



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO

PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE MANTECA
DE CACAO POR ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia
huayllabambana sp. nov.*) EN LAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN
CHOCOLATE OSCURO**

Autor: Bach. Marleni Medina Mendoza

Asesor: M.Sc. Efraín Manuelito Castro Alayo

Co-Asesora: Ing. Milagros Sadith Granda Santos

CHACHAPOYAS – PERÚ

2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO

PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE MANTECA
DE CACAO POR ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia
huayllabambana* sp. nov.) EN LAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN
CHOCOLATE OSCURO**

Autor: Bach. Marleni Medina Mendoza

Asesor: M.Sc. Efraín Manuelito Castro Alayo

Co-Asesora: Ing. Milagros Sadith Granda Santos

CHACHAPOYAS – PERÚ

2020

..

DEDICATORIA

A mis padres Doris Mendoza y Víctor Medina, por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida expresándome su gran amor. Por encaminarme y formarme en la persona que soy y seré. Muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

Y a mis abuelitos Luz María Chuquilín y Franco Mendoza, a mis hermanos y a toda mi familia por el esfuerzo, apoyo incondicional y confianza que me brindaron para cumplir mis metas y objetivos.

MARLENI MEDINA MENDOZA

AGRADECIMIENTOS

- 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 Ing. M.Sc. Efraín Manuelito Castro Alayo asesor de la tesis, por brindarme sus conocimientos, el apoyo y las facilidades de realizar este proyecto de tesis.
- A la Ing. Milagros Sadith Granda Santos, coasesora de la tesis, por su confianza, enseñanzas, revisiones y sugerencias brindadas para mejorar este trabajo.

MARLENI MEDINA MENDOZA

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

**Dr. Policarpio Chauca Valqui
RECTOR**

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**Dra. Flor Teresa García Huamán
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

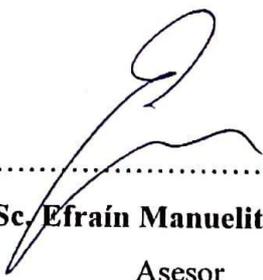
**Msc. Erick Aldo Auquiñivin Silva
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada “Efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por aceite de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana* sp. nov.) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un chocolate oscuro”, de la egresada de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A.

Bach. Marleni Medina Mendoza

Se da el Visto Bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometido a la revisión del jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dudas por el Jurado Evaluador, para su posterior sustentación.



.....
Ing. M.Sc. Efraín Manuelito Castro Alayo

Asesor

VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada “Efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por aceite de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana* sp. nov.) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un chocolate oscuro”, de la egresada de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustria^l de la UNTRM-A.

Bach. Marleni Medina Mendoza

Se da el Visto Bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometido a la revisión del jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dudas por el Jurado Evaluador, para su posterior sustentación.



.....
Ing. Milagros Sadith Granda Santos

Coasesora

JURADO EVALUADOR



Ing. Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri
PRESIDENTE



Ing. Guillermo Lirio Vázquez
SECRETARIO



Ing.-Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández
VOCAL

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Marleni Medina Mendoza identificado con DNI N° 73424208, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

- I. Soy autor de la tesis titulada: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE MANTECA DE CACAO POR ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia huayllabambana* sp. nov.) EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN CHOCOLATE OSCURO, la misma que presento para obtener el: Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial.
- II. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- III. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- IV. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- V. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificadas, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piraterías, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 2 de enero del 2020



Firma de la tesista

ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 03 de Marzo del año 2020, siendo las 16:30 horas, el aspirante Maileni Medina Mendoza defiende en sesión pública la Tesis titulada: Efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por aceite de sacha inchi (Plukenetia huayllabamba sp. nov) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un chocolate oscuro.

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: Inge. Mg. Sc. Armstrong Bernard Fernández Jeri
- Secretario: Inge. Guillermo Fajardo Vasquez
- Vocal: Inge. Ms. Robert Javier Cruzalequi Fernández



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, 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, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

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

Aprobado () Desaprobado ()

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

Siendo las 18:00 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

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS	vii
JURADO EVALUADOR	viii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	ix
ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN	18
II. MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1. Lugar de ejecución	21
2.2. Materiales	21
2.3. Productos químicos	21
2.4. Preparación del chocolate	21
2.5. Análisis fisicoquímico	22
2.5.1 Actividad antioxidante	22
2.5.2. Contenido fenólico total	23
2.5.3. Reología	24
2.5.4. Textura	24

2.6. Análisis sensorial	24
2.7. Análisis de datos	25
III. RESULTADOS	26
IV. DISCUSIONES	28
V. CONCLUSIONES.....	32
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulaciones de chocolates oscuros en diferentes porcentajes de SIO.	22
Tabla 2. Actividad antioxidante y contenido fenólico total de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.	26
Tabla 3. Valor de rendimiento de Casson y viscosidad plástica de Casson de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.	26
Tabla 4. Textura de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.	27
Tabla 5. Análisis sensorial de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.	27
Tabla 6. Actividad Antioxidante	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividad antioxidante de un chocolate control	38
Figura 2. Actividad antioxidante de un chocolate con 1,5% de SIO	39
Figura 3. Actividad antioxidante de un chocolate con 3 % de SIO	39
Figura 4. Actividad antioxidante de un chocolate con 4,5% de SIO	40
Figura 5. ICs simultáneos de 95% de Tukey del contenido total de fenoles	41
Figura 6. intervalos de mgGAE/g muestras vs. muestra del contenido total de fenoles .	42
Figura 7. residuos para mgGAE/g muestra del contenido total de fenoles	42
Figura 8. Comportamiento reológico de un chocolate control.....	43
Figura 9. Comportamiento reológico de un chocolate con 1,5% de SIO.....	43
Figura 10. Comportamiento reológico de un chocolate con 3% de SIO.....	44
Figura 11. Comportamiento reológico de un chocolate con 4,5% de SIO.....	44
Figura 12. chocolate control.....	45
Figura 13. chocolate con 1,5% de SIO.....	45
Figura 14. chocolate con 3% de SIO.....	46
Figura 15. chocolate con 4,5% de SIO.....	46
Figura 16. ICs simultáneos de 95% de Tukey del color	47
Figura 17. intervalos de sabor vs. chocolate	48
Figura 18. residuos para sabor	48
Figura 19. ICs simultáneos de 95% de Tukey del color	49
Figura 20. intervalos de color vs. chocolate.....	50
Figura 21. residuos para color.....	50
Figura 22. ICs simultáneos de 95% de Tukey para el chasquido	51
Figura 23. intervalos de chasquido vs. chocolate.....	52
Figura 24. residuos para Chasquido	52
Figura 25. ICs simultáneos de 95% de Tukey para el brillo	53
Figura 26. intervalos de brillo vs. chocolate	54
Figura 27. residuos para brillo	54
Figura 28. ICs simultáneos de 95% de Tukey para la aceptabilidad general.....	55
Figura 29. intervalos de aceptabilidad general vs. chocolate.....	56
Figura 30. residuos para aceptabilidad general	56
Figura 31. Aceite de sachá inchi (SIO)	57
Figura 32. Ingredientes	57

Figura 33. Tostado	57
Figura 34. Descascarillado	58
Figura 35. Molido	58
Figura 36. Conchado y refinado.....	58
Figura 37. Incorporación de SIO.....	59
Figura 38. Templado	59
Figura 39. Moldeado	59
Figura 40. desmoldado	60
Figura 41. Barras de chocolate.....	60
Figura 42. Actividad antioxidante.....	60
Figura 43. Contenido fenólico total	61
Figura 44. Reología	61
Figura 45. Análisis sensorial	61

RESUMEN

El aceite de sacha inchi (SIO) es una fuente principal de sustituto de manteca de cacao (CBS). Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de CB por SIO a diferentes niveles (1,5%, 3,0% y 4,5%) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un chocolate oscuro. La sustitución de SIO en los chocolates oscuros redujo la actividad antioxidante y el contenido total de fenoles. El rendimiento de Casson y la viscosidad de Casson del chocolate también disminuyeron a medida que aumentó la cantidad de SIO sustituido. En la textura hubo cambios significativos en los 4 tratamientos debido a los diferentes niveles de SIO. En el análisis sensorial, las puntuaciones no tuvieron muchas diferencias. Sin embargo, en el sabor, color, chasquido, brillo y aceptabilidad general, el chocolate con 4,5% de SIO, fue el más aceptado por los consumidores. Este estudio sugirió que la sustitución de SIO al 4,5% tiene el potencial de mejorar el análisis sensorial del chocolate con menos efectos sobre sus propiedades fisicoquímicas. Además, la aplicación de SIO como CBS ayudaría a aumentar su valor agregado y ser utilizado en confiterías.

Palabras claves: *Chocolate, Sustituto de manteca de cacao, Aceite de sacha inchi, reología, textura, análisis sensorial.*

ABSTRACT

Sacha inchi oil (SIO) is a major source of cocoa butter substitute (CBS). Therefore, the objective of the investigation was to evaluate the effect of partial replacement of CB by SIO at different levels (1.5%, 3.0% and 4.5%) on the physicochemical and sensory properties of a dark chocolate. The replacement of SIO in dark chocolates reduced antioxidant activity and total phenolic content. Casson's yield and Casson's viscosity of chocolate also decreased as the amount of substituted SIO increased. In texture there were significant changes in the 4 treatments due to the different levels of SIO. In the sensory analysis, the scores did not have many differences. However, in the taste, color, click, brightness and general acceptability, chocolate with 4.5% of SIO, was the most accepted by consumers. This study suggested that the replacement of SIO at 4.5% has the potential to improve the sensory analysis of chocolate with less effects on its physicochemical properties. In addition, the application of SIO as CBS would help increase its added value and be used in confectionery.

Keywords: *Chocolate, Cocoa butter substitute, Sacha inchi oil, rheology, texture, sensory analysis.*

I. INTRODUCCIÓN

Se define al chocolate como una suspensión semisólida, iniciando como un fluido y se convierte en un sólido, siendo el elemento central de este comportamiento la manteca de cacao (CB), en ella se dispersan sólidos (azúcar y sólidos de cacao) para formar una suspensión libre de agua (Ramón Ceballos, 2016). Garcés & Cuéllar Sánchez, (1997) manifiesta que la grasa de CB imparte a los productos de chocolate un aspecto de textura frágil, crujiente al romper y masticar y una sensación de fusión rápida en la boca sin sensación de grasa residual. La CB es la única fase grasa continua en el chocolate y por lo tanto es responsable de la dispersión de los demás constituyentes (Coklar & Akbulut, 2017).

Actualmente los productores de chocolate necesitan diseñar sustitutos a la manteca de cacao (CBS) para usar como alternativas en la elaboración de chocolates oscuros (Liu et al., 2007). La demanda creciente y escasez de oferta de CB, la mala calidad de las cosechas individuales del cacao y algunos beneficios tecnológicos han inducido al desarrollo de su alternativa llamado CBS (Konar et al., 2016). Los esfuerzos hechos para encontrar una alternativa a CB y sustituirla parcialmente en la producción de chocolates, son por diferentes razones: debido a la incertidumbre en la disponibilidad y mayor precio del CB; y las exigencias de los individuos por consumir productos saludables, por lo tanto, las industrias están buscando alternativas económicas agregando sustitutos más baratos y alimentos con beneficios para la salud (Vinces Gordillo, 2019).

El sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana sp. nov.*), crece principalmente en la selva alta de la provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas. Tiene un alto potencial económico e industrial debido a que el aceite de sacha inchi comparado con las demás semillas oleaginosas a nivel mundial, es el más rico en ácidos grasos insaturados alcanzando hasta un 93,6% de su composición, (Bussmann, et al, 2009). Las semillas de *Plukenetia huayllabambana* contienen un (35-66%) de aceite, contenido proteico (55%), vitaminas A y E, además contiene calorías, minerales, antioxidantes y está libre de colesterol. El consumo de sacha inchi o sus derivados como SIO, se caracteriza por su elevado contenido de ácidos grasos esenciales ω -3 (66%), ω -6 y ω -9, (Norma Alayón & Echeverri J. , 2016), al hacer una comparación de los porcentajes de ácidos grasos y omegas, podemos afirmar que *Plukenetia huayllabambana* supera ampliamente en omega 3 a *Plukenetia volubilis* que solo llega al (44%), lo cual significa que tiene mayor

capacidad para arrastrar las moléculas de colesterol de baja densidad, estos ácidos grasos esenciales son de vital importancia porque el organismo no los produce, son altamente necesarios en la dieta, pues son indispensables para la formación de las membranas de las células que conforman los tejidos cerebrales desde la formación fetal, además ayuda a prevenir el riesgo cardiovascular, lo que permite beneficios a mediano y largo plazo, en acciones preventivas de distintos niveles que lo convierte en un producto con un importante valor nutricional y grandes oportunidades en el mercado de alimentos saludables (Guillen et al., 2003).

Al compararlo el SIO con los aceites de oliva y pescado, se observaron que este tiene un nivel más alto de ácidos grasos esenciales: 62,76% de diferencia en comparación con el aceite de oliva y 31,09% de diferencia en comparación con el aceite de pescado. Sin embargo, el aceite de oliva es rico en ω -9 y el aceite de pescado en ω -3, los cuales son beneficiosos dependiendo de la necesidad del consumidor. Al realizar un análisis fisicoquímico de los tres aceites se pudo determinar que la calidad del aceite de SIO es mayor en comparación a los otros dos aceites, teniendo un gran potencial para ser sustituido (Romero Hidalgo, Valdiviezo Rogel, & Bonilla Bermeo, 2019).

Se ha venido estudiando el uso de diferentes posibilidades de reemplazar el CB, por ejemplo, la utilización de aceite de coco a diferentes concentraciones como CBS afectando las propiedades fisicoquímicas del chocolate, reduciendo el perfil de fusión y la reología. En cuanto a los atributos sensoriales, el chocolate con alta cantidad de aceite de coco tuvo los puntajes más altos para textura, color, apariencia, sabor y aceptación general (Abdul Halim *et al.*, 2018). Afirma Rezende V., Benassi T., Vissotto Z., & Augusto C., (2015) que las características sensoriales son atributos principales que definen la calidad sensorial del chocolate. Menciona Vences Gordillo, (2019) que el color es un atributo esencial en la elaboración del chocolate y entre los factores que contribuyen a su apariencia, el color es el que más influye en la aceptación de los consumidores. Según Afoakwa, (2016) un buen chocolate tiene un color continuo marrón claro a oscuro y apariencia brillante. La apariencia del chocolate proporciona una gran influencia a la aceptación del consumidor desde la primera vista.

El control de la viscosidad del chocolate es vital para una buena calidad y costo de producción, por otro lado, está directamente influenciado por la distribución del tamaño

de partículas de los sólidos y la composición de los ingredientes principalmente la manteca de cacao en el chocolate (Ohene Afoakwa, Paterson, & Fowler, 2008). Mencionan Gioielli, Medeiros, & Lannes, (2004) que el comportamiento de dos grasas (manteca de cacao y grasa de cupuassu) la reología de estos productos depende de la fase grasa y tiene una gran importancia en el proceso, concluyendo que la grasa cupuassu tiene mayor viscosidad que CB. En otra investigación, la sustitución de la manteca de cacao por inulina o β -glucano concentrado, logró disminuir la dureza de los chocolates, lo cual fue posible al reemplazar 10 g. de CB en una formulación de control de 100 g con inulina y aun así mantener una buena aceptación (Rezende V., Benassi T., Vissotto Z., & Augusto C., 2015). Biswas, Lin Cheow, Ping Tan, & Fong Siow, (2017) estudiaron las propiedades físicas CBS a base de aceite de palma en chocolates oscuros elaborados con CB y 5 g. de aceite de palma, obteniendo un chocolate similar al obtenido con CB en términos de propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

La textura es un atributo clave en la elección del consumidor y aceptabilidad general, aunque el sabor es frecuentemente considerado importante en la identificación del producto (Beckett, 2008). La textura del chocolate es una combinación de estructuras de empaquetamiento de triglicéridos (polimorfos), propiedades micro estructurales, partículas dispersas, distribución del tamaño de partícula y contenido de grasa sólida, la relación de grasa sólida a líquida en un producto, (Nightingale, Yeun Lee, & Engeseth, 2011), la percepción de la textura es un proceso oral dinámico antes y durante la masticación que se puede evaluar mediante medidas instrumentales.

El objetivo general en la presente investigación fue el efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por aceite de sachá inchi en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un chocolate oscuro.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La elaboración de los chocolates oscuros se realizó en la provincia de Bagua, en la planta de chocolates de la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM y en la planta piloto UNTRM. Los análisis fisicoquímicos y el análisis sensorial se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

2.2. Materiales

El aceite de sacha inchi (SIO) fue comprado en el mercado local de la ciudad de Chachapoyas. Los ingredientes como la manteca de cacao, pasta de cacao y azúcar se obtuvieron de la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, Bagua, Amazonas, Perú.

2.3. Productos químicos

Se utilizaron metanol grado HPLC, reactivo de Folin-Ciocalteu, ácido gálico, carbonato de sodio, éter de petróleo $\geq 90\%$, Dpph, adquiridos de Merck KGaA, Germany.

2.4. Preparación del chocolate

El chocolate se realizó siguiendo la fórmula de APROCAM con una formulación de 70% de pasta de cacao, 25% de azúcar y 5% CB. Se realizaron cuatro tipos de chocolate: control, chocolate con 1,5% de SIO, chocolate con 3% de SIO y chocolate con 4,5% de SIO. El chocolate control se usó como referencia que consiste en sin adición de SIO. Los chocolates formulados completos se presentaron en la tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones de chocolates oscuros en diferentes porcentajes de SIO.

Ingredientes (%)	Niveles del factor			
	Control	Chocolate con 1,5% de SIO	Chocolate con 3% de SIO	Chocolate con 4,5% de SIO
Pasta de cacao	70%	70%	70%	70%
Azúcar	25%	25%	25%	25%
CB	5%	3,5%	2%	0,5%
SIO	0%	1,5%	3%	4,5%

Fuente: elaboración propia

El cacao se obtuvo de la asociación múltiple APROCAM con humedad de 7%, las almendras de cacao se tostaron en un secador de bandejas (Fischer Agro), 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. En un refinador de dos rodillos (Premier, PG508, India) se agregó la pasta, el azúcar y CB previamente derretida y se dejó por 12 horas. Luego se agregó SIO a las 12 horas de conchado y se dejó 1 hora más para una mayor homogenización. Posteriormente, el chocolate se sometió a un proceso de templado y se vertió en moldes de 45 gramos y llevado a congelación a -18°C durante 15 min. Luego las muestras de chocolate se retiraron del molde y se envasaron en papel aluminio, se almacenaron en refrigeración para el análisis fisicoquímico y la evaluación sensorial del chocolate.

2.5. Análisis fisicoquímico

2.5.1 Actividad antioxidante

Se determinó siguiendo el método de DPPH desarrollado de acuerdo a (Żyżelewicz et al., 2018) (Scherer & Godoy, 2009) (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995) con algunas modificaciones, el mismo que se detalla a continuación: Se preparó una solución metanólica 80% de radical DPPH (solución B) pesando 0,005 g de radical DPPH en 100 ml de dicha solución metanólica. Adicionalmente, se preparó otra solución metanólica 80% para las diluciones (solución C). Posteriormente, se preparó diluciones de extracto + solución metanólica C en las concentraciones de 1:1, 1:2, 1:5, 1:10 y 1:20 (solución A).

Se preparó 7 tubos de ensayo conteniendo 0,1 ml de solución A y 3,9 ml de solución B. El control fue 0,1 ml de solución C y 3,9 ml de solución B. La absorbancia de las muestras fue medida a 517 nm en espectrofotómetro (marca KSSODO, modelo UV2100PU) después de 30 min de reacción en la oscuridad. Se calculó el porcentaje de inhibición del radical DPPH a partir de la ecuación 1, donde Abs_0 fue la absorbancia del control y Abs_1 fue la absorbancia de la muestra. La concentración de extracto que produjo el 50% de inhibición (IC_{50}) del radical DPPH fue calculado a partir de la gráfica del porcentaje de inhibición versus la concentración de extracto (Oke, Aslim, Ozturk, & Altundag, 2009).

$$IC_{50} = \left(\frac{Abs_0 - Abs_1}{Abs_0} \right) * 100 \quad (1)$$

2.5.2. Contenido fenólico total

2.5.2.1. Preparación de los extractos fenólicos del chocolate oscuro

Cinco gramos de chocolates fueron desgrasados en un extractor de grasas (JP-Selecta, Det-Grasa N, España). De acuerdo con (Gültekin-Özgüven, Berktaş, & Özçelik, 2016), un gramo de chocolate y pasta de cacao desgrasados fueron mezclados con 10 ml de una solución metanólica al 80%; luego se agitó en vortex por un minuto, se llevó a baño de ultrasonido por 10 minutos a 30°C y centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante fue colocado en viales y conservado en refrigeración.

2.5.2.2. Cuantificación de compuestos fenólicos totales

De acuerdo con Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventos, (1999) y Pantelidis, Vasilakakis, Manganaris, & Diamantidis, (2007) 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), después de 5 minutos a 50 °C, se midió la absorbancia a 760 nm en espectrofotómetro (marca KSSODO, modelo UV2100PU). El contenido fenólico de las muestras fue cuantificado 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

preparada a partir de diluciones de ácido gálico en el rango de 0 – 2500 ppm y mostró una buena linealidad ($R^2 = 0,9952$).

2.5.3. Reología

La medición reológica se realizó para determinar las propiedades de flujo del chocolate que contienen SIO. Las mediciones se realizaron utilizando un Reómetro (Marca Anton Paar, Modelo MCR 92, Austria), equipado con una geometría de cilindro concéntrico. El chocolate se fundió a 50°C en una cocina durante 10 minutos antes de la medición. El chocolate derretido se colocó 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.*, 2018). con modificaciones menores. Cada medición se repitió por triplicado. Los resultados obtenidos fueron Casson yield (Pa) y viscosidad plástica de Casson (Pa, s).

2.5.4. Textura

El análisis del perfil de textura de los chocolates oscuros con sustitución parcial de CB por CBS de acuerdo a (Brookfield Engineering Laboratories. Inc., 2009), la textura de los chocolates se midió con el equipo analizador de textura (marca Brookfield, modelo CT3, Estados Unidos). Equipado con una celda de carga de 25 kg y una sonda TA2/1000 Cono 30 mmd, 60° de acero inoxidable. El ensayo se realizó en muestras de dimensiones 55 x 50 x 0,7 (cm). La velocidad de prueba se ajustó a 50 mm/s.

2.6. Análisis sensorial

Al producto final se realizó un análisis sensorial para determinar la aceptabilidad general del consumidor hacia el chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por CBS utilizando una escala hedónica de 9 puntos, siguiendo el método de (Abdul Halim *et al.*, 2018). Esta evaluación se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Las características sensoriales a evaluar fueron (sabor, color, chasquido, brillo y aceptabilidad general) mediante pruebas orientadas al consumidor, donde los jueces fueron 50 estudiantes, profesores y personal técnico de la facultad, 30 mujeres y 20 hombres que fueron seleccionados para los panelistas no entrenados que

indicarán el grado de satisfacción de las muestras. Los rangos de edad para los panelistas fueron de 20 a 30 años. Las muestras de chocolate se mantuvieron a temperatura ambiente (20°C) durante 1 hora antes de la evaluación. Se sirvieron 4 tipos de muestras con dimensiones de 2,5x1,3x0,7 (cm) en un plato previamente rotulados con sus códigos. Se pidió a cada uno de los panelistas que den una puntuación de 9 (me gusta muchísimo) a 1 (me disgusta muchísimo).

2.7. Análisis de datos

Todo el análisis se realizó por triplicado. Los datos de la investigación se analizaron estadísticamente utilizando el software Minitab versión 17 (EE. UU). Se utilizó ANOVA unidireccional para evaluar las diferencias significativas entre cada dato. Las diferencias significativas fueron determinadas por la prueba de Tukey basada en un 95% de significancia.

III. RESULTADOS

Tabla 2. Actividad antioxidante y contenido fenólico total de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.

Muestra	IC ₅₀	mg GAE/g muestra
Control	0,011 ± 0,012a	18,76 ± 0,15 a
chocolate con 1,5% de SIO	0,007 ± 0,001a	17,06 ± 1,03ab
chocolate con 3% de SIO	0,006 ± 0,003a	16,53 ± 0,91b
chocolate con 4,5% de SIO	0,006 ± 0,002a	17,71 ± 0,25ab

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

Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p <0,05) entre los diferentes chocolates oscuros.

Los resultados informados en este estudio son la actividad antioxidante y el contenido fenólico total de cuatro tipos de chocolate oscuro (chocolate control, chocolate con 1,5%, de SIO, chocolate con 3% de SIO, chocolate con 4,5% de SIO). Los resultados mostraron que la adición de SIO como SCB no influyó en la actividad antioxidante y el contenido fenólico total de los cuatro tipos de chocolate oscuro, cuyo control tiene el valor más alto con respecto a los demás chocolates.

Tabla 3. Valor de rendimiento de Casson y viscosidad plástica de Casson de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.

Chocolate	rendimiento de Casson (Pa)	viscosidad plástica de Casson (Pa, s)
Control	17,01 ± 0,94 a	2,08 ± 0,02 ^a
chocolate con 1,5% de SIO	14,65 ± 0,82b	1,78 ± 0,04b
chocolate con 3% de SIO	17,89 ± 0,27 a	1,81 ± 0,02b
chocolate con 4,5% de SIO	16,08 ± 1,20ab	1,60 ± 0,02c

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

Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p <0,05) entre los diferentes chocolates oscuros.

El comportamiento reológico del chocolate oscuro se comporta como un flujo no newtoniano. A partir de los datos presentados, el rendimiento de Casson y la viscosidad plástica de Casson el chocolate control obtuvo los valores más altos, además se puede observar que la viscosidad del chocolate disminuyó a medida que aumentó el nivel de SIO agregado.

Tabla 4. Textura de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.

Chocolate	textura (g)
Control	5451 ± 658 a
chocolate con 1,5% de SIO	3503 ± 844b
chocolate con 3% de SIO	5562 ± 422 a
chocolate con 4,5% de SIO	4739 ± 587ab

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

Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p <0,05) entre los diferentes chocolates oscuros.

El chocolate con 1,5% de SIO tiene una resistencia a la rotura más baja, posiblemente debido al SIO. Sin embargo, el chocolate con 3% de SIO tenía la mayor resistencia a la rotura (mejor textura). La tendencia para cada tipo de chocolate fue similar. La textura para el control, chocolate con 1,5% de SIO, chocolate con 3% de SIO, chocolate con 4,5% fueron 5451 ± 658; 3503 ± 844; 5562 ± 422 y 4739 ± 587 respectivamente.

Tabla 5. Análisis sensorial de un chocolate oscuro con sustitución parcial de CB por SIO.

Chocolate	sabor	Color	chasquido	Brillo	aceptabilidad general
Control	7,17 ± 0,04b	7,34 ± 0,09a	7,21 ± 0,10b	7,21 ± 0,15b	7,17 ± 0,11b
chocolate con 1,5% de SIO	6,56 ± 0,19c	6,83 ± 0,09b	6,43 ± 0,08c	6,91 ± 0,10c	6,65 ± 0,08c
chocolate con 3% de SIO	7,32 ± 0,04ab	7,47 ± 0,15 a	7,28 ± 0,09b	7,52 ± 0,04a	7,41 ± 0,15ab
chocolate con 4,5% de SIO	7,54 ± 0,05a	7,51 ± 0,01a	7,57 ± 0,08a	7,60 ± 0,07a	7,50 ± 0,08a

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

Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p <0,05) entre los diferentes chocolates oscuros.

El chocolate con 1,5 % de SIO tiene menor aceptabilidad por los panelistas en cuanto a sabor, color, chasquido, brillo y aceptabilidad general, posiblemente debido al SIO. El chocolate con 4,5 de SIO fue el más aceptable por los panelistas, seguido del chocolate control y chocolate con 3% de SIO.

IV. DISCUSIONES

1. Actividad Antioxidante y contenido fenólico total

La capacidad antioxidante y el contenido fenólico total de las muestras se presentan los resultados en la Tabla 2. La muestra control mostró la mayor actividad antioxidante medidos como IC_{50} ($0,011 \pm 0,012$), esto quiere decir que se necesitaría 0,011g de chocolate para inhibir el 50% del radical DPPH, seguido del chocolate con 1,5% de SIO ($0,007 \pm 0,001$), chocolate con 3% de SIO ($0,006 \pm 0,003$) y chocolate con 4,5% de SIO ($0,006 \pm 0,002$), respectivamente. No se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la actividad antioxidante de la muestra control y los tratamientos. En cuanto a contenido fenólico total, el chocolate control (18,76) mostró los valores más altos, seguido del chocolate con 4,5% de SIO (17,71), chocolate con 1,5% de SIO (17,06) y chocolate con 3% de SIO (16,53). Entonces, podemos decir que la sustitución de CB por SIO en el chocolate oscuro, no lograron mejorar la capacidad antioxidante y contenido fenólico total del producto. Según Arts et al., (2002,) los fabricantes usan diferentes variedad de cultivares de cacao, al igual que el proceso tecnológico para la producción de chocolates generalmente produce una disminución de la concentración de actividad antioxidante y el contenido fenólico total, debido a la complejidad del chocolate, hay muchos componentes, además de los fenoles, que podrían influir en los resultados de diferentes maneras. Mencionan Nara Nadia, Pereira de Andrade, Lacerda Ramos, Ribeiro Dias, & Rosane Freitas Shawan, (2016) que los chocolates oscuros mostraron un contenido de polifenol total (47,17–57,16 mg GAE / g muestra) el alto contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante puede deberse a la oxidación y polimerización de las procianidinas, relacionadas con la alta temperatura y la actividad residual de algunas enzimas oxidativas. Los resultados de Wollgast y Anklam, (2000), reportaron en sus chocolates oscuros (70% de cacao) de fenoles totales un 11,99 mg GAE / g muestra, puesto que, tampoco se obtuvo diferencias significativas en comparación con los resultados estudiados; lo que podemos decir que el SIO no incrementa la actividad antioxidante y el contenido fenólico total del chocolate.

2. Comportamiento reológico

El chocolate oscuro exhibe un comportamiento reológico complejo, es decir, es un fluido no newtoniano que muestra un límite elástico aparente y una viscosidad plástica, dependiendo del proceso de fabricación, (Afoakwa, E. O., 2016). La Tabla 3 presenta el

valor de rendimiento de Casson y la viscosidad plástica de Casson para todos los chocolates oscuros. A partir de los datos presentados, el rendimiento de Casson del chocolate control (17,01 Pa) fue significativamente igual ($p < 0,05$) al chocolate con 3% de SIO (17,89 Pa) y el chocolate con 4,5% de SIO (16,08 Pa). El chocolate con 1,5% de SIO (14,65 Pa) y el chocolate con 4,5% de SIO (16,08 Pa) no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$). El rendimiento de Casson más alto fue el chocolate con 3% de SIO y el más bajo el chocolate con 1,5% de SIO. Para la viscosidad plástica de Casson el control (2,08 Pa,s) fue significativamente diferente de ($p < 0,05$) del chocolate con 1,5% de SIO, chocolate con 3% de SIO y el chocolate con 4,5% de SIO. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en la viscosidad plástica de Casson del chocolate con 1,5% de SIO (1,78 Pa,s) y el chocolate con 3% de SIO (11,81 Pa,s). Sin embargo, el chocolate con 4,5% de SIO (1,60 Pa,s) fue significativamente diferente ($p < 0,05$) que el control, chocolate con 1,5% de SIO y chocolate con 3% de SIO. Se puede observar que la viscosidad plástica de Casson disminuyó a medida que aumentó el porcentaje de SIO, esto se debe a que las propiedades reológicas están estrictamente relacionadas con los diferentes procesos de fabricación, desde la mezcla hasta la etapa de refinación, hay un aumento drástico de todos los parámetros reológicos. Posteriormente, la adición de CB y SIO en la fase de conchado, cubriendo las partículas de azúcar y cacao, redujo las interacciones y creó más espacio vacío entre ellas (lleno de SIO). Esta acción lubricante implicó una disminución en la reología, (Glicerina, Balestra, Marco, & Romani, 2013).

3. Textura de un chocolate oscuro

La textura es extremadamente importante para la evaluación de las características sensoriales de un chocolate durante el consumo, (Glicerina, Balestra, Marco, & Romani, 2013). En la tabla 4 se presenta los resultados de la textura, donde el control (5451), el chocolate con 3% de SIO (5562) y el chocolate con 4,5% de SIO (4739) no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto a textura. El chocolate con 1,5% de SIO (3503) y el chocolate con 4,5% de SIO (4739) no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$). Sin embargo, el chocolate con 1,5% de SIO tuvo el valor más bajo, esto puede ser debido a un mal templado, donde afirma (Rezende V., Benassi T., Vissotto Z., & Augusto C., 2015) que la textura se deriva de la microestructura cristalina, por lo tanto, está influenciada por la composición y las condiciones de procesamiento, que resulta de la cristalización de triglicéridos durante el templado de la manteca de cacao, un buen templado promueve la dureza, el brillo y la durabilidad contra el daño físico y térmico.

Adiguna & Casimir C., (2018) muestran en sus datos que la incorporación de manteca de Illipe en el chocolate tenía la mayor resistencia a la ruptura y no hubo diferencias significativas con el control. Lo cual podemos decir que SIO no afecta las propiedades de textura del chocolate y es una buena alternativa de sustitución.

4. Análisis sensorial

La Tabla 5 muestra los resultados del análisis sensorial de los panelistas hacia el chocolate oscuro que contiene SIO. Del resultado obtenido, no hubo cambios significativos ($p > 0,05$) en el sabor del chocolate con 3% de SIO ($7,32 \pm 0,04$) y el chocolate con 4,5% de SIO ($7,54 \pm 0,05$). Además, el control ($7,17 \pm 0,04$) y el chocolate con 3% de SIO ($7,32 \pm 0,04$) tampoco hubo una diferencia significativa ($p < 0,05$) en el sabor. Sin embargo, el chocolate con 1,5% de SIO ($6,56 \pm 0,19$) fue significativamente diferente ($p < 0,05$) que el control, el chocolate con 3% de SIO y el chocolate con 4,5% de SIO. Los panelistas obtuvieron una puntuación similar al sabor de todo el chocolate oscuro en un rango de 6,4 y 7,6. (Abdul Halim *et al.*, 2018) en su estudio produjeron chocolates que contienen sustituto de manteca de cacao por aceite de coco, los panelistas preferían y aceptaban el chocolate C que contiene el nivel más alto de CNO. Se puede concluir que SIO dio una mejor percepción hacia la preferencia del consumidor.

El contenido de cacao afecta al color del chocolate; a mayor porcentaje de cacao, más estable es el color, (Flores, 2014). Para Afoakwa, (2016), un buen chocolate debe tener un color marrón claro a oscuro continuo y un aspecto brillante. La apariencia del chocolate proporciona una gran influencia a la aceptación del consumidor desde la primera vista. De los resultados obtenidos el control ($7,34 \pm 0,09$), no hubo cambios significativos con el chocolate con 3% de SIO ($7,47 \pm 0,15$) y el chocolate con 4,5% de SIO ($7,51 \pm 0,01$); sin embargo, el chocolate con 1,5% de SIO ($6,83 \pm 0,09$) es diferente a los demás tratamientos.

Los chocolates son deseables cuando tienen una buena resistencia a la rotura, proporcionan una sensación apropiada en la boca, durabilidad contra daños térmicos y físicos, (Rezende V., Benassi T., Vissotto Z., & Augusto C., 2015). La mayoría de los panelistas prefirieron el chasquido del chocolate con 4,5% de SIO con la puntuación más alta. El chocolate con 4,5% de SIO ($7,57 \pm 0,08$) fue significativamente diferente ($p < 0,05$) que el control, el chocolate con 1,5% de SIO y el chocolate con 3% de SIO. El

chocolate control ($7,21 \pm 0,10$), no hubo cambios significativos ($p > 0,05$) con el chocolate con 3% de SIO ($7,28 \pm 0,09$). Además, el chocolate con 1,5% de SIO ($6,43 \pm 0,08$) fue significativamente diferente ($p < 0,05$) que el control, el chocolate con 3% de SIO y el chocolate con 4,5% de SIO. Podemos entender que SIO no afecta el chasquido de los chocolates ni le quita la dureza, sin embargo, el temple es el paso crucial para determinar las características de brillo, presión, firmeza y fusión, (Ohene Afoakwa, Paterson, & Fowler, 2008). Abdul Halim et al., (2018) afirman que, durante el templado, se forman los cristales estables de βV en CB, lo que proporciona las buenas características de fusión a los productos del chocolate. Esto podría ser la razón por la cual el chocolate con 1,5% de SIO tuvo el puntaje más bajo, hubo una mala preparación en comparación con el chocolate control, el chocolate con 3% de SIO y el chocolate con 4,5% de SIO.

En el brillo no hubo una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre el chocolate con 3% de SIO ($7,52 \pm 0,04$) y el chocolate con 4,5% de SIO ($7,60 \pm 0,07$) obteniendo los puntajes más altos. El control tuvo un puntaje de ($7,21 \pm 0,15$) seguido del chocolate con 1,5% de SIO ($6,91 \pm 0,10$). La apariencia más brillante es el chocolate con 4,5% de SIO. Según (Abdul Halim et al., 2018) se cree que es debido al contenido de ácido láurico en el chocolate, es una grasa no polimorfa que puede fusionarse en una mezcla de grasa de cacao y volverse estable, por lo que resulta en una apariencia brillante. De manera similar, en este estudio, la adición de SIO como CBS había mejorado la apariencia del chocolate oscuro dándole una apariencia más brillante y atractiva. En la aceptabilidad general, los resultados muestran que todas las tabletas de chocolates oscuros de SIO como CBS, fueron evaluadas con una calificación alta por los panelistas, siendo el chocolate con 4,5% de SIO el más aceptado por los panelistas en comparación con el control. Esto se puede concluir que SIO dio una mejor percepción hacia la preferencia del consumidor.

V. CONCLUSIONES

Se desarrolló un chocolate oscuro para consumo directo sustituido parcialmente de CB por SIO, en diferentes concentraciones. Se determinó que los porcentajes de SIO, influyen de manera significativa en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

El chocolate tiene una cantidad diferente de contenido total de fenoles y actividad antioxidante debido al diferente nivel de SIO aplicado. El uso de SIO redujo el comportamiento reológico del chocolate, pero aún dentro del límite permitido, al igual que la textura también tuvo cambios significativos debido a los diferentes niveles de SIO. La sustitución de SIO en el chocolate mejoró las preferencias del consumidor hacia el análisis sensorial.

El chocolate con 4,5% de SIO, tuvo los puntajes más altos en sabor, color, chasquido, brillo y aceptación general. En conclusión, se puede decir que SIO es un buen sustituto y es aceptado por los consumidores.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul Halim, H., Jinap, S., Seyed Hamed, M., & Norhayati, H. (2018). Sensory preference and bloom stability of chocolate containing cocoa butter substitute from coconut oil. *science direct*, 1-6.
- Afoakwa, E. O. (2016). *Chocolate science and technology*, (2nd Ed), John Wiley & Sons Ltd, 422 Chichester, UK. 423.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., & Fowler, M. (2008). Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European Food Research and Technology*, (6) 1259-1268.
- Arts et al., MJ Arts, GR Haenen, LC Wilms, SA Beetstra, CG Heijnen, H.-P. Voss, A. Bast. (2002). Interacciones entre flavonoides y proteínas: efecto sobre la capacidad antioxidante total. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (5), 1184-1187.
- Beckett, (2008). La ciencia del chocolate. *The Royal Society of Chemistry*, (2ªed). 347-580.
- Biswas, N., Lin Cheow, Y., Ping Tan, C., & Fong Siow, L. (2017). Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *ScienceDirect*, 420.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Brookfield Engineering Lab. Inc. Manual No. M08-373. "Brookfield Texture Pro CT". Obtenido en: <http://www.brookfieldengineering.com>.
- Bussmann, Rainer; C. Téllez; A. Glenn. (2009). Journal Of Botanic (Diario Internacional de Botánica y Microbiología), *Science Direct*, 17-21.
- Coklar, H. y Akbulut, M. (2017). Antocianinas y compuestos fenólicos de Bayas de Mahoria aquifolium y sus contribuciones a la actividad antioxidante. *J. Funct. Alimentos*, 35, 166-174.

- Flores, N. (2014). Efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por grasa de almendra de mango/oleína de palma sobre las propiedades físicas y aceptabilidad general de cobertura sabor a chocolate. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. *Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.*
- ICA. (2000). International Confectionery Association. Viscosity of cocoa and chocolate products. Analytical Method. CAOBISCO, B-1000 Bruxells, Belgium, 46- 498.
- Garcés, I. C., & Cuéllar Sánchez, M. (1997). Productos derivados de la industria de la palma de aceite. Usos. *Science Direct*, 39- 40.
- Gioielli, M., Medeiros, M., & Lannes, S. (2004). Rheological properties of cupuassu and cocoa fats. *ScienceDirect*, 115 - 121.
- Glicerina, V., Balestra, F., Marco, D. R., & Romani, S. (2013). Modificaciones reológicas, texturales y calorimétricas del chocolate negro durante el proceso. *ScienceDirect*, 173-179.
- Guillén, M.; Ruiz, A.; Cabo, N.; Chirinos, R.; Pascual, G. (2003). Characterization of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) oil by FTIR spectroscopy and HNMR. *Comparison with linseed oil. Journal of Oil & Fat Industries*, (80) 755-762.
- Gültekin-Özgülven, M., Berktaş, İ., & Özçelik, B. (2016). Influence of processing conditions on procyanidin profiles and antioxidant capacity of chocolates: Optimization of dark chocolate manufacturing by response surface methodology. *LWT, Food Science and Technology*, (66) 252-259.
- konar, N., Omer, S., Sirin, O., & Osman, S. (2016). Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. *Trends in Food, Science & Technology*, 35- 44.
- Liu KJ, Chang H-M and Liu K-M. (2007). Enzymatic synthesis of cocoa butter analog through interesterification of lard and tristearin in supercritical carbon dioxide by lipase. *SciELO*, (100) 1303-1311.

- Nara Nadia, B., Pereira de Andrade, D., Lacerda Ramos, C., Ribeiro Dias, D., & Rosane Freitas Shawan. (2016). Capacidad antioxidante de los granos de cacao y chocolate evaluados por FTIR. *Science Direct*, 313-319.
- Nightingale , L., Yeun Lee, S., & Engeseth, N. (2011). Impacto del almacenamiento en el chocolate negro: textura y cambios polimórficos. *Food Science*, 142-153.
- Norma Alayón, A., & Echeverri J., I. (2016). Sacha Inchi (*plukenetia volubilis linneo*): Una experiencia ancestral desaprovechada. Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Rev Chil Nutr*, 169.
- Ohene Afoakwa, E., Paterson, A., & Fowler, M. (2008). Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European food research and technology*, 13.
- Oke, F., Aslim, B., Ozturk, S., & Altundag, S. (2009). Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Food Chemistry*, 112(4), 874-879.
- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., & Diamantidis, G. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 7-20.
- Ramón Ceballos, M. (2016). Estudio de los efectos de modificadores del comportamiento reológico y del estado sólido en chocolate y sus ingredientes. Tesis doctoral de la Universidad Católica de Córdoba, 18-115.
- Rezende V., Benassi T., Vissotto Z., & Augusto C. (2015). Effects of fat replacement and fibre addition on the texture, sensory, acceptance and structure of sucrose-free chocolate. *Food Science Technology*, 6.
- Romero Hidalgo, L., Valdiviezo Rogel, C., & Bonilla Bermeo, S. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *SciELO*, 77-87.

- Scherer, R., & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, 112(3), 654-658.
- Singleton, V., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. En *Methods in enzymology*. Academic Press.
- Vinces Gordillo, S. (2019). Efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por extracto concentrado de yacón y de la adición de lecitina de soya en el color, viscosidad, firmeza y aceptabilidad general en una cobertura de chocolate. Perú: *Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO*, 43-78.
- Wollgast, E. y Anklam, J. Wollgast, (2000). Polifenoles en Theobroma cacao: cambios en la composición durante la fabricación de chocolate y metodología para identificación y cuantificación. *Food Research International*, 423- 447.
- Żyżelewicz, D., Budryn, G., Oracz, J., Antolak, H., Kręgiel, D., & Kaczmarska, M. (2018). The effect on bioactive components and characteristics of chocolate by functionalization with raw cocoa beans. *Food Research International*, (113), 234-244.

ANEXOS

Anexo 1. actividad antioxidante y contenido de fenoles totales.

ANOVA unidireccional: IC50 vs. Muestra

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

Muestra 4 T1R; T2R; T3R; T4R

Análisis de Varianza

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

Muestra	3	0.000052	0.000017	0.50	0.691
---------	---	----------	----------	------	-------

Error	8	0.000276	0.000034		
-------	---	----------	----------	--	--

Total	11	0.000328			
-------	----	----------	--	--	--

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.0058719	15.86%	0.00%	0.00%
-----------	--------	-------	-------

Medias

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

T1R	30.01077	0.01129	(0.00295; 0.01858)
-----	----------	---------	--------------------

T2R	30.007300	0.001311	(-0.000518; 0.015118)
-----	-----------	----------	-----------------------

T3R	30.00640	0.00245	(-0.00142; 0.01422)
-----	----------	---------	---------------------

T4R	30.005167	0.001662	(-0.002651; 0.012984)
-----	-----------	----------	-----------------------

Desv. Est. agrupada = 0.00587190

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Muestra	N	Media	Agrupación
---------	---	-------	------------

T1R	30.01077	A
-----	----------	---

T2R	30.007300	A
-----	-----------	---

T3R	30.00640	A
-----	----------	---

T4R	30.005167	A
-----	-----------	---

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 6. Actividad Antioxidante

Muestra	Dil_1	Dil_2	Dil_3	Dil_4	Dil_5	Blanco	Control	% I1	% I2	% I3	% I4	% I5	IC50
T1R1	0,063	0,090	0,128	0,327	0,443	0,015	0,866	92,725	89,607	85,219	62,240	48,845	0,0040
T1R2	0,077	0,094	0,135	0,295	0,405	0,006	0,749	89,720	87,450	81,976	60,614	45,928	0,0238
T1R3	0,094	0,112	0,123	0,282	0,457	0,010	0,851	88,954	86,839	85,546	66,863	46,298	0,0041
T2R1	0,102	0,019	0,165	0,329	0,612	0,005	0,870	88,276	97,816	81,034	62,184	29,655	0,0071
T2R2	0,088	0,105	0,191	0,304	0,484	0,013	0,747	88,220	85,944	74,431	59,304	35,207	0,0087
T2R3	0,088	0,100	0,179	0,309	0,598	0,006	0,921	90,445	89,142	80,565	66,450	35,071	0,0061
T3R1	0,101	0,114	0,197	0,483	0,679	0,012	0,951	89,380	88,013	79,285	49,211	28,601	0,0088
T3R2	0,109	0,118	0,183	0,388	0,510	0,010	0,857	87,281	86,231	78,646	54,726	40,490	0,0065
T3R3	0,085	0,124	0,171	0,216	0,448	0,005	0,812	89,532	84,729	78,941	73,399	44,828	0,0039
T4R1	0,086	0,085	0,159	0,309	0,403	0,018	0,876	90,183	90,297	81,849	64,726	53,995	0,0034
T4R2	0,117	0,088	0,164	0,360	0,579	0,009	0,886	86,795	90,068	81,490	59,368	34,650	0,0067
T4R3	0,104	0,097	0,174	0,348	0,490	0,012	0,861	87,921	88,734	79,791	59,582	43,089	0,0054

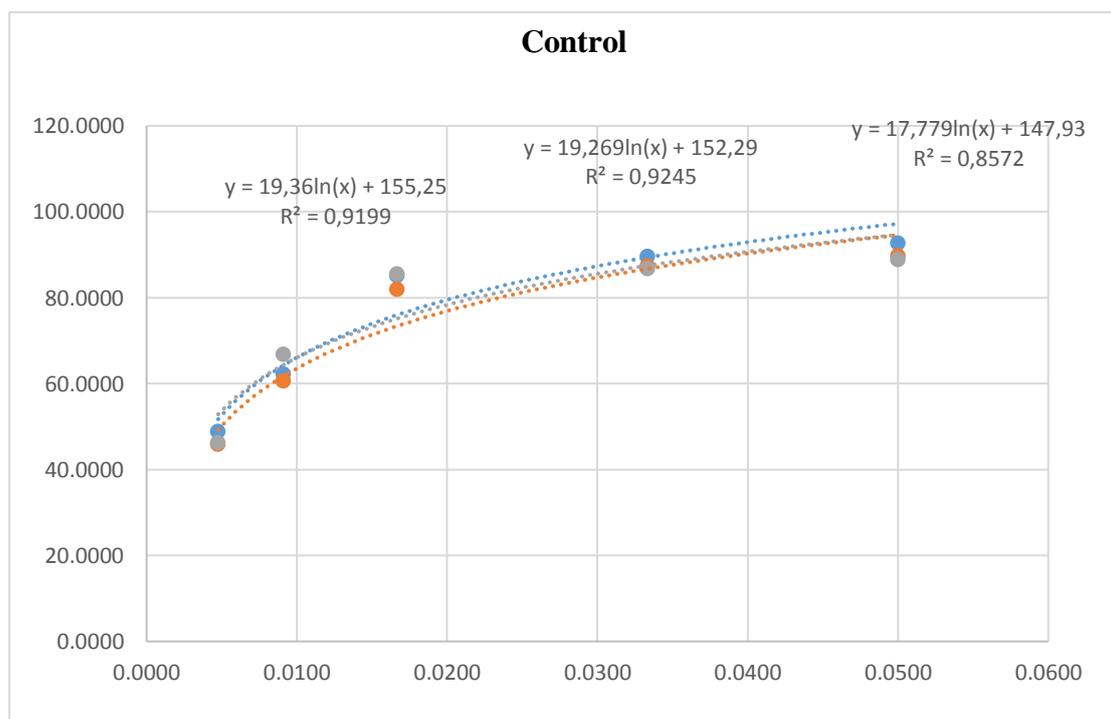


Figura 1. Actividad antioxidante de un chocolate control

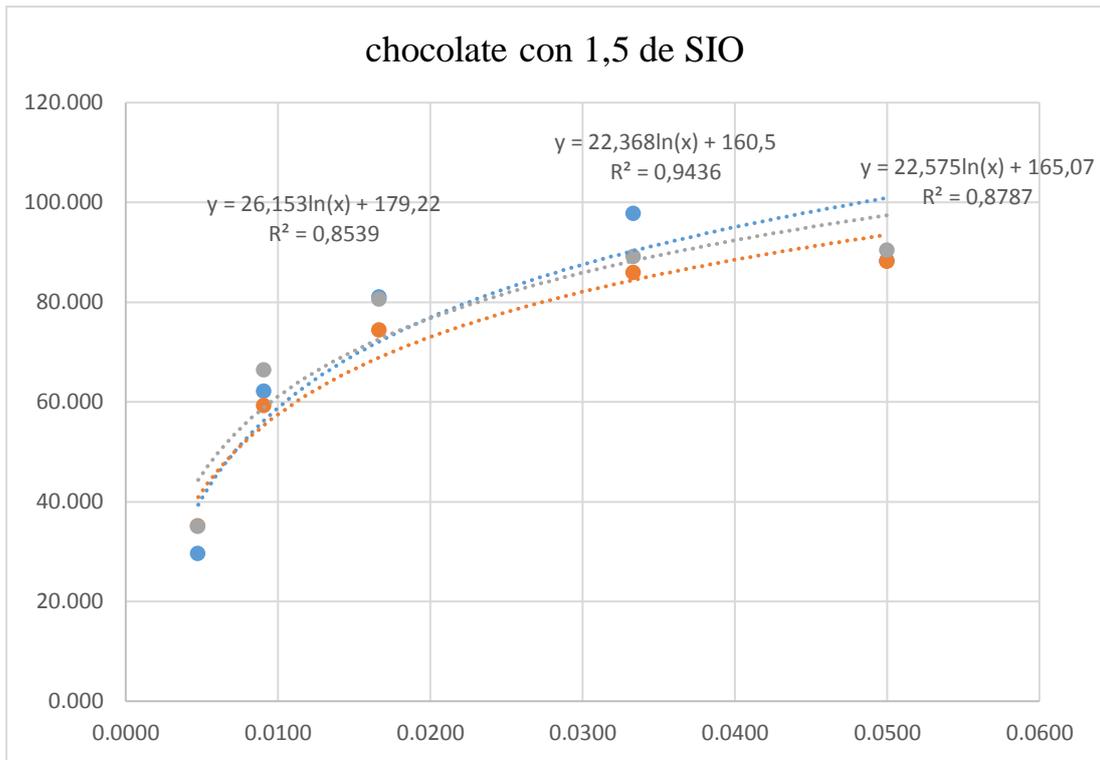


Figura 2. Actividad antioxidante de un chocolate con 1,5% de SIO

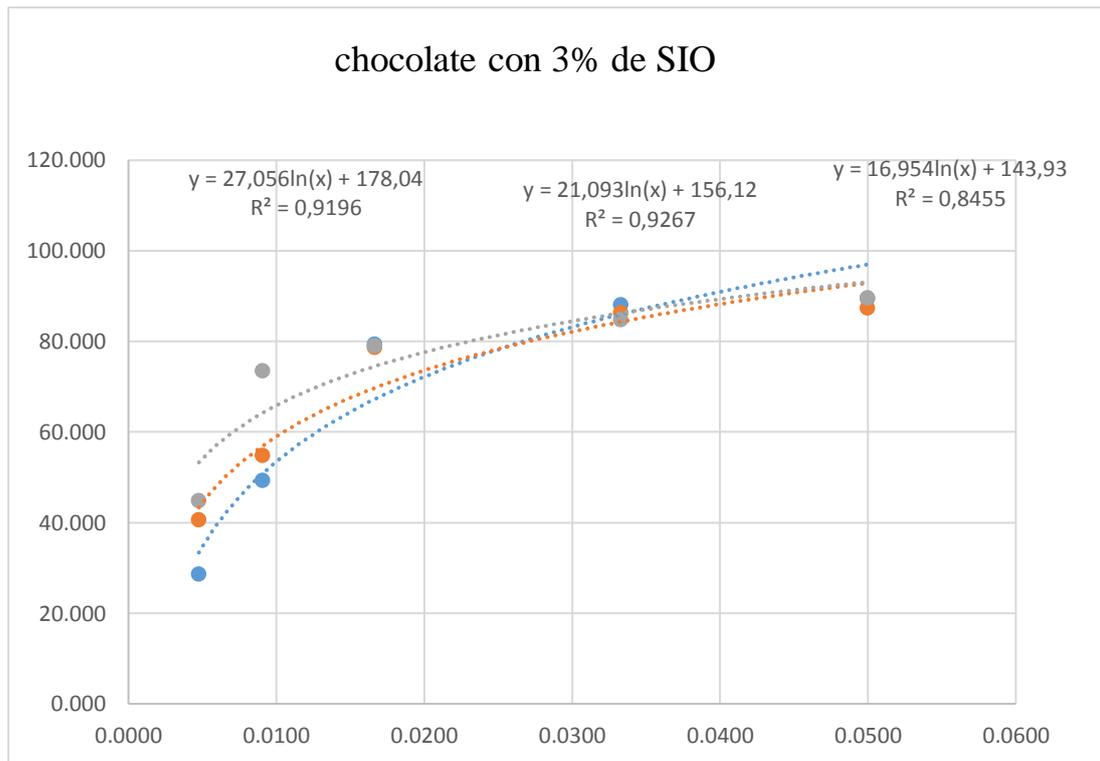


Figura 3. Actividad antioxidante de un chocolate con 3 % de SIO

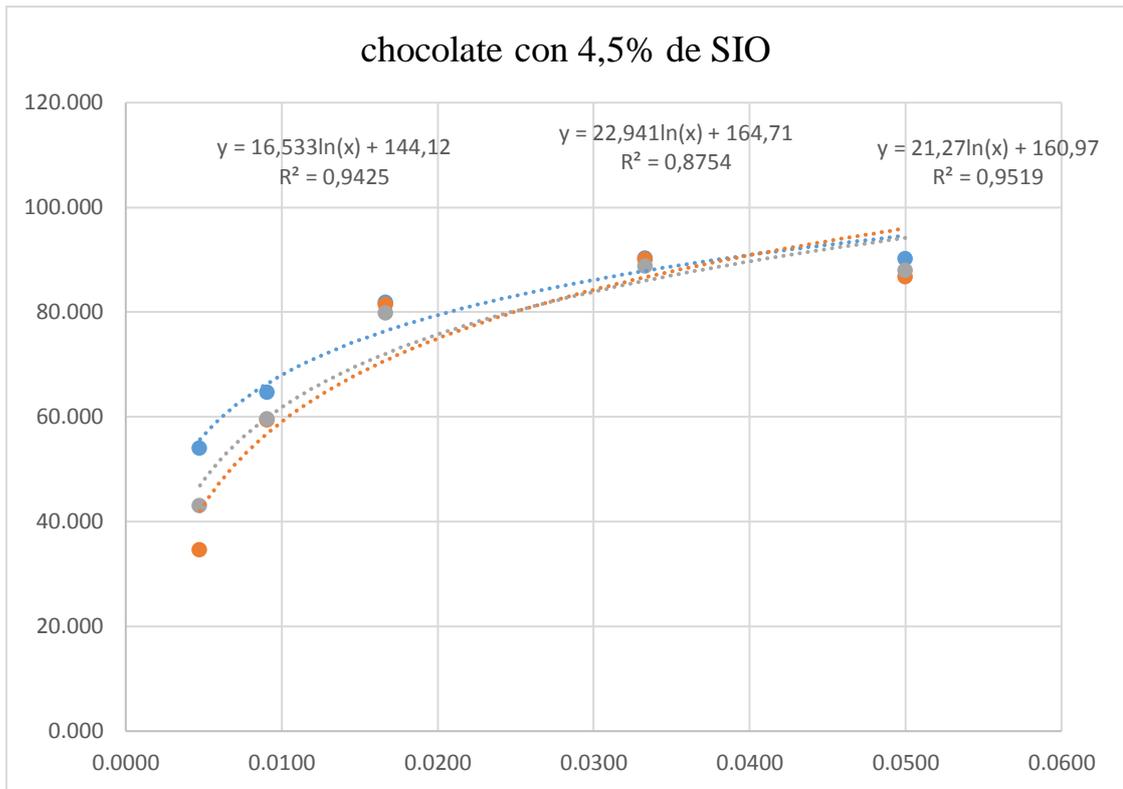


Figura 4. Actividad antioxidante de un chocolate con 4,5% de SIO

Anexo 2. ANOVA unidireccional: mgGAE/g muestra vs. muestra del contenido total de fenoles

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

muestra 4 T1R; T2R; T3R; T4

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
muestra	3	8.287	2.7624	5.57	0.023
Error	8	3.966	0.4958		
Total	11	12.254			

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.704118 67.63% 55.49% 27.17%

Medias

muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1R	3	18.7633	0.1495	(17.8259; 19.7008)
T2R	3	17.063	1.031	(16.126; 18.001)
T3R	3	16.534	0.914	(15.596; 17.471)
T4R	3	17.708	0.252	(16.770; 18.645)

Desv.Est. agrupada = 0.704118

Comparaciones en parejas de Tukey

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

muestra	N	Media	Agrupación
T1R	3	18.7633	A
T4R	3	17.708	A B
T2R	3	17.063	A B
T3R	3	16.534	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

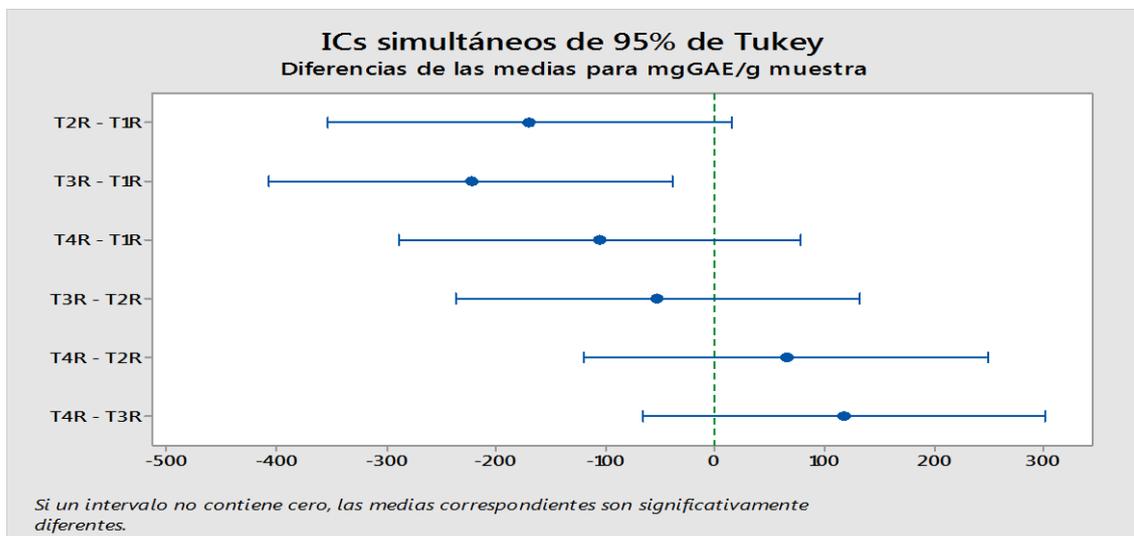


Figura 5. ICs simultáneos de 95% de Tukey del contenido total de fenoles

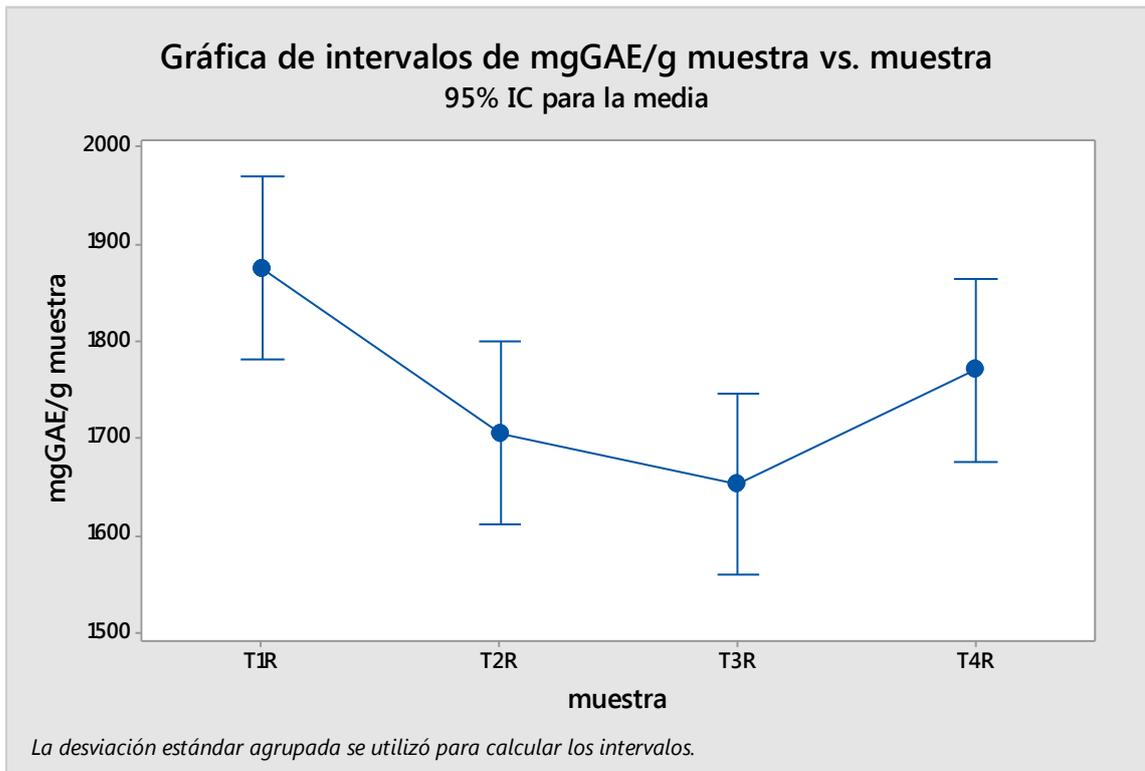


Figura 6. intervalos de mgGAE/g muestras vs. muestra del contenido total de fenoles

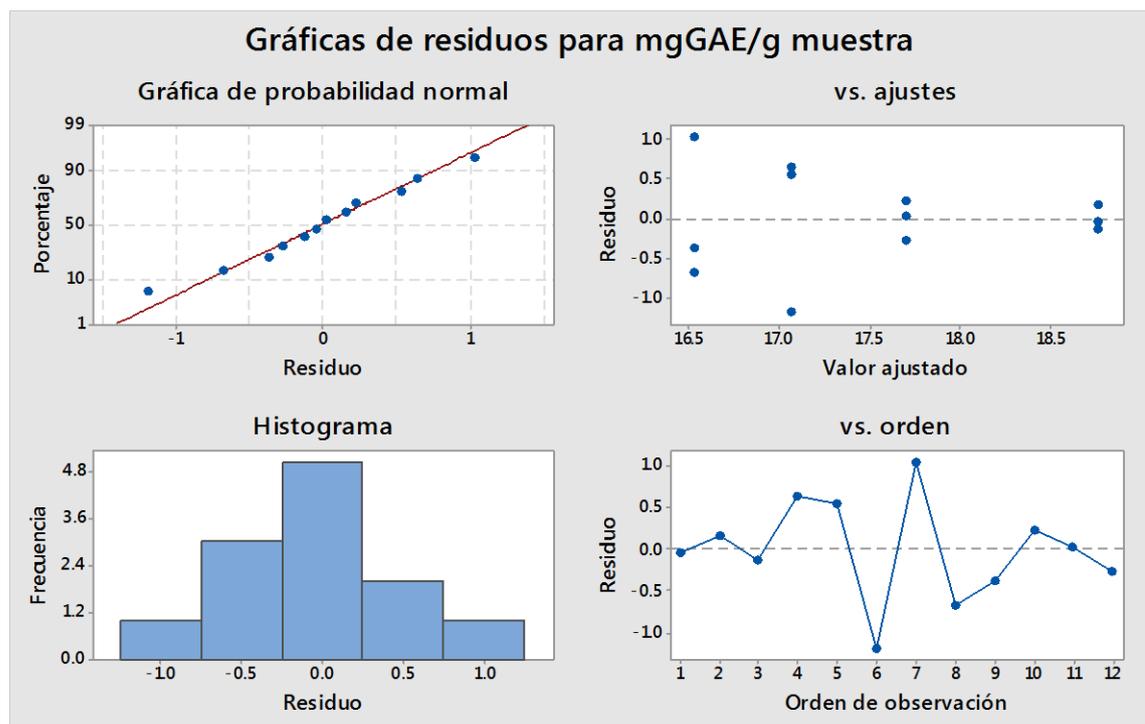


Figura 7. residuos para mgGAE/g muestra del contenido total de fenoles

Anexo 3. Comportamiento reológico de un chocolate oscuro.

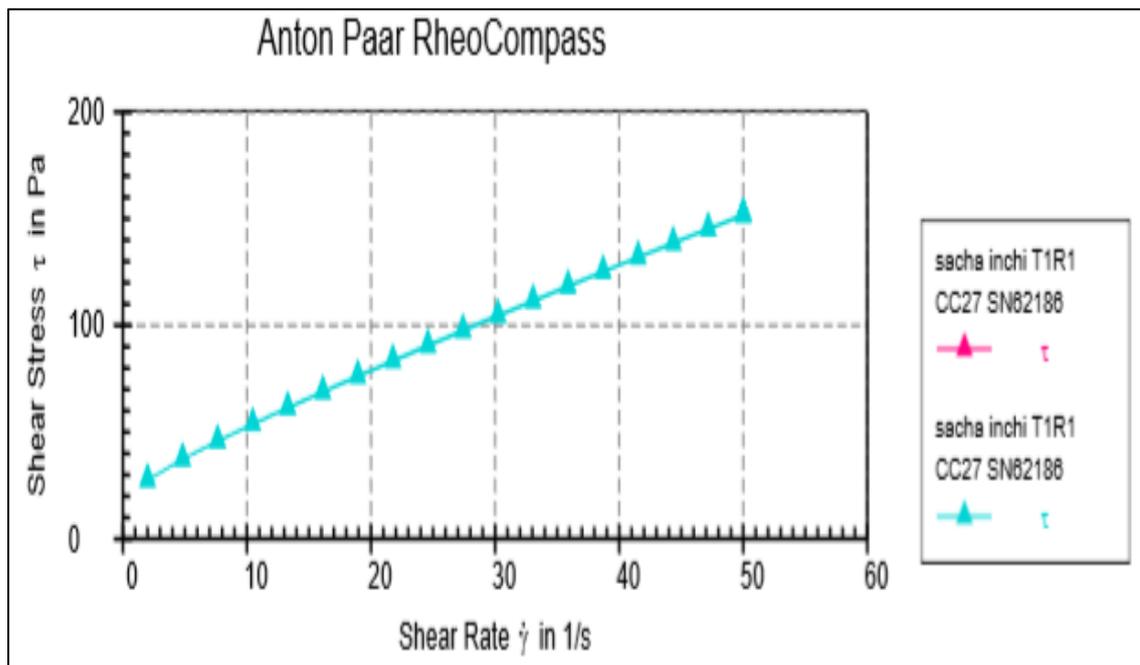


Figura 8. Comportamiento reológico de un chocolate control.

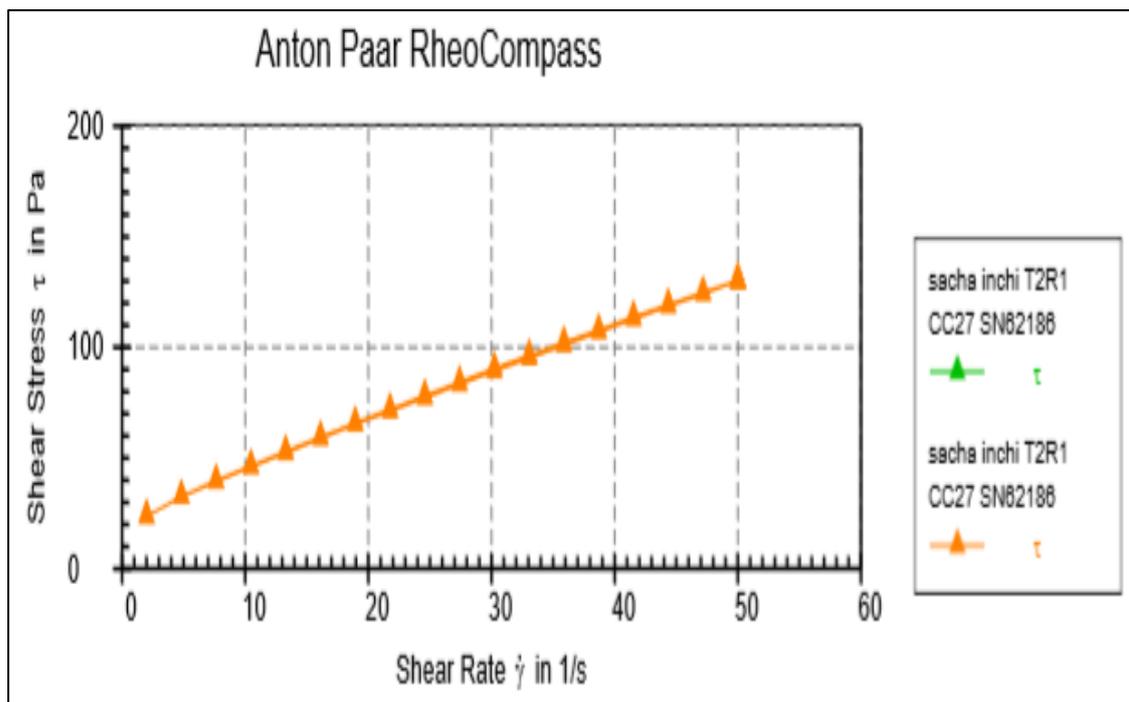


Figura 9. Comportamiento reológico de un chocolate con 1,5% de SiO₂.

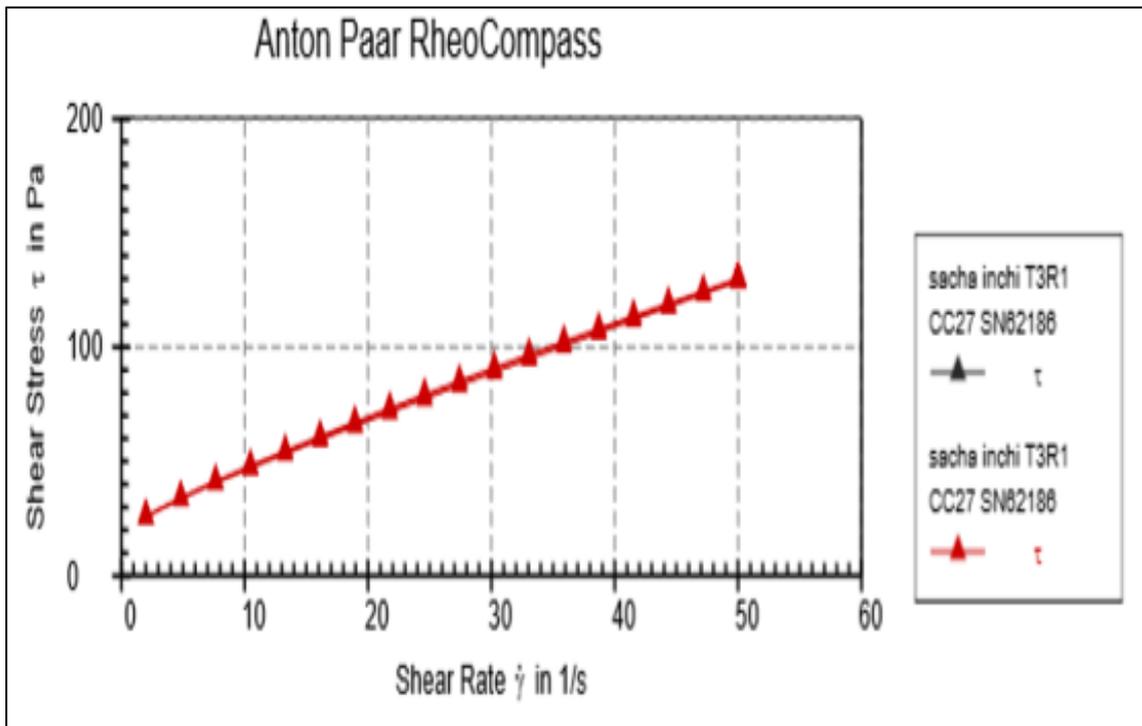


Figura 10. Comportamiento reológico de un chocolate con 3% de SiO₂.

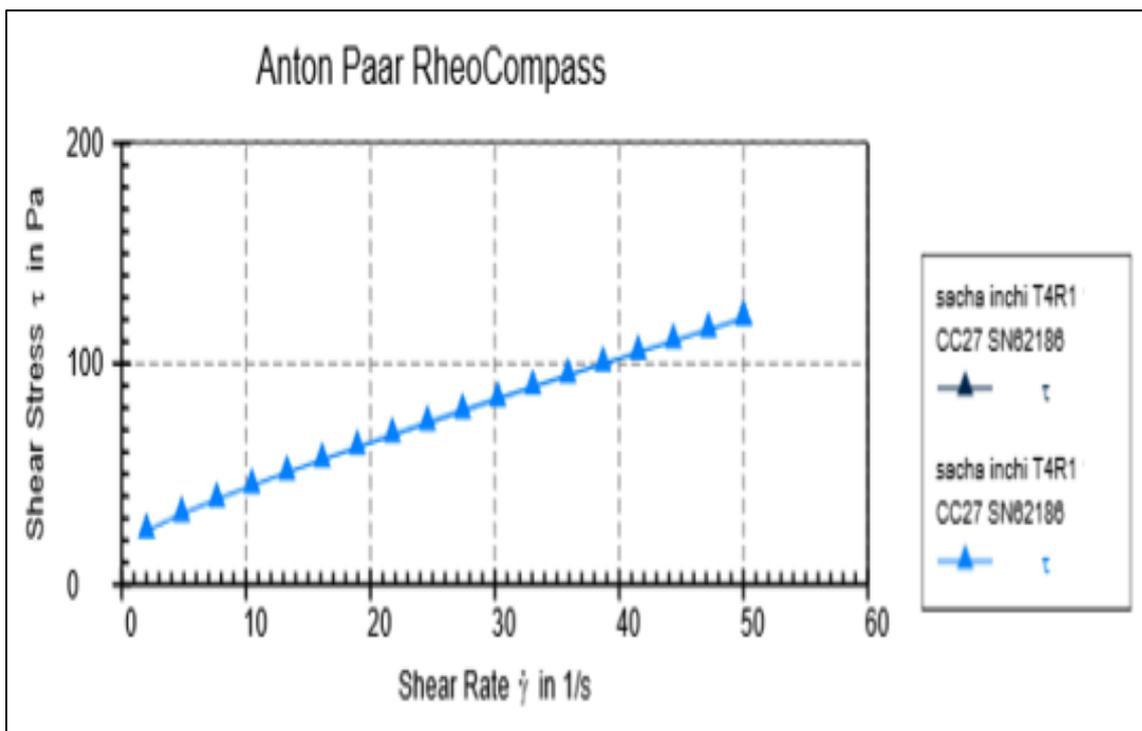


Figura 11. Comportamiento reológico de un chocolate con 4,5% de SiO₂.

Anexo 4. Resultados de textura de un chocolate oscuro

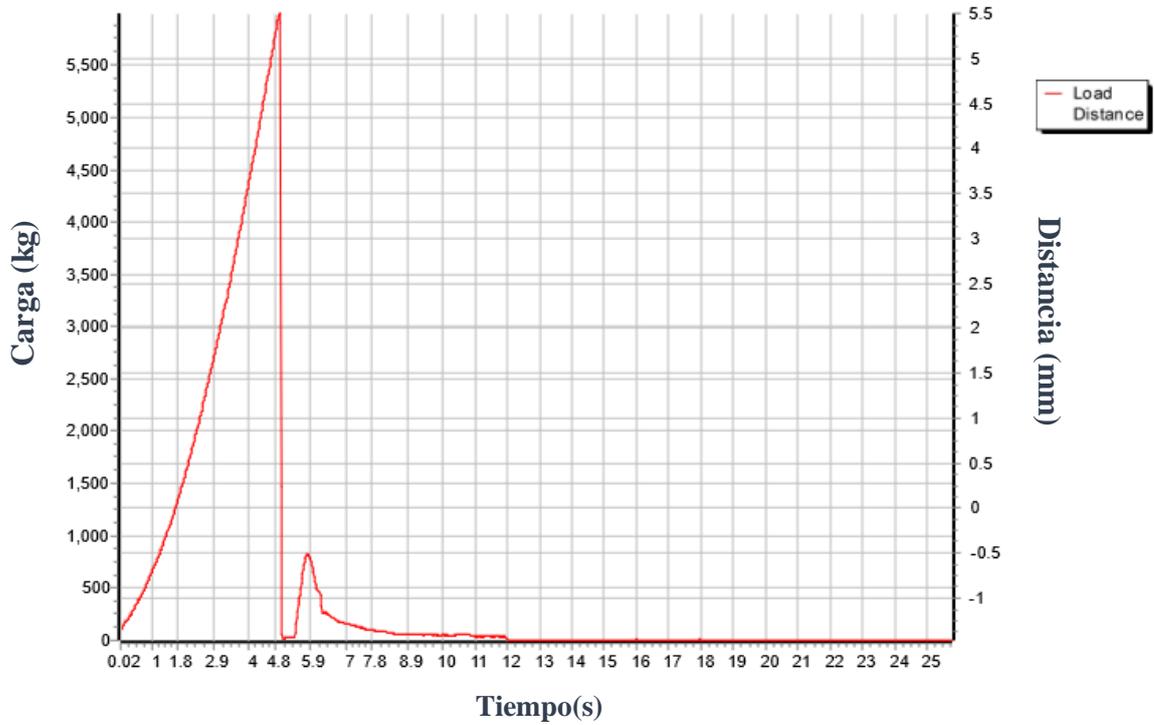


Figura 12. chocolate control.

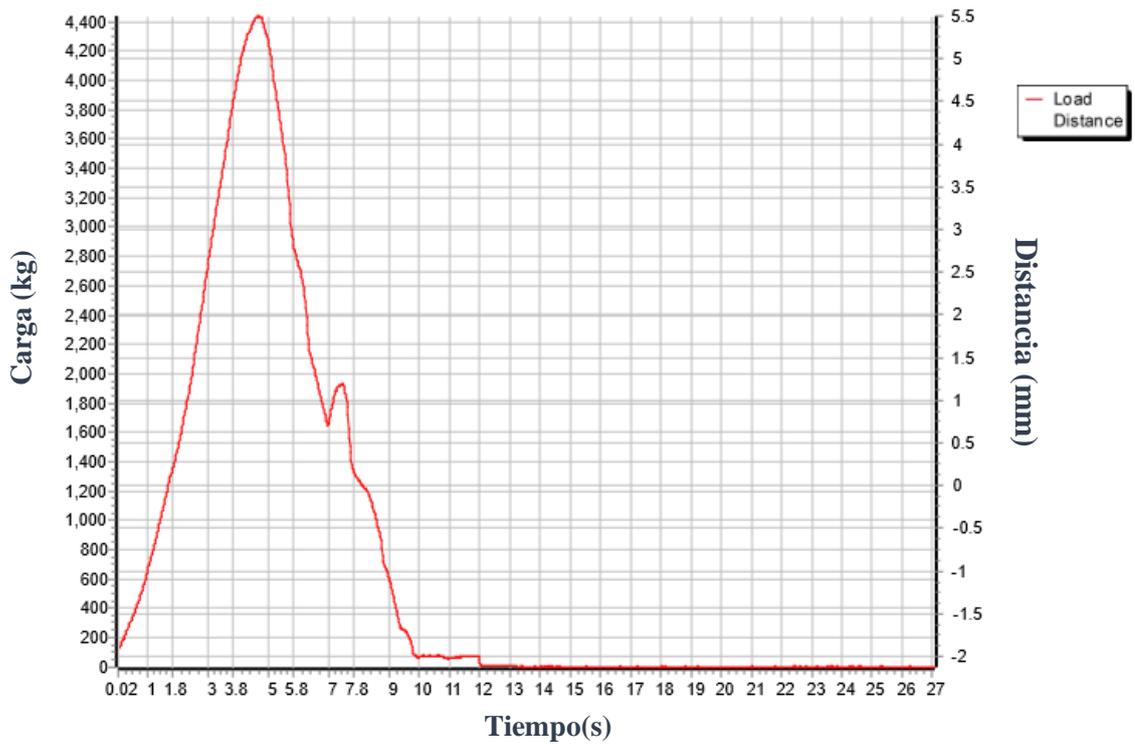


Figura 13. chocolate con 1,5% de SIO.

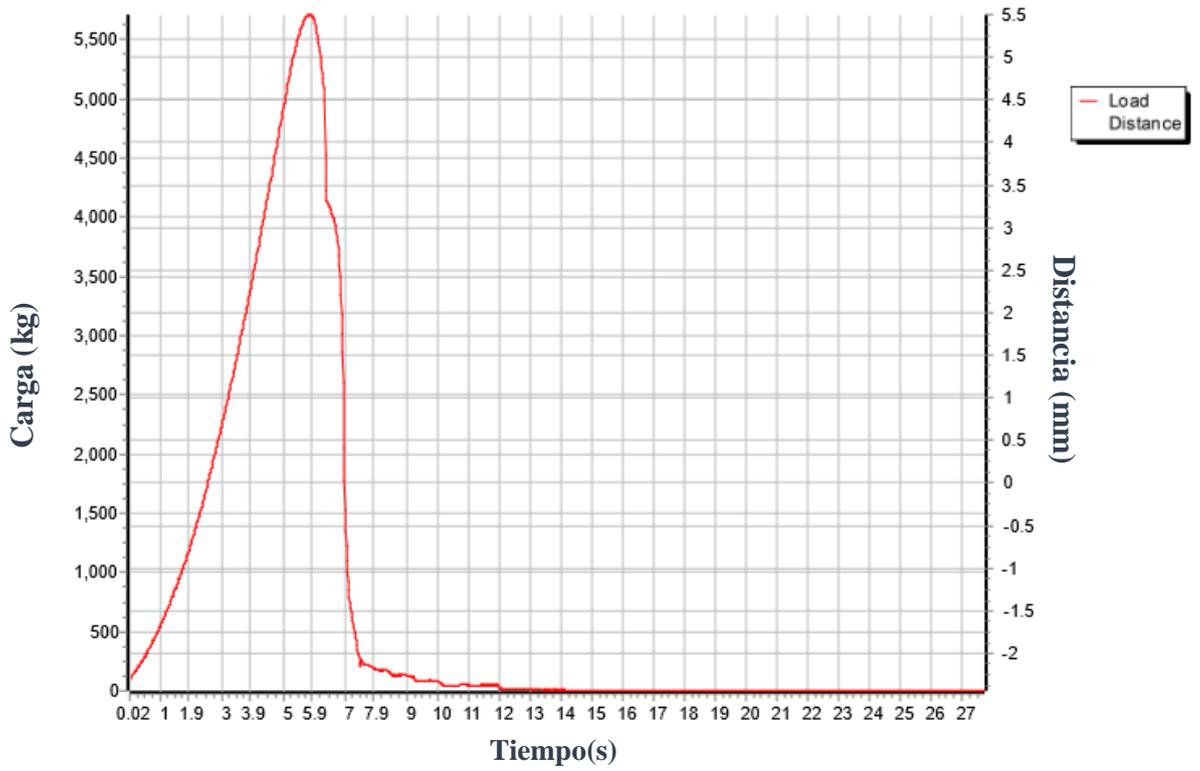


Figura 14. chocolate con 3% de SIO.

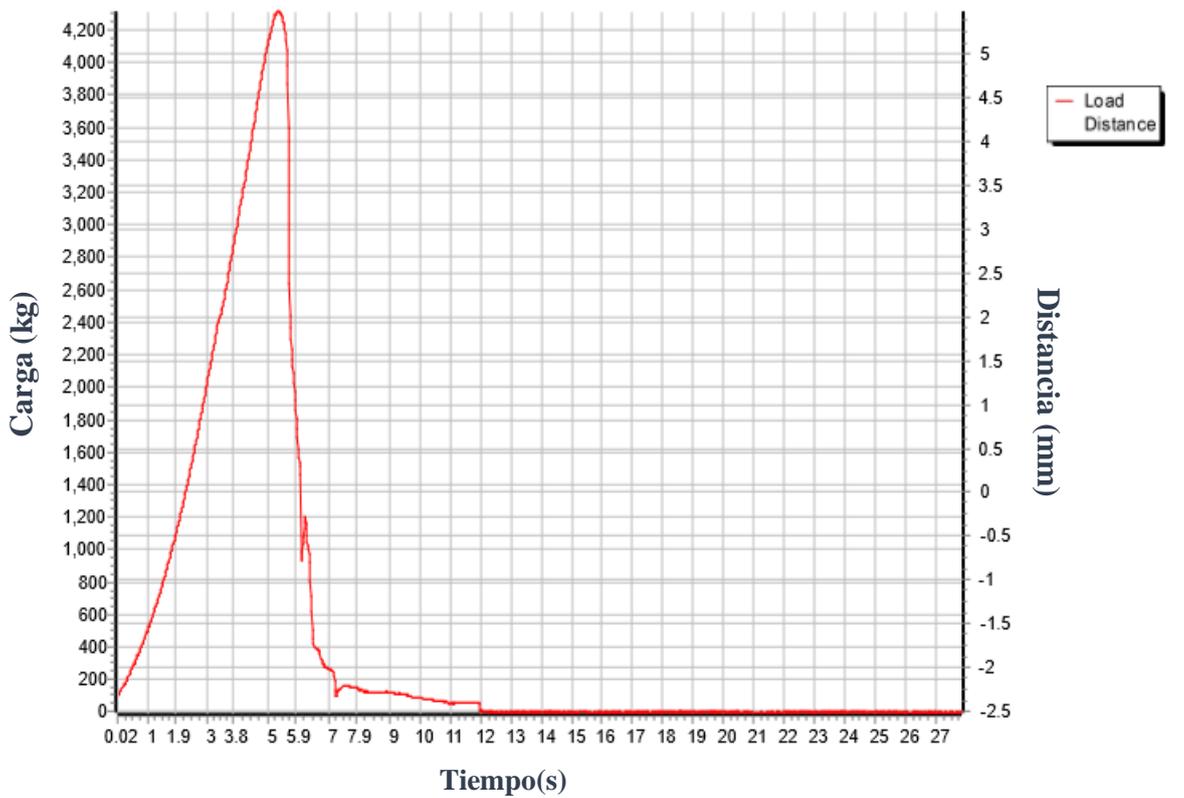


Figura 15. chocolate con 4,5% de SIO

Anexo 5. Resultados del sabor de un chocolate oscuro.

ANOVA unidireccional: sabor vs. chocolate

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

Chocolate 4 (T1R; T2R; T3R; T4R)

Análisis de Varianza

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

Chocolate 3 1.58890 0.52963 49.34 0.000

Error 8 0.08587 0.01073

Total 11 1.67477

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.103602 94.87% 92.95% 88.46%

Medias

Chocolate N Media Desv.Est. IC de 95%

T1R 3 7.1733 0.0416 (7.0354; 7.3113)

T2R 3 6.560 0.193 (6.422; 6.698)

T3R 37.3200 0.0346 (7.1821; 7.4579)

T4R 37.5400 0.0529 (7.4021; 7.6779)

Desv. Est. agrupada = 0.103602

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Chocolate N Media Agrupación

T4R 37.5400 A

T3R 37.3200 A B

T1R 37.1733 B

T2R 36.560 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

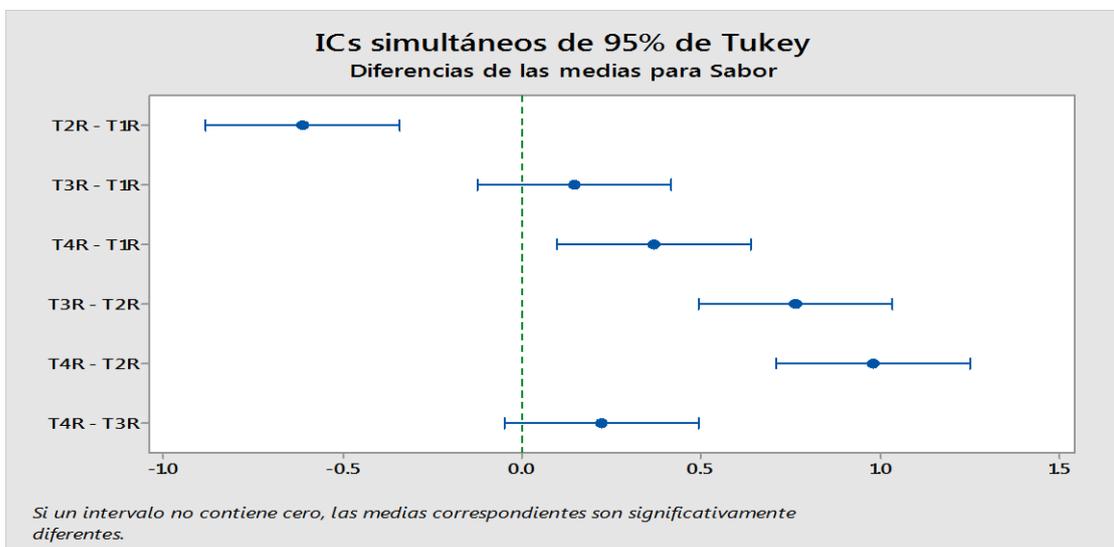


Figura 16. ICs simultáneos de 95% de Tukey del color

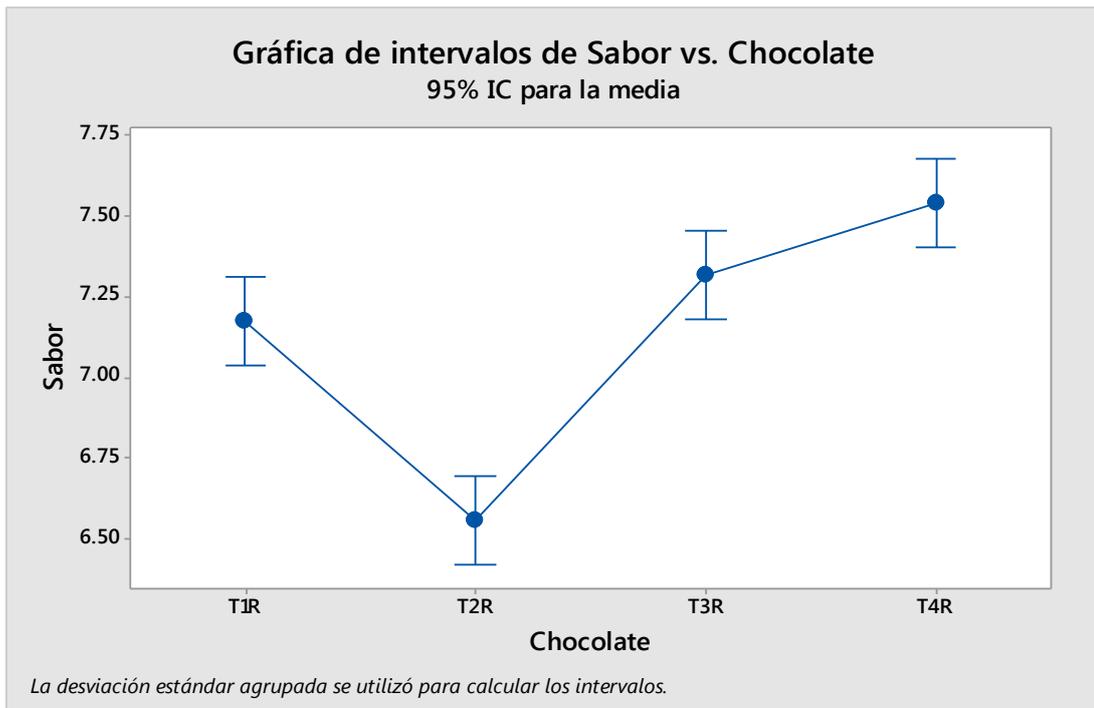


Figura 17. intervalos de sabor vs. chocolate

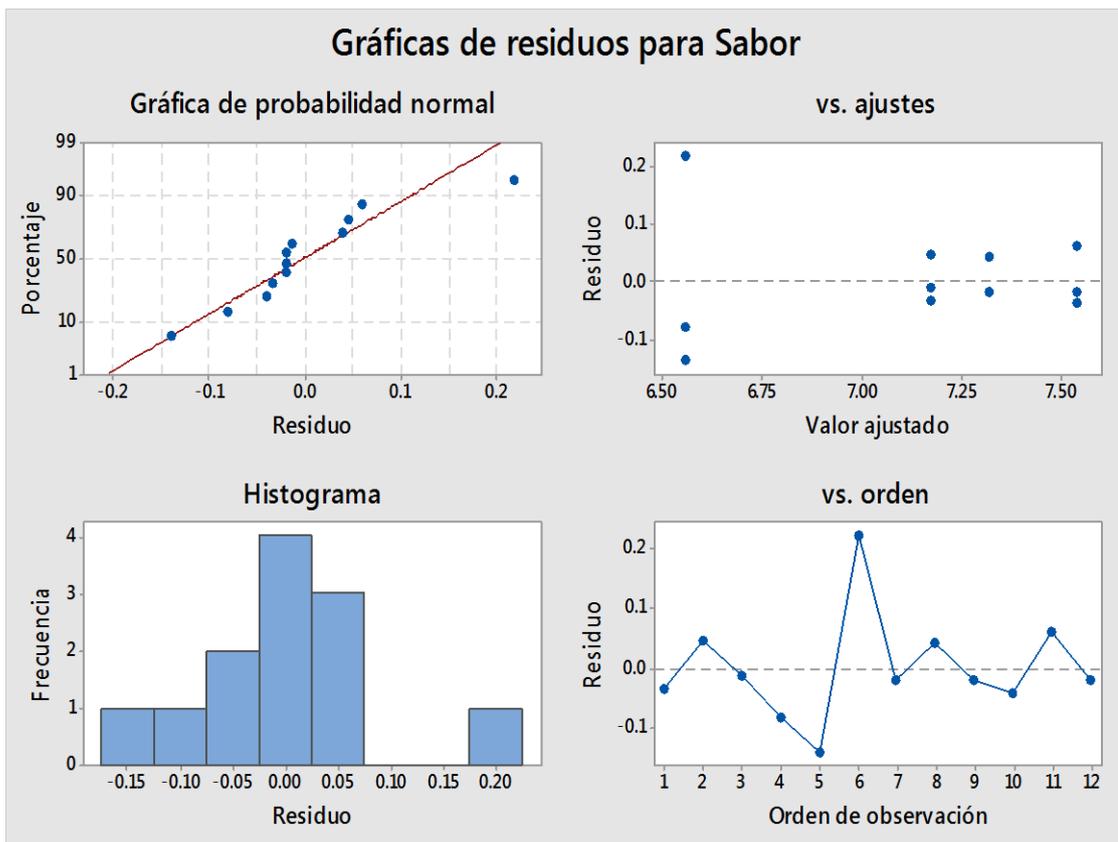


Figura 18. residuos para sabor

Anexo 6. Resultados del color de un chocolate oscuro.

ANOVA unidireccional: color vs. chocolate

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

Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; T4R

Análisis de Varianza

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

Chocolate 3 0.90197 0.300656 30.37 0.000

Error 8 0.07920 0.009900

Total 11 0.98117

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.0994987 91.93% 88.90% 81.84%

Medias

Chocolate N Media Desv.Est. IC de 95%

T1R 37.3400 0.0917 (7.2075; 7.4725)

T2R 36.8267 0.0902 (6.6942; 6.9591)

T3R 37.4733 0.1514 (7.3409; 7.6058)

T4R 37.51333 0.01155 (7.38086; 7.64580)

Desv. Est. agrupada = 0.0994987

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Chocolate N Media Agrupación

T4R 37.51333 A

T3R 37.4733 A

T1R 37.3400 A

T2R 36.8267 B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

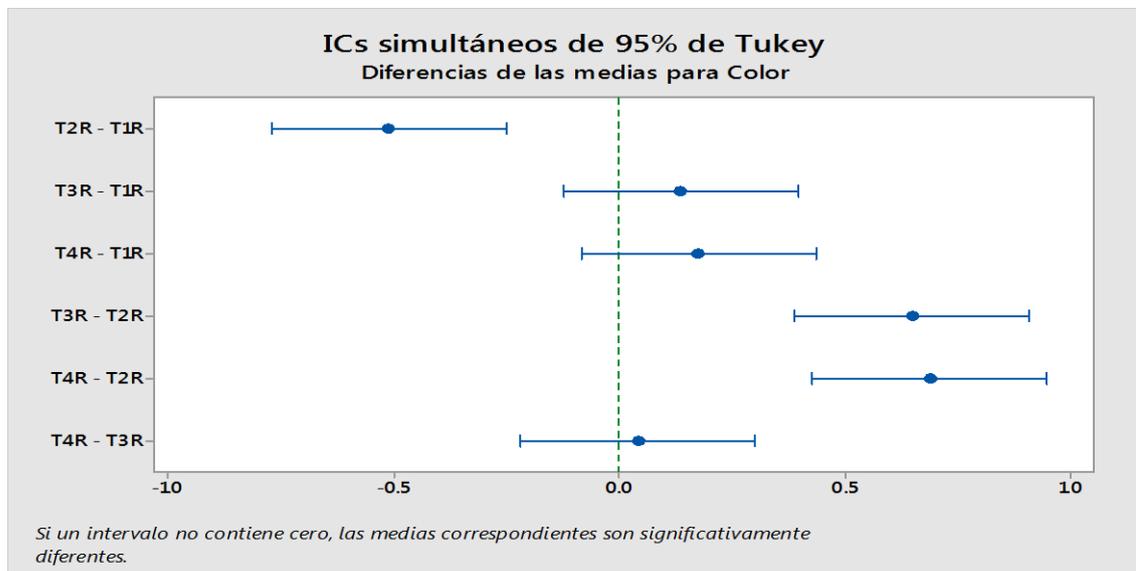


Figura 19. ICs simultáneos de 95% de Tukey del color

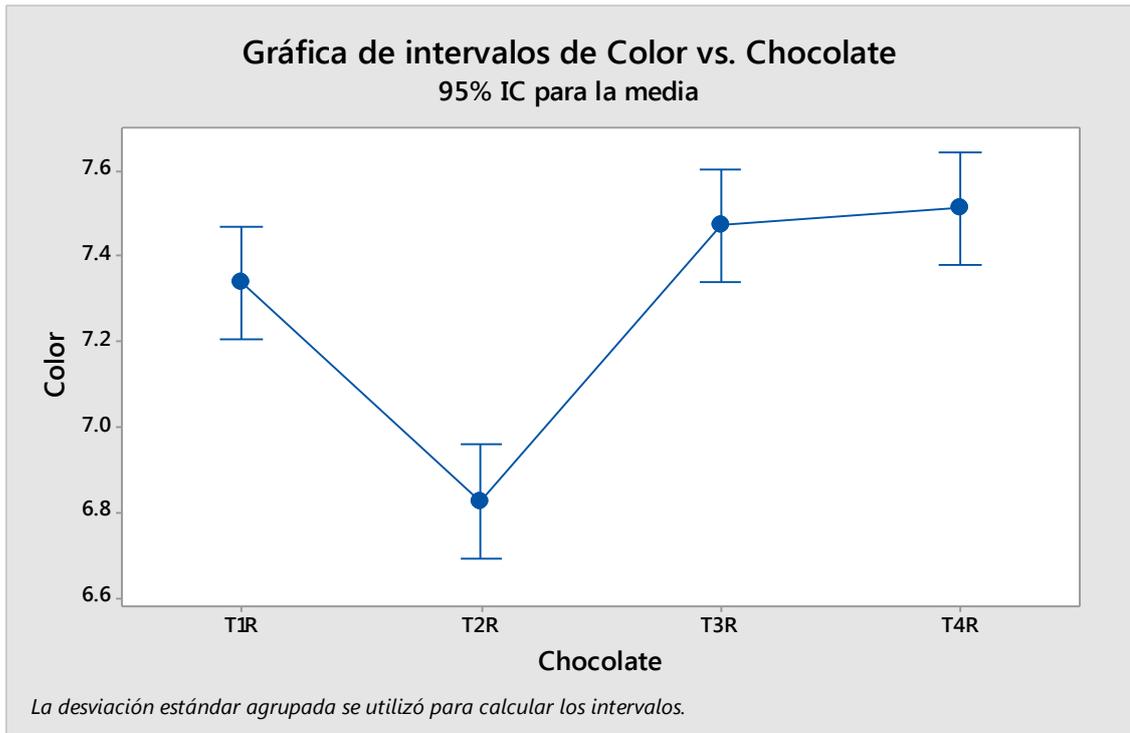


Figura 20. intervalos de color vs. chocolate

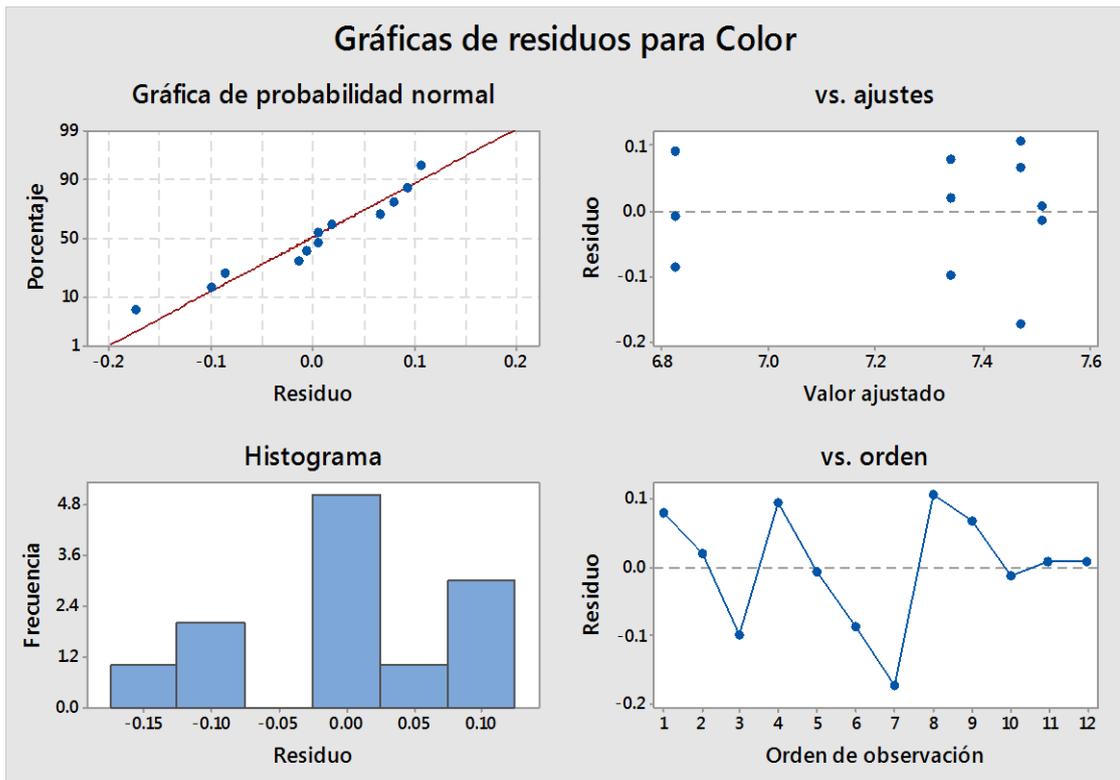


Figura 21. residuos para color

Anexo 7. Resultados del chasquido de un chocolate oscuro.

ANOVA unidireccional: chasquido vs. chocolate

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

Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; T4R

Análisis de Varianza

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

Chocolate 3 2.11587 0.705289 97.96 0.000

Error 8 0.05760 0.007200

Total 11 2.17347

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.0848528 97.35% 96.36% 94.04%

Medias

Chocolate N Media Desv.Est. IC de 95%

T1R 37.2133 0.0987 (7.1004; 7.3263)

T2R 36.4333 0.0702 (6.3204; 6.5463)

T3R 37.2800 0.0872 (7.1670; 7.3930)

T4R 37.5667 0.0808 (7.4537; 7.6796)

Desv.Est. agrupada = 0.0848528

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Chocolate N Media Agrupación

T4R 37.5667 A

T3R 37.2800 B

T1R 37.2133 B

T2R 36.4333 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

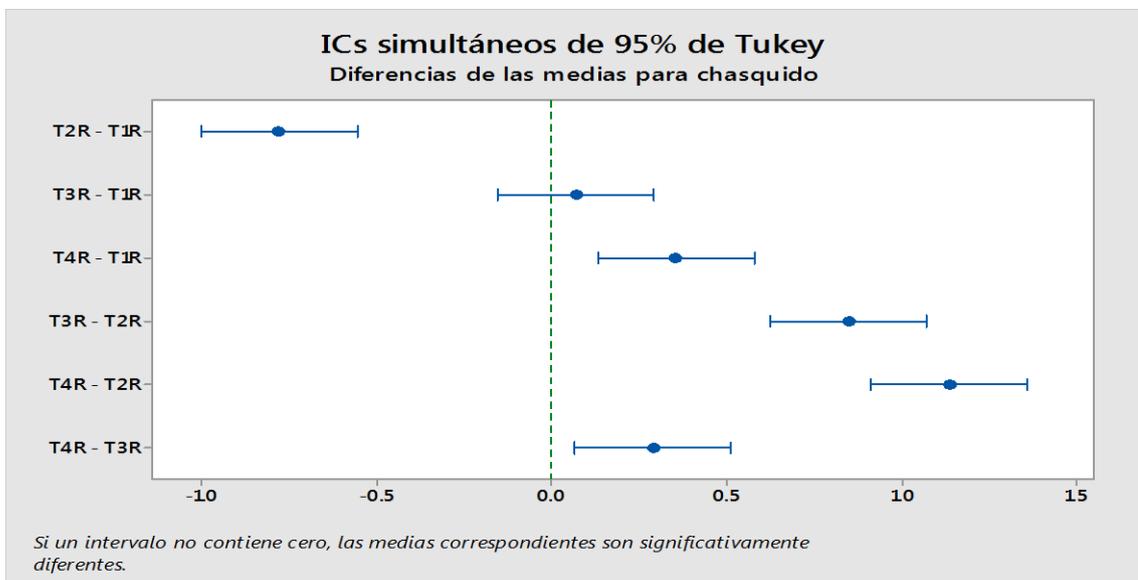


Figura 22. ICs simultáneos de 95% de Tukey para el chasquido

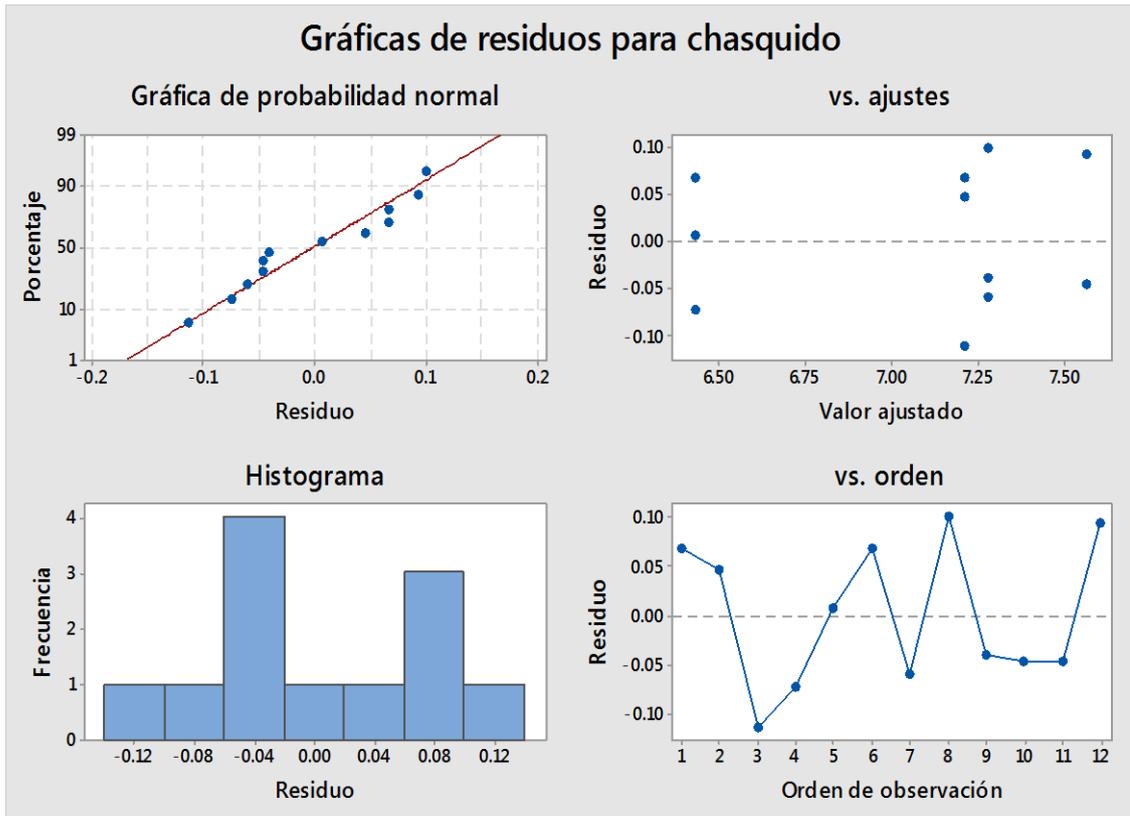


Figura 23. intervalos de chasquido vs. chocolate

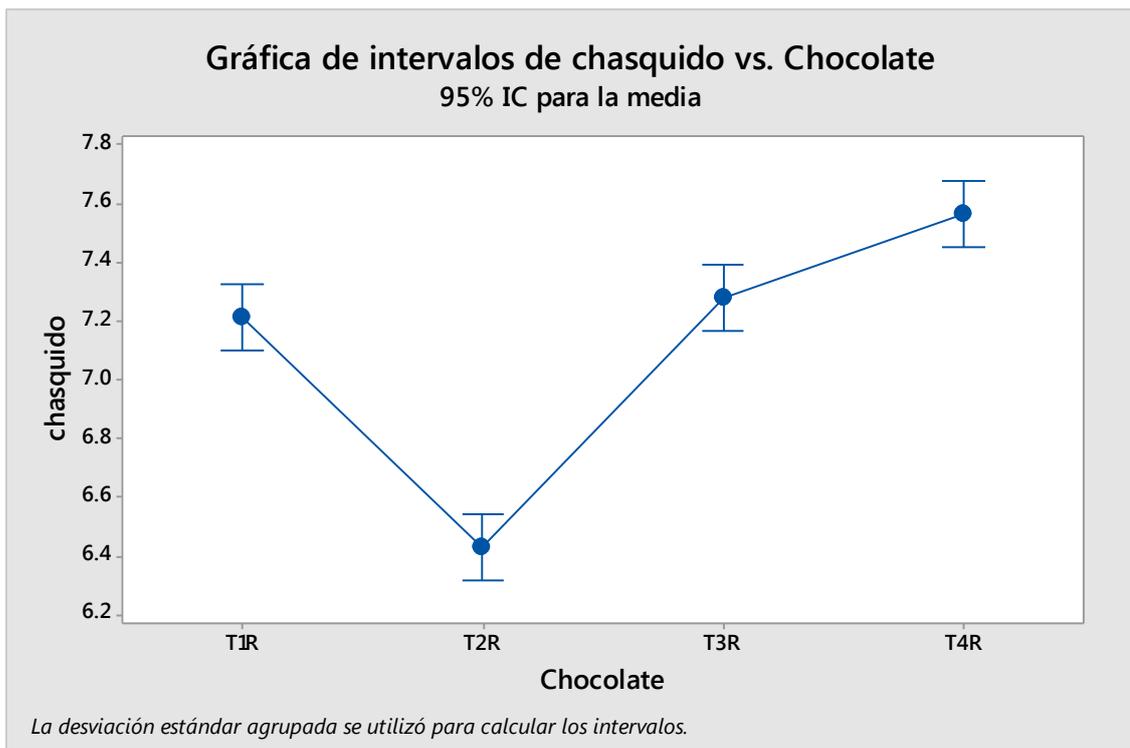


Figura 24. residuos para Chasquido

Anexo 8. Resultados del brillo de un chocolate oscuro.

ANOVA unidireccional: brillo vs. chocolate

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

Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; T4R

Análisis de Varianza

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

Chocolate 3 0.88867 0.296222 31.97 0.000

Error 8 0.07413 0.009267

Total 11 0.96280

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.0962635 92.30% 89.41% 82.68%

Medias

Chocolate N Media Desv.Est. IC de 95%

T1R 37.2067 0.1447 (7.0785; 7.3348)

T2R 36.9133 0.0987 (6.7852; 7.0415)

T3R 37.5200 0.0346 (7.3918; 7.6482)

T4R 37.6000 0.0721 (7.4718; 7.7282)

Desv. Est. agrupada = 0.0962635

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Chocolate N Media Agrupación

T4R 37.6000 A

T3R 37.5200 A

T1R 37.2067 B

T2R 36.9133 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

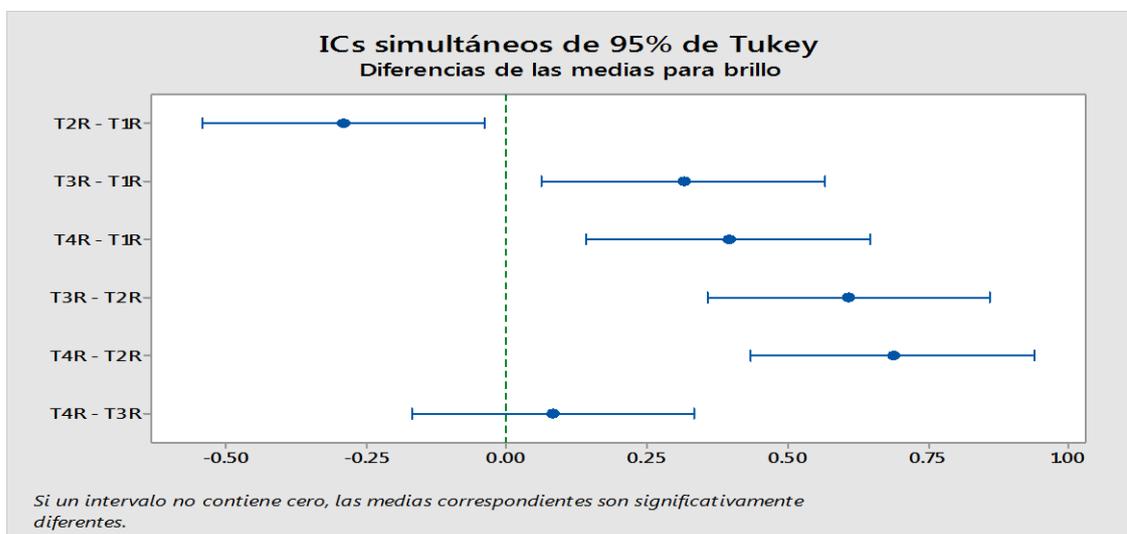


Figura 25. ICs simultáneos de 95% de Tukey para el brillo

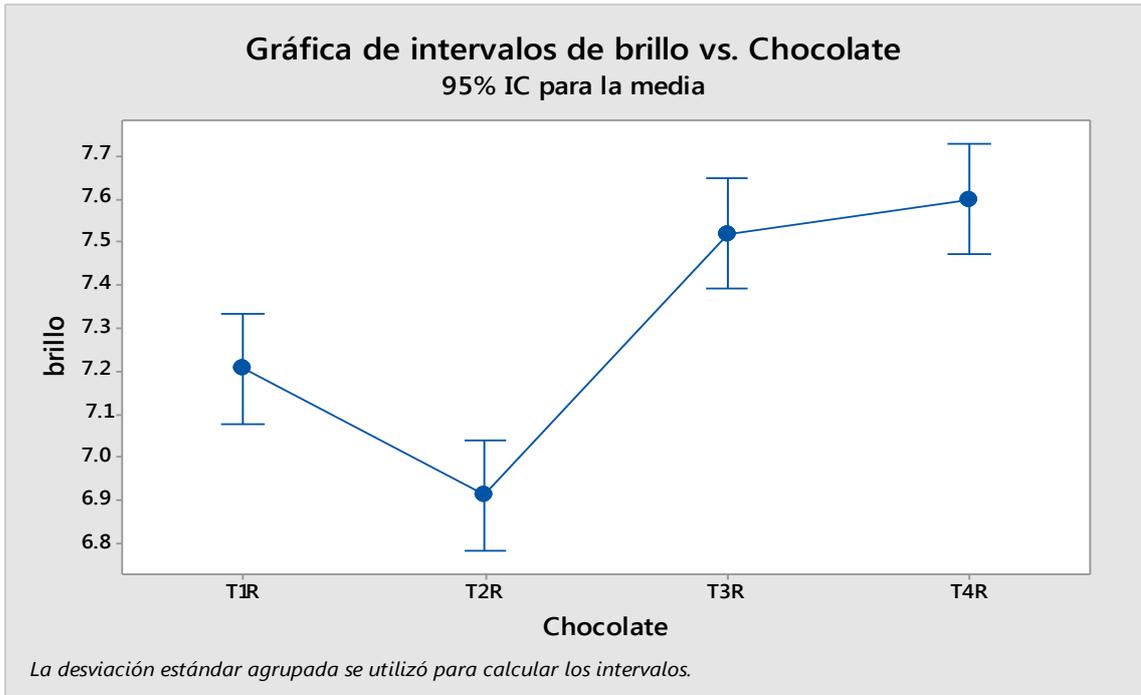


Figura 26. intervalos de brillo vs. chocolate

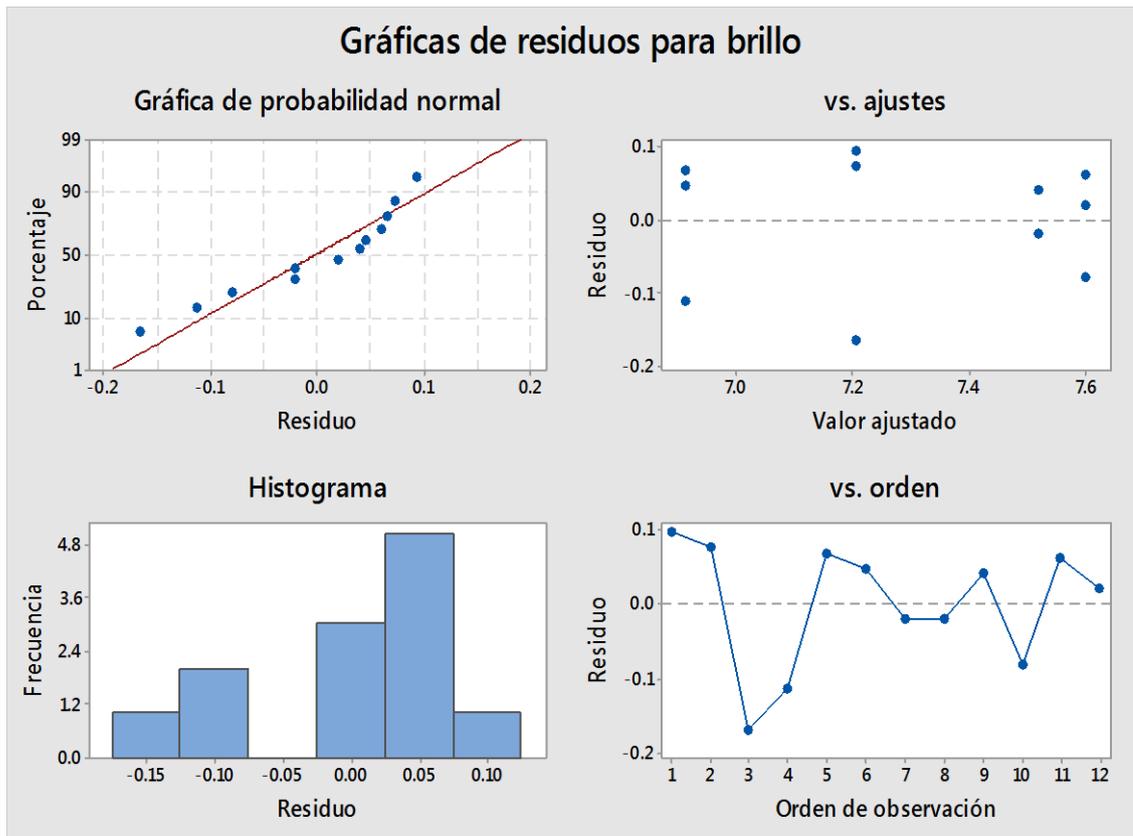


Figura 27. residuos para brillo

Anexo 8. Resultados de aceptabilidad general de un chocolate oscuro.

ANOVA unidireccional: aceptabilidad general vs. chocolate

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

Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; T4R

Análisis de Varianza

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

Chocolate 3 1.29397 0.43132 35.94 0.000

Error 8 0.09600 0.01200

Total 11 1.38997

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.109545 93.09% 90.50% 84.46%

Medias

Chocolate N Media Desv.Est. IC de 95%

T1R 37.1667 0.1137 (7.0208; 7.3125)

T2R 36.6533 0.0757 (6.5075; 6.7992)

T3R 37.4067 0.1514 (7.2608; 7.5525)

T4R 37.5000 0.0800 (7.3542; 7.6458)

Desv. Est. agrupada = 0.109545

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Chocolate N Media Agrupación

T4R 37.5000 A

T3R 37.4067 A B

T1R 37.1667 B

T2R 36.6533 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

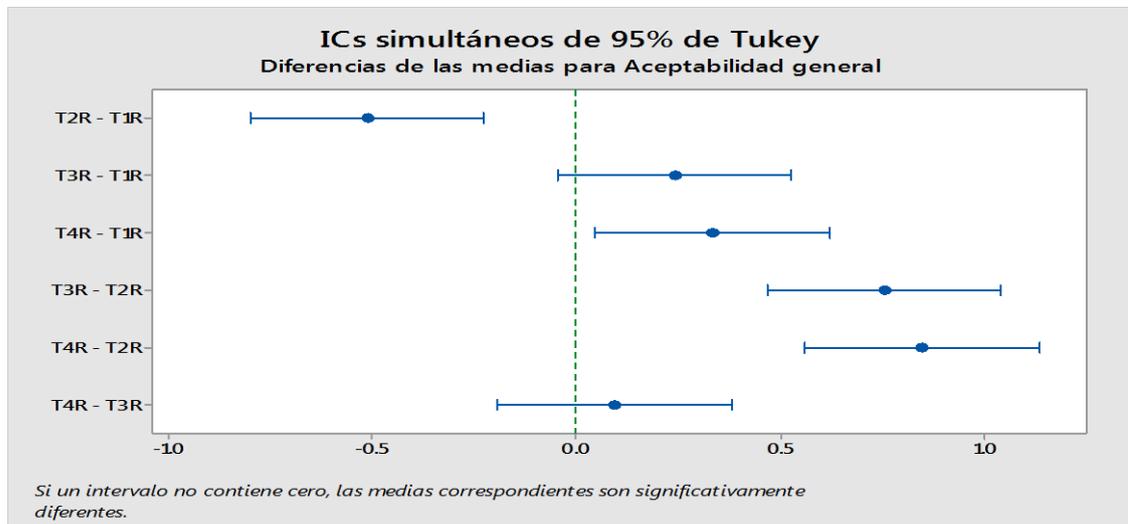


Figura 28. ICs simultáneos de 95% de Tukey para la aceptabilidad general

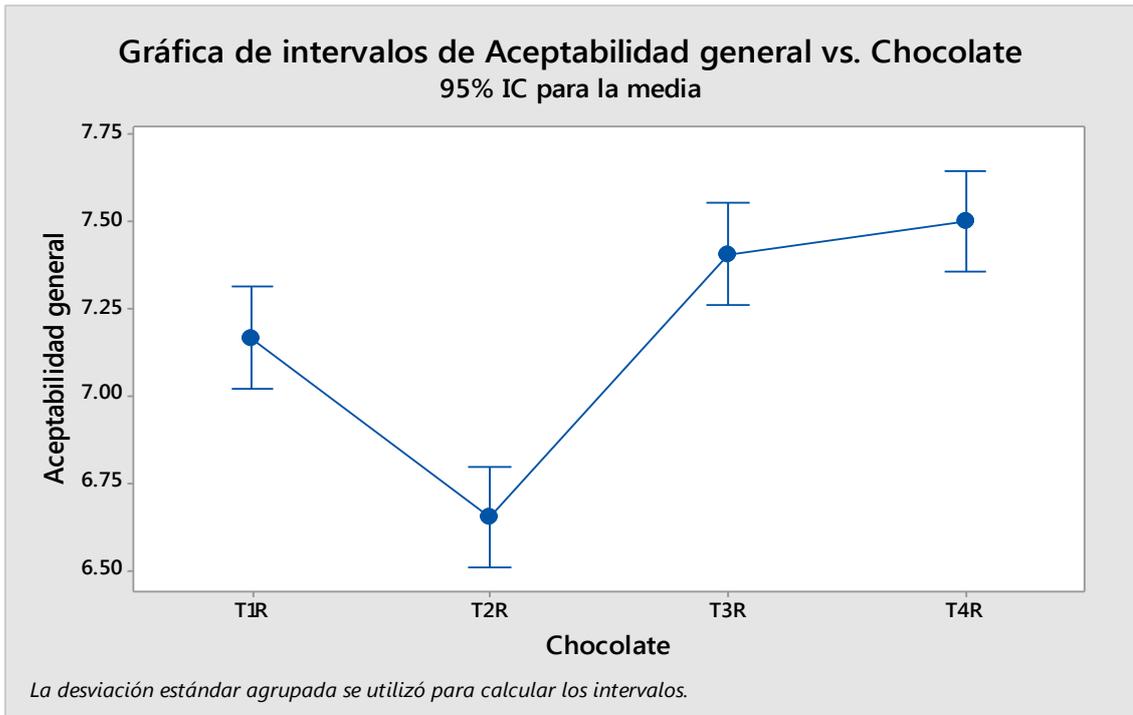


Figura 29. intervalos de aceptabilidad general vs. chocolate

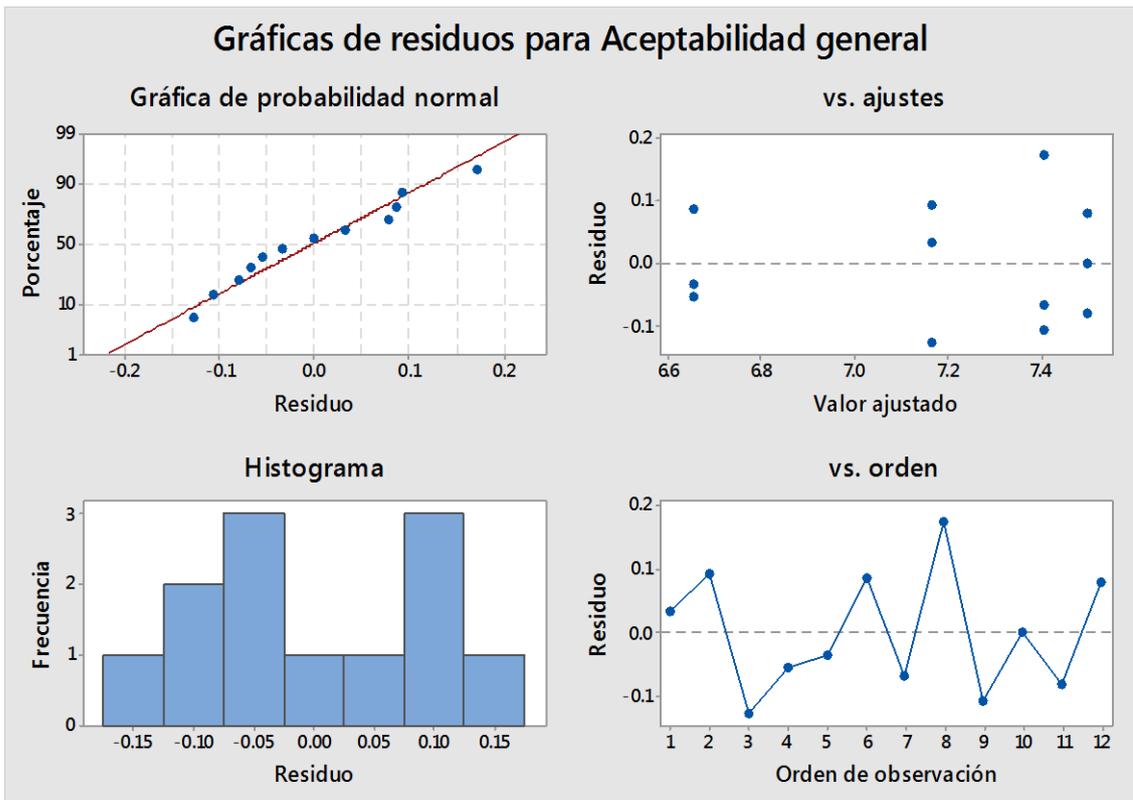


Figura 30. residuos para aceptabilidad general

Anexo 9. Elaboración de un chocolate oscuro



Figura 31. Aceite de sachá inchi (SIO)



Figura 32. Ingredientes



Figura 33. Tostado



Figura 34. Descascarillado



Figura 35. Molido



Figura 36. Conchado y refinado



Figura 37. Incorporación de SIO



Figura 38. Templado



Figura 39. Moldeado



Figura 40. desmoldado



Figura 41. Barras de chocolate



Figura 42. Actividad antioxidante



Figura 43. Contenido fenólico total



Figura 44. Reología



Figura 45. Análisis sensorial