]



ANOVA unidireccional: D₉₀ [µm] vs. Factor

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 9 CCN51 70%; CCN51 75%; CCN51 80%; CRIOLLO 70%; CRIOLLO 75%; CRIOLLO 80%;

FORASTERO 70%; FORASTERO 75%; FORASTERO 80%

Análisis de Varianza

Fuente GL SC Ajust. MC Ajust. Valor F Valor p

Factor 8 19112 2389.0 12.53 0.000

Error 18 3431 190.6

Total 26 22543

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

13.8066 84.78% 78.01% 65.75%

Medias

Factor N Media Desv.Est. IC de 95%

CCN51 70% 3 39.17 4.34 (22.42; 55.92)

CCN51 75% 3 35.51 3.78 (18.77; 52.26)

CCN51 80% 3 34.89 4.40 (18.14; 51.64)

CRIOLLO 70% 3 49.29 3.91 (32.54; 66.03)

CRIOLLO 75% 3 36.10 4.29 (19.35; 52.85)

CRIOLLO 80% 3 32.576 1.563 (15.829; 49.323)

FORASTERO 70% 3 118.1 39.7 (101.3; 134.8)

FORASTERO 75% 3 28.61 6.06 (11.87; 45.36)

FORASTERO 80% 3 28.19 3.62 (11.44; 44.93)

Desv.Est. agrupada = 13.8066

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

FORASTERO 70% 3 118.1 A

CRIOLLO 70% 3 49.29 B

CCN51 70% 3 39.17 B

CRIOLLO 75% 3 36.10 B

CCN51 75% 3 35.51 B

CCN51 80% 3 34.89 B

CRIOLLO 80% 3 32.576 B

FORASTERO 75% 3 28.61 B

FORASTERO 80% 3 28.19 B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 33 ICs simultáneos de 95% de Tukey

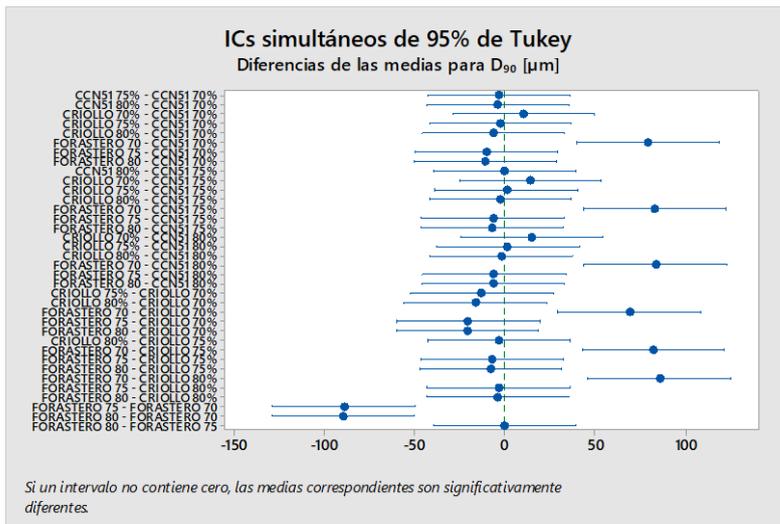


Figura 34 Gráfica de intervalos de D_{90} [μm] vs. Factor

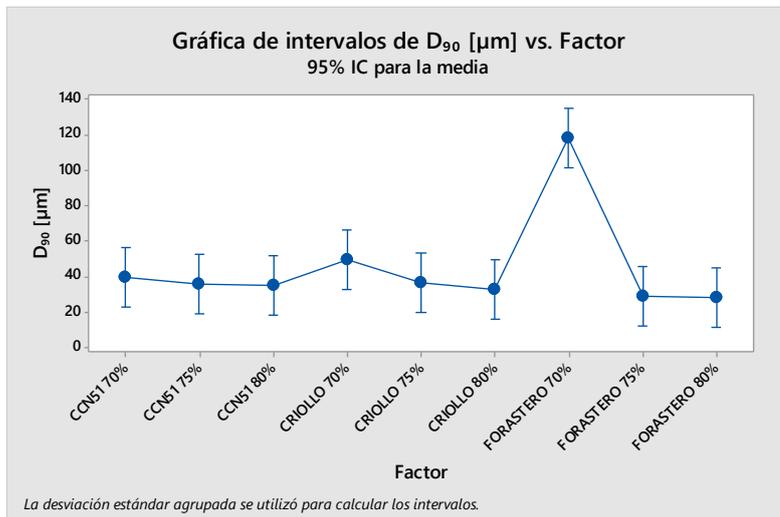
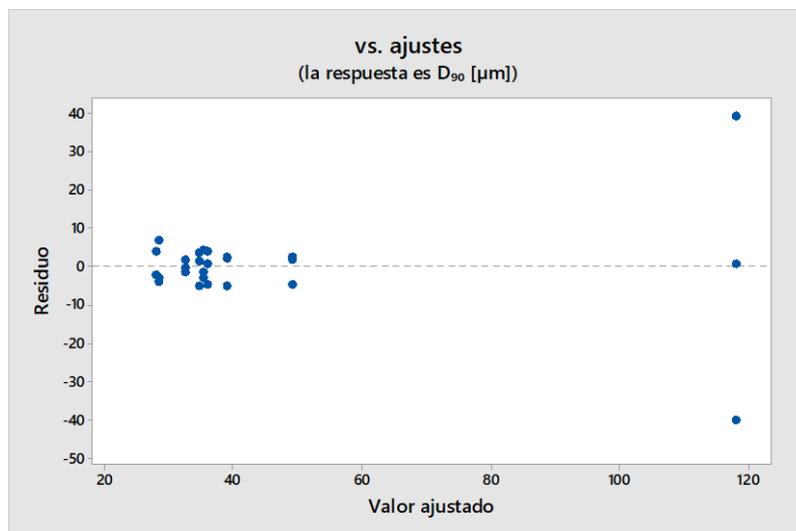


Figura 35 Residuos vs. ajustes para D_{90} [μm]



Laboratorio de investigación en ingeniería de los alimentos y Postcosecha

Anexo 6. Elaboración de la pasta de cacao

Figura 36 Pasta de cacao (Criollo, Forastero y CCN51)



Figura 37 Clasificación y selección de granos de los granos de cacao Criollo, CCN51 y Forastero



Figura 38 *Identificar los granos de cacao*



Figura 39 *Tostado*



Figura 40 *Recepción de granos de cacao tostado*



Figura 41 *Descascarillado*



Figura 42 *Molido*



Figura 43 *Conchado y refinado*



Figura 44 *Moldeado y barra de pasta de cacao*

