

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN NUTRICIÓN



**“ MEJORA DE PROPIEDADES FÍSICAS Y SU EFECTO EN EL
CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN CHOCOLATE PERUANO
APLICANDO SUPERFICIE DE RESPUESTA”**

Presentada por:

GABRIELA CRISTINA CHIRE FAJARDO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE *DOCTORIS PHILOSOPHIAE*
EN NUTRICION**

Lima - Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN NUTRICIÓN**

**“MEJORA DE PROPIEDADES FÍSICAS Y SU EFECTO EN EL
CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN CHOCOLATE PERUANO
APLICANDO SUPERFICIE DE RESPUESTA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
Doctoris Philosophiae (Ph.D.)**

Presentada por:

GABRIELA CRISTINA CHIRE FAJARDO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Victor Guevara Carrasco

PRESIDENTE

Dr. Milber Ureña Peralta

ASESOR

Dra. Carmen Velezmoro Sánchez

MIEMBRO

Ph.D. Julio Alegre Orihuela

MIEMBRO

Ph.D. Carlos Eduardo Lescano Anadon

MIEMBRO EXTERNO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"



ACTA DE SUSTENTACIÓN
ASTD-EPG-UNALM: N° 18/2019

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentada por la alumna **GABRIELA CRISTINA CHIRE FAJARDO**, titulada: "MEJORA DE PROPIEDADES FÍSICAS Y SU EFECTO EN EL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN CHOCOLATE PERUANO APLICANDO SUPERFICIE DE RESPUESTA", para cumplir con uno de los requisitos para optar el grado académico de *Doctoris Philosophiae* (Ph.D.) en **NUTRICIÓN**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por la sustentante, el Jurado otorga el siguiente calificativo:

<u>JURADO</u>	<u>CALIFICATIVO*</u>	<u>FIRMA</u>
Ph.D. Víctor Guevara Carrasco PRESIDENTE	
Dra. Carmen Velezmoro Sánchez MIEMBRO	
Ph.D. Julio Alegre Orihuela MIEMBRO	
Ph.D. Carlos Eduardo Lescano Anadon MIEMBRO EXTERNO	
Dr. Milber Ureña Peralta ASESOR	

Siendo su calificativo final: S O B R E S A L I E N T E

En consecuencia, queda en condición de ser considerada APTA por el Consejo Universitario y recibir el grado académico de *Doctoris Philosophiae* (Ph.D.), de conformidad con lo estipulado en el Artículo 103°, inciso c) del Reglamento de la Escuela de Posgrado.

La Molina, 12 de julio del 2019



(*) De acuerdo con el Artículo 102° de la Escuela de Posgrado, el calificativo de la sustentación será nominal: bueno, muy bueno o sobresaliente. El calificativo de sobresaliente deberá aplicarse solo si existe unanimidad.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, mis hermanos y sobrina, que son el pilar de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. Milber Ureña Peralta, por todo el invaluable apoyo, paciencia y consejos brindados en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Richard W. Hartel, por el apoyo brindado en la parte experimental del presente trabajo de investigación. Al Dr. Hassan Firoozmand por toda su ayuda durante la estancia en el Laboratorio de Ciencia de Alimentos de la Universidad de Wisconsin-Madison.
- Al Ph. D. Víctor Guevara Carrasco, Dra. Carmen Velezmoro Sanchez, Ph.D. Julio Alegre Orihuela y Ph.D. Carlos Eduardo Lescano Anadon, miembros del jurado, quienes contribuyeron a la mejora de la presente investigación.
- Al Mg. Sc. Teofilo Chire e Ing. Carmen Orihuela, por sus consejos, ideas y por el tiempo brindado, los que facilitaron el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A los hermanos de la 7ma comunidad de la Parroquia Virgen del Pilar por sus oraciones en todo el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A las empresas: Terra Nostra y Cacao Valley, productores de cacao y procesadores de chocolate por la calidad de sus granos y las facilidades en la elaboración de las pastas de chocolate.
- A los tesisistas y estudiantes que forman parte del Grupo de Investigación: *Investigadores de Cacao y sus productos* (UNALM), con la temática *Diseño, desarrollo e innovación para la industria del cacao*, por sus preguntas e inquietudes que ayudaron a una mejor redacción del trabajo.
- A todas aquellas personas que de una u otra forma participaron y aportaron en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
	2.1. El cacao	4
	2.2 El cacao y la salud	8
	2.3. Procesamiento del cacao	10
	2.4. Procesamiento del chocolate	12
	2.5. Chocolates artesanales	14
	2.6. Propiedades del chocolate	15
	2.6.1. Propiedades físicas	15
	2.6.2. Propiedades fisicoquímicas	18
	2.6.3. Propiedades nutricionales	19
	2.6.4. Propiedades sensoriales	22
	2.7. Concepto del producto	23
	2.8. Métodos y diseño de superficie de respuesta	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
	3.1. Lugar de ejecución.....	29
	3.2. Materia prima e ingredientes	29
	3.3. Equipos, materiales y reactivos	30
	3.3.1. Equipos para análisis	30
	3.3.2. Equipos y materiales para el procesamiento del cacao al chocolate	30
	3.3.3. Reactivos	31
	3.4. Métodos de análisis.....	31
	3.4.1. Caracterización fisicoquímica de los granos de cacao y sus pastas	31
	3.4.2. Caracterización física del chocolate.....	32
	3.4.3. Caracterización del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima	34
	3.5. Metodología experimental	36

3.5.1. Definición del concepto de producto	36
3.5.2. Selección de granos de cacao peruano con mayor presencia nacional	36
3.5.3. Obtención de chocolate oscuro con mejores propiedades físicas	36
3.6. Diseño experimental y análisis estadístico.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Concepto de chocolate	42
4.2. Selección de los granos de cacao peruano con mayor presencia nacional.....	43
4.3. Caracterización fisicoquímica y química de los granos de cacao	44
4.3.1. Caracterización de los granos de cacao por análisis proximal	44
4.3.2. Composición de ácidos grasos.....	45
4.3.3. Contenido de sólidos grasos.	47
4.4. Obtención de chocolate oscuro con las mejores propiedades físicas	50
4.4.1. Obtención de las formulaciones de chocolate con la mezcla CCN 51 e ICS 6.....	50
4.4.2. Determinación de la formulación óptima del chocolate oscuro con mejores propiedades físicas.	52
4.5. Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima	58
4.5.1. Análisis fisicoquímico del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.....	58
4.5.2. Análisis nutricional del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.....	60
4.5.3. Aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.	67
V. CONCLUSIONES	70
VI. RECOMENDACIONES.....	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	73
VIII. ANEXOS.....	89

ÍNDICE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Participación de las regiones en la producción nacional de cacao (%) en el Perú.....	7
Tabla 2. Organizaciones adscritas en la Asociación Peruana de Productores de Cacao.....	9
Tabla 3. Composición de los granos de cacao fermentado y seco.....	10
Tabla 4. Composición proximal del chocolate.	18
Tabla 5. Contenido promedio de ácidos grasos de muestras de cacao sin tostar y chocolate expresados como porcentaje relativo del contenido total de ácidos grasos.....	20
Tabla 6. Tarjeta de evaluación sensorial.	35
Tabla 7. Escala de deseabilidad en base al rendimiento del proceso.....	39
Tabla 8. Ideas de los participantes en el focus group para establecer el concepto del producto.....	42
Tabla 9. Área de cacao cultivada en el Perú, 2011	43
Tabla 10. Composición proximal de granos de cacao CCN 51 e ICS 6.	45
Tabla 11. Contenido de humedad y grasa de las pastas de cacao CCN 51 e ICS 6.....	45
Tabla 12. Composición de ácidos grasos de manteca de cacao de CCN 51 e ICS 6.....	46
Tabla 13. Contenido de sólidos grasos de manteca de cacao a diferentes temperaturas.....	48
Tabla 14. Contenido de grasa de pastas y cocoas en mezclas	50
Tabla 15. Formulaciones de chocolate oscuro definidas en base al contenido de cacao.....	51
Tabla 16. Valores de temperatura y tiempo en el atemperado de las formulaciones de chocolate oscuro.	51

Tabla 17.	Parámetros reológicos de la pasta de chocolate oscuro según modelo Casson.	52
Tabla 18.	Ecuaciones de optimización para las propiedades físicas de pasta y tableta de chocolate.	53
Tabla 19.	Factores con efecto significativo en las propiedades físicas de la formulación del chocolate oscuro en pasta y tableta.	53
Tabla 20.	Valores observados de propiedades físicas de la tableta de chocolate oscuro.	54
Tabla 21.	Formulación óptima para el chocolate oscuro con deseabilidad de 0.64	56
Tabla 22.	Valores de las propiedades físicas del chocolate oscuro elaborado con formulación óptima.	57
Tabla 23.	Grados de validación de las propiedades físicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.	58
Tabla 24.	Valores de propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.	59
Tabla 25.	Contenido de sólidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.	60
Tabla 26.	Composición de ácidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.	61
Tabla 27.	Valores nutricionales del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.	64
Tabla 28.	Aceptabilidad general del chocolate y datos del consumidor.	68
Tabla 29.	Resumen de la evaluación de aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con la formulación optima según procedencia del consumidor.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Superficie de respuesta tridimensional donde se muestra el rendimiento esperado como una función de la temperatura de reacción y del tiempo de reacción.	25
Figura 2. Zonas productoras de cacao peruano.....	44
Figura 3. Superficie de respuesta para el chocolate oscuro.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Datos composición proximal de granos de cacao CCN 51 e ICS 6.	90
Anexo 2. Resultados estadísticos de la composición proximal en base seca de granos de cacao CCN 51 e ICS 6.	91
Anexo 3. Datos del contenido de humedad y grasa de las pastas de cacao CCN 51 e ICS 6.....	97
Anexo 4. Resultados estadísticos del contenido de humedad y grasa de las pastas de cacao CCN 51 e ICS 6.	98
Anexo 5. Datos de la composición de ácidos grasos de la manteca de cacao proveniente de los granos CCN 51 e ICS 6.	104
Anexo 6. Resultados estadísticos de la composición de ácidos grasos de manteca de cacao de los granos CCN 51 e ICS 6.	105
Anexo 7. Datos del contenido de sólidos grasos de la manteca de cacao proveniente de los granos CCN 51 e ICS 6.	129
Anexo 8. Resultados estadísticos del contenido de sólidos grasos a diferentes temperaturas de la manteca de cacao proveniente de los granos CCN 51 e ICS 6.....	130
Anexo 9. Datos de las propiedades físicas del chocolate oscuro.	135
Anexo 10. Resultados estadísticos de la optimización de propiedades físicas del chocolate oscuro por el método de superficie de respuesta.	136
Anexo 11. Datos de las propiedades físicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.....	149
Anexo 12. Datos de las propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima	150
Anexo 13. Datos del contenido de solidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima	151

Anexo 14.	Relación del contenido de sólidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima con respecto a la temperatura.	152
Anexo 15.	Datos de la composición de ácidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima	154
Anexo 16.	Datos de la evaluación de aceptabilidad general del chocolate	155
Anexo 17.	Resultados de la aceptabilidad general procesado por grupos.....	158

RESUMEN

Se buscó obtener una formulación de chocolate oscuro a partir de la mezcla binaria de granos de cacao peruano. Se definió el concepto del producto por medio de un *focus group*, se seleccionó la mezcla binaria de cacao con criterios de mayor área cultivada y ser cacao fino o de aroma, y se caracterizaron los varietales seleccionados, con los que se elaboraron chocolates con diferentes niveles de cacao. Como criterio de optimización se evaluaron las propiedades físicas, aplicando la metodología de superficie de respuesta y se evaluó el efecto en el contenido de ácidos grasos con técnicas analíticas. El concepto del producto definió: “*Chocolate oscuro de alta calidad internacional hecho en base a mezcla de granos de cacao peruano que promueve el cultivo, la industrialización y comercialización en favor de las familias cacaoteras del país*”. Se seleccionó como componentes de la mezcla binaria al CCN 51 e ICS 6. Se analizó los componentes de ambos varietales, CCN 51 e ICS 6: siendo el contenido graso de sus pastas $50,43 \pm 0,31$ y $53,01 \pm 0,11$ por ciento, con ratio AGS:AGI ($1,77 \pm 0,03$ y $1,76 \pm 0,06$), y n6:n3 ($14,75 \pm 0,35$ y $15,5 \pm 1,41$), respectivamente. Aplicando superficie de respuesta y considerando como criterio la mejora de las propiedades físicas del chocolate: color, tamaño de partícula, propiedades reológicas y textura, se obtuvo como fórmula óptima: una mezcla 10 partes de CCN 51 y 90 partes de ICS 6, con 70 por ciento de contenido de cacao, 29,6 por ciento de azúcar y 0,4 por ciento de lecitina de soya; la que obtuvo 91,6 por ciento de validación como promedio, y una aceptabilidad de consumidores del 69,6 por ciento. La fórmula óptima obtuvo $49,52 \pm 0,03$ por ciento de carbohidratos totales, $34,60 \pm 0,03$ por ciento de grasa cruda, $37,16 \pm 0,08$ por ciento de AGI, $4,36 \pm 1,01$ por ciento de AGPI, con ratio AGS:AGI (1,67) y ratio n6:n3 (11,42). El contenido de SG da una consistencia dura a temperaturas de 20-25 °C y resistencia al calor (25-30 °C), lo que es apropiado para la comercialización de chocolate en lugares tropicales.

Palabras clave: Theobroma cacao, ácidos grasos del cacao, modelo Casson, reología del chocolate, cristalización, calidad, Perú.

ABSTRACT

We sought to obtain a dark chocolate formulation from the binary mixture of Peruvian cocoa beans. The concept of the product was defined through a focus group, the binary mixture of cocoa was selected with criteria of higher cultivated area and being fine cocoa or aroma and characterized the selected varieties with which chocolates were made with different levels of cocoa. As an optimization criterion, the physical properties were evaluated, applying the response surface methodology and the effect on the content of fatty acids was evaluated with analytical techniques. The concept of the product was defined: "*Dark chocolate of high international quality made from a mixture of Peruvian cocoa beans that promotes the cultivation, industrialization and commercialization in favor of the cocoa families of the country*". Two cocoa beans cultivars, CCN 51 and ICS 6, were selected as components for the binary mixture. The chemical components of both cultivars, CCN 51 and ICS 6, were analyzed: fat content of their pastes were 50.43 ± 0.31 and 53.01 ± 0.11 percent, with SFA:UFA (1.77 ± 0.03 and 1.76 ± 0.06), and n6:n3 (14.75 ± 0.35 and 15.50 ± 1.41) ratios, respectively. Applying the surface response methodology and considering the improvement of physical properties as a criterion such as color, particle size, rheological properties and texture, it was obtained as an optimal formula 10 parts of CCN 51 and 90 parts of ICS 6, with 70 percent of cocoa content, 29.6 percent of sugar and 0.4 percent of soy lecithin, the one obtained 91.6 percent of validation on average, and a consumer acceptability of 69.6 percent. The optimal formula contained 49.52 ± 0.03 percent of total carbohydrates, 34.60 ± 0.03 percent of fat crude, 37.16 ± 0.08 percent of UFA, 4.36 ± 1.01 percent of PUFA, with SFA:UFA (1.67) and n6:n3 (11.42) ratio. The SFC gives a hard consistency at temperatures of 20-25 °C and resistance to heat (25-30 °C), which is appropriate for trade chocolate.

Key words: Theobroma cacao, cacao fatty acids, Casson model, chocolate rheology, crystallization, quality, Peru.

I. INTRODUCCIÓN

Los granos de cacao, son comercializados desde los países productores (África, Asia y Sudamérica) a los países procesadores de chocolate, donde estos evalúan su calidad física, química y sensorial realizando el control de calidad de rutina y, en la parte sensorial, con el apoyo de jueces formados en las empresas. Algunas empresas que comercializan chocolate a nivel mundial, usando la pericia de su jurado sensorial, obtienen una mezcla de granos de cacao correspondiente al sabor del chocolate que los identifica, mezcla especial que define las adquisiciones de los granos de cacao de distintos países; sin embargo, no todas las empresas realizan tal práctica y no todos los países productores conocen la mejor mezcla de sus granos de cacao para incrementar sus exportaciones a mejor precio.

La producción anual de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Perú, ha venido creciendo de forma acelerada en los últimos años. En el 2002 la producción anual peruana fue de 24 219 TM, que para el año 2017 aumentó a 120 058 TM (INEI 2018). La calidad de los granos de cacao, los cultivares de granos de cacao, tales como CCN 51 e ICS 6, según los diferentes pisos ecológicos y la biodiversidad biológica en la que se cultivan, pueden tener algún componente diferente, así como la creciente comercialización interna y de exportación, hacen prever un potencial mercado creciente, generándose la oportunidad de incrementar la exportación no tradicional con valor agregado, ya sea como chocolate o pasta de cacao base para generación de otros productos, se puede optimizar una mezcla de estos granos con beneficio para la salud humana.

La industria del chocolate en el Perú se viene desarrollando de forma dinámica e innovadora (Vásquez 2009) mediante una estrategia de promoción genérica de chocolates de calidad. Si un chocolate es muy barato seguro tiene poco o nada de cacao, bajo este criterio se observa que productos de producción masiva no cumplen con lo normado (35 por ciento como mínimo de cacao) para ser denominado chocolate (INACAL 2017). Las dimensiones de la calidad alimentaria dependen de atributos intrínsecos (características físico-químicas, composición nutricional, características sensoriales, seguridad microbiológica y

toxicológica). La evaluación de los atributos intrínsecos conlleva la selección de los parámetros a analizar y los métodos más adecuados para la realización de dicho análisis (Torres 2012). La calidad comercial internacional queda entonces claramente definida por tales parámetros, así como la preferencia del consumidor, cada día más exigente. En el año 2009 el consumo per cápita de chocolate en el Perú fue de 0,53 kg mientras que en otros países de la región como Chile, Brasil y México el consumo fue de 2,30; 1,00 y 0,70 kg respectivamente. Esto indica que el sector tiene un potencial crecimiento, además el tema de estacionalidad se está rompiendo, ya que, se han logrado niveles de ventas superiores a los previstos en los meses entre abril y diciembre (Vásquez 2009). Donovan *et al.* (2012) reportan que en general los países europeos del oeste consumen la mayor parte del chocolate (45 por ciento) comparado con los Estados Unidos quienes consumen 20 por ciento del chocolate disponible en el mundo. El consumo promedio de chocolate en Venezuela fue de 0,4 kg (Salinas y Bolívar 2012), para los Estados Unidos fue de 5,0 kg para el año 2008 (Donovan *et al.* 2012) y en Canadá fue de 6,4 kg para el año 2013 (Thomas 2017).

Los ácidos grasos son importantes para las funciones del ser humano: producción de energía, constituyentes del tejido graso, componentes de membranas y precursores de icosanoides. El consumo de ácidos grasos poliinsaturados prevalece sobre los ácidos grasos saturados, contribuye al beneficio del ser humano en la salud como en la prevención de: la obesidad, el cáncer y las enfermedades cardiovasculares a partir de ciertos niveles mínimos de consumo, tales como n3 y n6; especialmente el n3 alivia la inflamación del tejido adiposo. El consumo de ácidos grasos esenciales refuerza la nutrición proteica energética, sin embargo, las grasas *trans* se deben evitar, no solo de los productos industrializados, sino de los naturales. El consumo de ácidos grasos saturados, en su mayoría, incrementa los niveles de colesterol en sangre, sin embargo, en el caso del consumo de productos del cacao y chocolate, en los que abunda el ácido esteárico, el efecto no es observable y se debe estudiar la causa del mismo con mayor profundidad para encontrar reacciones escondidas. El consumo de chocolate ha adquirido importancia al haberse demostrado que tiene influencia benéfica en el nivel de colesterol total en sangre y LDL (Aprotosoaie *et al.* 2016; Ellam y Williamson 2013; Fernández-Murga *et al.* 2011). Por este motivo, es importante realizar investigaciones que permitan ofrecer un chocolate que, además de ser una golosina, ofrezca efectos positivos en la salud (Robson 2013; Martín *et al.* 2013; Tomas-Barberán *et al.* 2007).

En el Perú aún no se ha elaborado un chocolate oscuro de alta calidad, para el mercado internacional, utilizando una mezcla de granos de cacao del país, que aporten mejores propiedades físicas, quedando aún por definir la composición de mezcla de granos de cacao peruano de alta calidad comercial. Finalmente, no se tiene una metodología nacional que lleve a obtener mezclas de granos de cacao con calidad de exportación.

La optimización de factores en la producción, debido a mezclas de granos de cacao y formulaciones en chocolates, es una herramienta que permitirá obtener variables respuestas maximizadas (Aidoo *et al.* 2014) o minimizadas, por lo que se presenta como una metodología adecuada para obtener chocolates con propiedades físicas requeridas en el proceso, sabiendo que el procesamiento del cacao a chocolate no afecta a la calidad del contenido de ácidos grasos (Torres-Moreno *et al.* 2015) y, finalmente, conocer el contenido de ácidos grasos importantes para la salud del consumidor.

El concepto del producto es una herramienta empresarial que contribuye con el diseño, la formulación del producto y el consumo; escasos trabajos de investigación utilizan esta herramienta.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Mejorar las propiedades físicas del chocolate oscuro peruano en base a la mezcla de granos de cacao y la formulación del producto final, y su efecto en el contenido de ácidos grasos.

Los objetivos específicos fueron:

- Definir el concepto del producto.
- Seleccionar dos tipos de granos de cacao peruano con mayor presencia nacional.
- Caracterizar los granos de cacao peruano por análisis proximal y conocer la composición de ácidos grasos y contenido sólidos grasos a partir de sus pastas.
- Obtener el chocolate oscuro con las mejores propiedades físicas al aplicar el método de optimización de superficie de respuesta a las variables “mezcla de granos” y “porcentaje de cacao” en la formulación del chocolate.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas (proximal, actividad de agua y contenido de sólidos grasos), nutricionales (composición de ácidos grasos y energía), físicas y sensoriales (aceptabilidad general) del chocolate oscuro elaborado con las mejores propiedades físicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie del género *Theobroma*, de la familia de las Malvaceae, que cuenta con más de 22 especies (Arvelo *et al.* 2017). Es un importante *commodity* agrícola y la materia prima clave para la producción de chocolates (Aprotosoai *et al.* 2016). Los granos de cacao son extraídos de la mazorca del cacao, la que pertenece al árbol tropical *Theobroma cacao* L originario de la selva de Sudamérica (Bertoldi *et al.* 2016). El origen del cacao es complejo, tradicionalmente se cree que el cacao, se ha domesticado primeramente en Mesoamérica. Sin embargo, investigaciones genómicas muestran que la gran diversidad del cacao está en la región del alto Amazonas del noreste de américa del Sur, apuntando a esa región como su centro de origen (Zarrillo *et al.* 2018).

La producción mundial de cacao supera los 4 000 000 de TM de granos de cacao y cinco países (Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria y Camerún) concentran el 84 por ciento de la producción mundial. El continente africano es responsable del 73 por ciento de la producción y del 64 por ciento de la superficie sembrada de cacao; los países de América contribuyen con el 17 por ciento de la producción mundial y el 17 por ciento del área sembrada del cacao; Asia y Oceanía aportan el 10 por ciento de la producción y el 19 por ciento de la superficie sembrada (Arvelo *et al.* 2017).

Se conoce la existencia de al menos cinco millones y medio de productores de cacao en el mundo, estimándose para América Latina y El Caribe, una población superior a los 350 000 cacaoteros. El 95 por ciento de la producción mundial de cacao está en manos de la “agricultura familiar”, con productores que se caracterizan por residir y trabajar en predios pequeños, con poca inversión e infraestructura, donde el trabajo recae principalmente en los miembros de la familia y el ingreso familiar depende predominantemente del cacao como cultivo principal. Un ejemplo es Brasil, que en el estado de Bahía, alrededor del 62 por ciento de productores son agricultores familiares (Arvelo *et al.* 2017). Otro ejemplo es en el Perú,

que en el VRAEM (Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro), sostiene hace más de 30 años 349 familias, quienes en promedio cuentan con 5 hectáreas de producción (Loayza y Maldonado 2015).

El cacao se puede clasificar dentro de cuatro cultivares: Criollo, Forastero, Trinitario y Nacional, sin embargo, en la literatura de cacao en grano, puede nombrarse de manera diferente, dependiendo de la procedencia, del nombre comercial, de los hábitos y otros (Saltini *et al.* 2013). Arvelo *et al.* (2017) definen el concepto de cultivar “Son todas las plantas genéticamente homogéneas que comparten relevancia agrícola, que permiten distinguir claramente a individuos de las demás poblaciones de la especie reproducidas. Estas características se transfieren de una generación a otra por vía sexual y asexual. Son obtenidas por selecciones artificiales con fines comerciales”.

Se presenta, una breve descripción de cada cultivar de cacao:

Criollo ha sido cultivado desde tiempos pre-históricos en América Central. Actualmente es muy raro encontrarlo. Los árboles Criollos son encontrados sólo en América Central, Venezuela, Madagascar, Sri Lanka y Samoa (Aprotosoie *et al.* 2016).

Forastero, típicamente de la región Amazonas. Los cultivares forasteros incluyen dos subgrupos: Amelonado y Amazonas; estos son divididos en bajo y alto Amazonas dependiendo de su procedencia (Saltini *et al.* 2013).

Trinitario es un cultivar híbrido originado por Criollo y Forastero amelonado. Otros nombres: cacao fino, cacao sabor, híbrido (Saltini *et al.* 2013).

Nacional es un cultivar nicho, el cual crece en Ecuador; existe una baja diferencia genética con el cultivar Criollo (Saltini *et al.* 2013).

Los granos de cacao Criollo, Trinitario y Nacional son clasificados como cacao fino o de aroma (CFOA) siendo percibido como aromático con suave notas frutales, pasas, florales, especias, nuez, melaza y caramelo. Son usados para fabricar chocolate oscuro y representan del 5-10 por ciento del mercado del cacao mundial (Aprotosoie *et al.* 2016). Fowler y Coutel (2017) mencionan que el cacao fino o de aroma del Perú tiene las siguientes características de color y sabor: marrón, frutal, ácido y nuez.

Variedades cultivadas en Perú

El Perú, al igual que los demás productores de cacao en Latinoamérica (Brasil, Colombia, Venezuela, Ecuador y Centroamérica), posee una gran diversidad de plantaciones. Estas variedades son cultivadas en diversas regiones del país y poseen varias características que las hacen únicas. García (2014) establece un manual de cultivares de cacao, en donde se les caracteriza mediante descriptores de identidad (nombre de variedad, grupo genético, país de origen, etc.); descriptores morfológicos (características de flores, frutos y semillas); descriptores agronómicos (número de semillas, peso de semillas, rendimiento, etc.) y descriptores industriales (porcentaje de grasa y sabor de la pulpa y almendra). En el manual se identifican los cultivares: Trinitario, Criollo y Amazónico, así como también cruces que son cultivados en los valles del Huallaga, Marañón, Urubamba, Ucayali, Piura, etc. Así mismo, García (2014) utiliza el término varietal al nombre original del clon, raza o ecotipo, que le da una institución, este nombre es generalmente un término alfa-numérico, ejemplo: ICS 1 (Imperial College Selection 1).

El CCN 51 tiene su origen en el Ecuador. Luego de muchos años de esfuerzo y sacrificio, Homero Castro, en 1960, en su finca “Theobroma”, logró seleccionar varios híbridos con las características deseadas, procediendo luego a clonar algunos de ellos, a los que los denominó con las siglas CCN 51, cuyo significado es Colección Castro Naranjal con Pedigri = ICS-95xIMC-67 (Carrión 2012). El contenido de grasa es de $59,6 \pm 0,45$ por ciento con un 34,6 por ciento de ácidos grasos insaturados (ácido oleico C:18:1 y ácido linoleico C:18:2). El perfil sensorial indica que tiene un suave aroma a cacao y ácido, color café medio, sabor a frutos maduros; en el medio tiempo afloran notas a chocolate, acidez media sostenida y notas bajas de nuez (Perea *et al.* 2013).

Perea *et al.* (2013) indican la historia del mejoramiento del cacao, la cual parte de Trinidad. Los primeros cultivos se iniciaron con materiales Criollos provenientes de Centroamérica, luego con el ingreso de materiales Forasteros, se obtuvo el cacao tipo Trinitario. De 1933 hasta 1935 Pound FJ, seleccionó varios materiales que ahora se conocen como *Imperial College Selection* (ICS), los que son reconocidos por su sabor Trinitario con atributos principales: frutal y floral y secundarios: melaza, caramelo y pasas.

El Perú ocupa el tercer lugar en el continente americano en producción de cacao, luego de Ecuador y Brasil; según información del año 2018 su participación fue de 135 258 toneladas (MINAGRI 2019). Las regiones con mayor producción de cacao fueron: San Martín, Cusco, Ayacucho, Junín, Amazonas y Huánuco, siendo San Martín y Junín las regiones de mayor producción, con 43,1 (San Martín) y 19,7 (Junín) por ciento, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1: Participación (porcentaje) de las regiones en la producción nacional de cacao en el Perú

N°	Años			
	Región	2014	2015	2016
1	San Martín	46,9	46,0	43,1
2	Cusco	12,8	8,9	9,9
3	Ayacucho	6,0	5,4	5,0
4	Junín	15,2	16,6	19,7
5	Amazonas	5,8	5,1	3,9
6	Huánuco	4,5	5,7	6,0
7	Cajamarca	1,2	1,0	0,8
8	Ucayali	3,6	7,2	7,9
9	Otros	4,0	4,0	3,6
10	TOTAL	100	100	100

Fuente: INEI (2017)

El Perú, se encuentra considerado, desde el inicio como un país productor de cacao fino o de aroma (CFOA) reconocido por la Organización Internacional del Cacao (ICCO); ocupa también el tercer lugar como país productor de CFOA en el mundo (Romero 2016) luego de Ecuador y México. Cuenta con 11 regiones que tienen 67 productores de CFOA, los que son: Junin (San Martín de Pangoa), Ucayali (Raimondi), Amazonas (Peca Cajaruro), Tumbes (Aguas Verdes), Huánuco (Naranjillo), Iquitos (Nauta), San Martín (Pajarillo), Cusco (Villa Virgen), Ayacucho (Santa Rosa), Piura (San Juan de Bigote) y Pasco (Puerto Bermúdez) (Vargas y Vásquez 2017).

La cosecha de los frutos cacaoteros se efectúa durante todo el año; sin embargo, durante los meses de abril hasta agosto de cada año se alcanzan los volúmenes más elevados. Esta mayor producción se concentra entre los meses de mayo, junio y julio, debido justamente a las mayores cosechas efectuadas durante este periodo en las regiones de San Martín, Junin, Ayacucho, Piura y Huánuco. Mientras que regiones como Cusco, Cajamarca, Amazonas, presentan una producción regular, a lo largo de todo el año (Romero 2016).

Rivera (2018), afirma que el cacao fermentado seco es destinado al comercio mediante acopiadores. En el Perú existen dos grandes tipos de acopio de cacao:

- Mediante “acopiadores locales” que operan para grandes empresas agroindustriales, que transforman el cacao para destinarlo al mercado nacional e internacional (generalmente no se diferencia la calidad de los granos, como: porcentaje de humedad, grado de fermentación, porcentaje de impurezas, etc.), manteniendo el precio de los mismos, como consecuencia, no incentiva al agricultor para mejorar la calidad de su producto.

- Mediante “cooperativas o asociaciones de productores”, que deciden participar en el mercado explorando rutas directas de comercialización para cacao y derivados, generalmente para el mercado internacional. En la Tabla 2, se muestran los asociados registrados hasta el año 2017, en la página web de la Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO 2019).

Composición química del grano de cacao

La composición depende de la variedad, origen geográfico, grado de madurez, calidad de fermentación y el secado. En la Tabla 3 se muestra la composición proximal del cacao fermentado y seco según autores. Los granos de cacao fermentado y seco (Códigos: A, B y D), pertenecen al Fundo Terra Nostra en Uchiza (San Martín, Perú) y son de diferentes tiempos de cosecha. El grano de cacao fermentado y seco (Código C) pertenece a Camerun.

2.2 El cacao y la salud

Durante la mayor parte del siglo diecinueve, tradicionalmente los alimentos que contenían cacao (ejemplo el chocolate) han sido considerados indulgentes y presumiblemente han tenido efectos negativos consecuentes porque la mayoría de los alimentos que contienen cacao eran ricos en azúcar, grasa y energía. Sin embargo, la evidencia emergente ahora sugiere que muchos productos de cacao ahora tienen beneficios para la salud por su alta concentración en flavonoides (Donovan *et al.* 2012).

Como la mayoría de los cultivos, la composición fitoquímica de los granos de cacao varía de acuerdo a la genética, tanto como del lugar y de los cambios estacionales del ambiente; adicionalmente, las técnicas de procesamiento pueden alterar la composición del producto final. El contenido de flavonoides del cacao en grano está alrededor de 6-8 por ciento en

peso, pero todos los procesos involucrados en la manufactura del cacao y del chocolate reduce y/o altera el contenido de flavonoides y la composición química del producto final. Por ejemplo, a pesar que el chocolate contiene monómeros (-) – epicatequina y (-) – catequina, la planta del cacao produce muy poca (-) – catequina. La catequina, está presente en productos del cacao procesados, no es el enantiomero natural (+) – catequina, pero (-) – catequina que se cree se forma durante el procesamiento del cacao. Debido a la variabilidad en la composición química entre cacaos procesados, es importante notar que el contenido de flavan-3-ol de los productos, sin duda, habrá variado notablemente en su composición y esto puede explicar las diferencias en actividad biológica (Donovan *et al.* 2012).

Tabla 2: Organizaciones adscritas en la Asociación Peruana de Productores de Cacao

ORGANIZACIÓN	SIGLA	REGIÓN
Asociación Regional de Productores de Cacao de Tumbes	ARPROCAT	Tumbes
Asociación de Pequeños Productores de Cacao de Piura	APROCAP	Piura
Cooperativa Agraria Norandino	CAN	Piura
Asociación de Productores Cacaoteros y Cafetaleros del Amazonas	APROCAM	Amazonas
Central de Productores Agropecuarios de Amazonas	CEPROAA	Amazonas
Cooperativa Agraria Cafetalera La Palma	LA PALMA	Amazonas
Asociación distrital de productores agropecuarios frontera del Chinchipe	CHINCHIPE	Cajamarca
Cooperativa Agraria Cafetalera y de Servicios Oro Verde	ORO VERDE	San Martín
Cooperativa Agroindustrial Tocache	CAT	San Martín
Cooperativa Agroindustrial ASPROC – NBT	ASPROC –NBT	San Martín
Cooperativa Agraria Cacaotera Acopagro	ACOPAGRO	San Martín
Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo	COOPAIN	Huánuco
Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga	CAI HUANUCO	Huánuco
Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria	CAC DIVISORIA	Huánuco
Asociación de Productores Agropecuarios San Cristóbal	APASC	Pasco
Cooperativa Agraria Cafetalera Satipo	CAC SATIPO	Junín
Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa	CAC PANGOA	Junín
Asociación de Productores KEMITO-ENE	KEMITO-ENE	Junin
Central de Organizadores Productoras de Café y Cacao del Perú	CAFÉ PERU	Lima
Comité Central de Productores Agropecuarios de San Alejandro	COCEPASA	Ucayali
Cooperativa Agraria de Cacaoteros de Campos Verdes	CAMPOS VERDES	Ucayali
Cooperativa Agraria Cafetalera El Quinacho	EL QUINACHO	Ayacucho
Cooperativa Agraria Cafetalera Valle Rio Apurímac	CACVRA	Ayacucho
Cooperativa Agraria San Gaban	CASG	Puno
Cooperativa Agraria Cafetalera Alto Urubamba	CAC ALTO URUBAMBA	Cusco
Asociación de Productores de Cacao de los Valles de Convención y Yanatile	APROCAV	Cusco

Fuente: APPCACAO (2019)

Tabla 3: Composición de los granos de cacao fermentado y seco

COMPONENTE	PORCENTAJE					
	A(1)	A(2)	B	C	D (1)	D (2)
Humedad	6,0 ± 0,1	5,5 ± 0,1	5,4 ± 0,0	5,9 ± 0,6	-	-
Proteína cruda	14,2 ± 0,3	15,6 ± 0,3	13,4 ± 0,0	19,9 ± 0,3	15,2 ± 0,2	16,2 ± 0,1
Grasa cruda	47,3 ± 0,2	45,3 ± 0,5	48,6 ± 0,1	41,2 ± 0,8	45,1 ± 0,4	44,8 ± 0,1
Ceniza	2,2 ± 0,2	2,4 ± 0,1	3,6 ± 0,0	7,3 ± 0,4	2,9 ± 0,1	3,3 ± 0,0
Fibra cruda	5,7 ± 0,2	7,1 ± 0,3	4,8 ± 0,1	-	9,2 ± 0,0	9,4 ± 0,0
Carbohidratos	30,2 ± 0,3	31,2 ± 0,4	29,1 ± 0,2	27,7 ± 0,1	36,8 ± 0,1	35,8 ± 0,1

Fuente: (A) Rivera (2018): A1 = CCN 51 y A2 = ICS 6; (B) Loo (2019): CCN 51; (C) Tonfack-Djikeng *et al.* (2018); (D) Aldave (2016): D1 = CCN 51 y D2 = ICS 6

Los efectos importantes del cacao son: (1) función endotelial vascular y actividad plaquetaria, (2) actividad antioxidante e inflamatoria, (3) metabolismo de lipoproteínas y lípidos, (4) sensibilidad a la insulina, (5) flujo sanguíneo cerebral y funcionamiento neurocognitivo (Donovan *et al.* 2012).

Aldave (2016) estudió el tratamiento térmico del tostado de dos tipos de granos de cacao CCN 51 e ICS 6 a 120 y 130 °C por 40 y 50 minutos, en tostador rotatorio, no encontrando diferencias significativas en la composición de ácidos grasos con respecto al tratamiento térmico.

2.3. Procesamiento del cacao

Las tecnologías que existen para la transformación del grano de cacao en sus diferentes sub-productos son diversas, pero muchas de esas tecnologías asociadas al procesamiento del cacao, continúan siendo, en algunos aspectos, confidenciales (Minifie 1999).

Etapas del proceso

Limpieza. Consiste en eliminar los cuerpos extraños, como: metales, piedras, trozos de madera, vidrios, entre otros. Luego de esta operación es posible que aun queden residuos, los cuales se eliminan posteriormente en forma manual (Minifie 1999).

Tostado. Es la operación esencial donde a partir del contenido de humedad de los granos de cacao, en combinación con el calentamiento se promueve un conjunto de reacciones químicas, en las cuales intervienen los compuestos precursores formados durante la fermentación y el secado, que luego darán origen al sabor inicial del chocolate. Sin embargo, el buen sabor depende mucho de la variedad del cacao que proporcionó los granos y de la manera como se realizó el proceso de fermentación y secado (Minifie 1999).

Descascarillado. Es el proceso en el que se elimina la cáscara, todos los granos de cacao deben someterse primero a este proceso de descascarillado antes de que se transformen en pasta o licor de cacao. En las industrias existen dos variantes importantes en este proceso: la primera variante es el tostado y luego el descascarillado, la segunda variante es el secado de los granos con radiación infrarroja para luego descascararlos y finalmente el tostado de los cotiledones hasta el punto deseado, este último es el mejor para el procesamiento de grandes volúmenes, debido a su rentabilidad (Minifie 1999).

Molienda. Los granos de cacao se muelen para producir el licor o pasta de cacao; luego por calor se funde la manteca de cacao, por lo tanto las partículas de cacao son suspendidas en manteca de cacao. La temperatura y la intensidad de la molienda fluctúan, según el tipo de grano de cacao empleado y de las especificaciones del diseño exigidos para el producto final. El cacao tostado y limpio se muele mediante rodillos; anteriormente se empleaban rodillos fabricados de granito, pero ahora los de acero inoxidable se usan con mayor regularidad (Minifie 1999).

Refinado. La pasta de cacao molida puede ser refinada con el fin de reducir su tamaño de partícula de 200 micras hasta 20-25 micras. Es importante realizar esta operación cuando la pasta de cacao pasa a ser prensada para la obtención de manteca de cacao. Se usa refinador de billas de acero inoxidable, por un tiempo que puede fluctuar de 6 a 20 horas (Minifie 1999).

Prensado. La pasta de cacao fundida pasa a prensas, en esta etapa se separa la grasa (manteca de cacao) de la masa o pasta o licor de cacao hasta el porcentaje deseado y el residuo que se forma durante este proceso es lo que constituye la torta de cacao. Para producir la torta con diversas proporciones de grasa, el fabricante controla la cantidad de manteca que se extrae

del licor o pasta de cacao. La torta se pulveriza con la finalidad de obtener la cocoa en polvo, la que tiene un uso amplio en la industria alimentaria (Minifie 1999).

2.4. Procesamiento del chocolate

El chocolate (en algunas regiones también descrito como chocolate amargo, chocolate semidulce, chocolate oscuro o “chocolat fondant”) deberá contener, referido al extracto seco, no menos del 35 por ciento de extracto seco total de cacao, del cual el 18 por ciento, por lo menos, será manteca de cacao y el 14 por ciento, por lo menos, extracto seco magro de cacao. La adición de grasas vegetales, distintas de la manteca de cacao, debe ser no mayor al cinco por ciento del producto terminado (INACAL 2017, NTP-CODEX STAN 87 2017, CODEX STAN 87-1981 2003).

Etapas del proceso

Recepción y dosificación de materias primas. Esta etapa consiste en la recepción de materias primas, pesaje y posterior carga en las tolvas que son enviadas por transporte neumático a los silos (azúcar, manteca cacao, licor o pasta de cacao). Además, se diluyen mantecas de cacao y emulsificantes, que luego son enviados a los depósitos que serán utilizados para su próxima dosificación (Varas 2010).

Mezclado. El mezclado de ingredientes durante la elaboración de chocolates es una función fundamental empleada para obtener una buena consistencia, usando una combinación de tiempo y temperatura en mezcladores por lotes o continuos. En mezcladores por lotes, la pasta de cacao, azúcar y la manteca de cacao, se integran, normalmente, hasta cinco minutos a una temperatura de 45 °C, aproximadamente. El mezclado continuo se aplica usualmente en grandes fábricas de chocolates multinacionales, las cuales usan amasadoras automáticas que dan una textura dura y consistencia plástica (Varas 2010; Gutiérrez 2017).

Refinado. El refinado del chocolate es importante para obtener una textura suave que es deseable en las fábricas de chocolate. Mezclas de azúcar, pasta de cacao y un contenido total de grasa de 8-24 por ciento son refinadas a un tamaño de partículas inferior a 30 micras (μm), normalmente usando una combinación de refinadores de dos a cinco rodillos. El tamaño de

las partículas al final influye en las propiedades reológicas y sensoriales (Varas 2010; Ziegler y Hogg 2017).

Concado. El concado es uno de los procesos finales en la elaboración de chocolate. Es un proceso esencial que contribuye al desarrollo de la viscosidad, textura final y sabor. Esta operación se realiza agitando el chocolate a más de 50 °C por algunas horas. La humedad es reducida con la remoción de una cantidad indeseable de compuestos volátiles activos como el ácido acético y el amargor y, subsecuentemente, la interacción en la dispersión empieza. El tiempo de concado varía de acuerdo al tipo de chocolate que se desee elaborar (Varas 2010; Gutiérrez 2017; Beckett *et al.* 2017).

Atemperado. El atemperado, temperado o *tempering* implica una pre-cristalización de una pequeña porción de triglicéridos, con la formación de núcleos (1-3 por ciento) para mantener los lípidos en la forma correcta. El atemperado consta de cuatro pasos claves: derretimiento a 50 °C, enfriamiento al punto de cristalización a 32 °C, cristalización a 27 °C y conversión de algún cristal inestable a 29-31 °C. En el temperado continuo, el chocolate es llevado a 45 °C y luego es enfriado lentamente para iniciar la formación de cristales. Chire y Hartel (2010) prepararon muestras usando 1200 g de chocolate oscuro derretido entre 60 a 70 °C en una estufa por 60 minutos, mezcladas con manteca de cacao fundida hasta obtener el 32 por ciento de grasa total, luego se incorporó el emulsificante en un mezclador a 50-60 °C por dos horas, hasta obtener un producto homogéneo. Posteriormente fue atemperado dando características de fácil desmoldeo en la tableta, buen *snap* y brillo, controlando la temperatura y tiempo en cada una de las etapas del atemperado, las temperaturas reportadas fueron: 50 °C para derretir, 30 °C para enfriar, 32 °C para entibiar, 31 °C para enfriar y 32,5 °C para moldear. Por otro lado, Miquel *et al.* (2001) atemperaron chocolate oscuro en formas definidas como: baja y alta, registró la curva de enfriamiento en cada caso, concluyendo que el bajo atemperado obtuvo una pendiente ‘cero’, los parámetros fueron: chocolate derretido a más de 38 °C, enfriamiento de la masa de chocolate a 29 °C manteniendo la temperatura por cinco minutos, luego el chocolate fue calentado a 30,5 °C y mantenido por 10 minutos.

Moldeo, cristalización y desmoldeo. El chocolate se moldea en tabletas, se puede hacer de forma manual o mecánica pasándolo por unas cabezas dosificadoras que llenan por igual los moldes. Generalmente los moldes se encuentran a la misma temperatura que la masa para

evitar diferencias de temperaturas. Los moldes se someten a una serie de vibraciones en donde son agitados brevemente para eliminar las burbujas de aire que pudieran haberse formado al caer la masa del molde. Luego entran a un túnel, a baja temperatura, que enfriará uniformemente el chocolate hasta endurecerlo y darle su forma definitiva. Cuando la masa se enfría se contrae más que el molde, por lo que sólo con darle la vuelta se desprende y se desmolda (Gray 2017).

Envasado. Las tabletas de chocolate pueden ser empacados de dos formas:

- Manualmente, en empaques de papel o papel platino o laminado y colocados dentro de una caja de cartulina.
- Envasados en una empacadora horizontal, las barras de chocolate ingresan por un extremo sin envolver y salen envueltas por el otro, se realiza un sellado por calor dando la forma “paquete de flujo”, el material de empaque puede ser polipropileno biorientado y termosellable y otros disponibles en el mercado (Jones 2017).

Almacenamiento y distribución. Las tabletas de chocolate deben almacenarse a una temperatura de 18-20 °C con una humedad relativa no mayor a 50-60 por ciento (Gutiérrez 2017). El 25 por ciento de la manteca de cacao está aún en estado líquido, después del enfriamiento del producto no debería ser empacado. Además, almacenar en un ambiente frío hasta 24 horas para complementar la disipación del calor latente de cristalización y permitir que la manteca de cacao líquida se solidifique. Los productos de chocolates deberían ser congelados después de que ellos se han estabilizados por 48 horas para extender su tiempo de vida. Los productos de chocolates deben ser transportados en vehículos con temperaturas controladas (10 a 15.6 °C) para evitar el destemperado (Gutiérrez 2017).

2.5. Chocolates artesanales

La industria chocolatera ha experimentado incrementos de demanda de productos de chocolate; con el crecimiento de clase media global, existen oportunidades de crecimiento para los chocolateros artesanos (Jewett 2017).

Actualmente los consumidores están buscando un mejor valor para sus compras, por lo que los chocolateros a pequeña escala, con métodos de producción artesanales, hacen posible que los consumidores demanden de estos productos de primera calidad. Son productos que

se identifican con granos de cacao de origen, con certificación de prácticas sostenibles y con ingredientes trazables, dando importancia mayor a la calidad que a la cantidad respondiendo así a la preocupación del consumidor por la salud y el bienestar, lo que ha incrementado el crecimiento en las ventas del chocolate oscuro y los productos con alto contenido de sólidos de cacao (Jewett 2017).

Las líneas de productos sugeridas para el trabajo en chocolatería del grano a la barra serían: chocolates rellenos, chocolates bañados en confitería, formas de chocolates, chocolates en barra o fragmentos (Jewett 2017).

2.6. Propiedades del chocolate

2.6.1. Propiedades físicas

Propiedades reológicas. Son propiedades físicas de la pasta de chocolate; se consideran específicamente la viscosidad (η) y el esfuerzo mínimo de fluencia (τ_0). La viscosidad se define como la relación entre el esfuerzo de corte y la gradiente de deformación (Wolf 2017). La unidad en la que se expresa la viscosidad es Pascal - segundo (Pa.s), aunque todavía se utilizan las unidades antiguas de Poises (0,1 Pa.s). El chocolate fundido tiene el comportamiento de fluencia de un líquido Bingham, requiere de una fuerza considerable para empezar a fluir; pero una vez que empieza a moverse, mientras mayor sea la fuerza, más fluido se vuelve el chocolate; por lo tanto, la viscosidad está definida por la velocidad a la que fluye y se describe por una expresión matemática, siendo la más utilizada la ecuación de Casson (Wolf 2017). La mayoría de los chocolates contienen entre 25-35 por ciento de grasa. El efecto de un uno por ciento de grasa extra sobre la viscosidad del chocolate depende de la cantidad de grasa que ya exista en él y también de los parámetros de viscosidad que se estén considerando. Para un chocolate con un contenido de grasa por encima de 32 por ciento, los cambios son pocos en la viscosidad. En cambio, el aumento de uno por ciento de grasa sobre el contenido en grasa del 28 por ciento tiene un efecto realmente espectacular en la viscosidad plástica, que se reduce casi hasta la mitad. Aidoo *et al.* (2015), afirma que el modelo Casson ha sido, con frecuencia, exitosamente aplicado para analizar propiedades reológicas de chocolates. La viscosidad de Casson (η_{CA}), se relaciona a las características de bombeo, llenado de superficies rugosas, propiedades de cubierta y características sensoriales del cuerpo. El esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (τ_0) es la fuerza requerida para iniciar

el flujo de chocolate derretido; representa las propiedades de baja tasa de corte del chocolate y es afectado por la interacción partícula-partícula, la cantidad y el área de superficie específica de las partículas, emulsificantes y humedad. Reológicamente, a temperaturas constantes, las propiedades del chocolate son principalmente influenciadas por la distribución del tamaño de partícula y la composición de los ingredientes.

Glicerina *et al.* (2016) estudiaron las características reológicas (esfuerzo mínimo de fluencia y viscosidad) de tres tipos de chocolates: oscuro, leche y blanco. Los resultados muestran que el chocolate blanco, con alto contenido de grasa en la formulación, tuvo un bajo esfuerzo mínimo de fluencia y viscosidad, mientras que el chocolate oscuro tuvo altos valores de parámetros reológicos y, finalmente, el chocolate de leche tuvo valores intermedios. Aidoo *et al.* (2014), estudiaron el comportamiento reológico de las mezclas de povidexosa e inulina como reemplazantes de sacarosa en chocolate en un reómetro controlador AR200ex (TA Instruments, New Castle, Delaware, USA) con sistema cilíndrico concéntrico (copa y plomada); los chocolates fueron preparados calentando en un horno a 52 °C por una hora, aproximadamente 20 g de chocolate fue pesado en la copa y las mediciones fueron usadas realizando el procedimiento de la Asociación Internacional de Confiteros (ICA 2000), método oficial para chocolates; los resultados, a 40 °C, concluyen que un incremento de las concentraciones de inulina con reducción simultánea de povidexosa resulta en un incremento consistente en la viscosidad plástica de Casson mientras que permite el decrecimiento del esfuerzo mínimo de fluencia de Casson. Por otro lado, Chire y Hartel (2011) realizaron un estudio experimental donde se investigó el efecto de emulsificantes: Lecitina de soya (L) y Polirricinoleato de poliglicerol (PGPR) utilizados en proporciones de 0,1 y 0,3 por ciento para evaluar parámetros reológicos; se evaluó el efecto con respecto a viscosidad plástica y esfuerzo mínimo de fluencia de Casson del chocolate oscuro medidos a 40 °C, usando el reómetro rotacional Brookfield®; a 0,3 por ciento de PGPR se observó parámetros de Casson menores en todos los casos y a 0,1 por ciento de PGPR fueron menores o iguales comparados con lecitina de soya estándar.

Color. En el sentido físico, el color es la distribución de energía de una luz reflejada o transmitida por un alimento en particular, por lo que el color en un alimento estará influenciado por la absorción de la luz de las partículas en ese alimento. Para expresar el color de los alimentos con frecuencia se usa el sistema CIE L*, a* y b*, este sistema usa tres coordenadas espaciales a* (+a* rojo, -a* verde), b* (+b* amarillo, -b* azul) y luminosidad

L* (0 negro, -100 blanco) (Voltz 2001). La CIE (Comisión Internacional de Iluminación) desarrolló un modelo cromático para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano, tiene un espacio cromático mediante coordenadas cilíndricas de claridad (L*), croma o saturación (C*) y tonalidad (H*) además de las coordenadas rectangulares L* a* b* (Jiménez y Gutiérrez 2001). El porcentaje de cacao afecta a los cambios de color durante el almacenamiento, mientras mayor es el porcentaje de cacao, más estable es el color (Pastor *et al.* 2007). Entre los factores que contribuyen al aspecto del chocolate (color, forma, tamaño, brillo, etc.) el color es el que más influye en la aceptación de los consumidores. Aidoo *et al.* (2014) afirman, que el color es uno de los atributos claves de un producto para la aceptación del consumidor. Muchos atributos visuales pueden ser usados para describir la apariencia del chocolate, los cuales incluyen: brillo, forma, suavidad de la superficie, rugosidad, color entre otros. Los cambios en el color del chocolate con frecuencia son debidos a la diferencia en la composición y los parámetros de procesamiento durante la producción. Los valores de L* (claridad) indica el grado de claridad u oscurecimiento del chocolate. Chire y Hartel (2011) estudiaron el color del chocolate oscuro, definidos como índice de blancura y brillo superficial medidos con un colorímetro y un gonio fotómetro, respectivamente. Los productos terminados fueron almacenados en una cámara a las siguientes condiciones ambientales: temperaturas cíclicas de 19 ± 1 °C a 29 ± 1 °C cada 6 horas y humedad relativa de 50-60 por ciento. Para la medición del índice de blancura se evaluó un tiempo de 100 días, y para el brillo se evaluó un tiempo de 75 días. Los resultados obtenidos indicaron que existe una influencia particular de un grupo de PGPR a dosis de 0,1 por ciento, que contribuyeron con el retardo de la eflorescencia grasa y la pérdida de brillo del chocolate oscuro.

Dureza. Es la resistencia a la rotura o la energía requerida para propagar una fractura para un área rota dada, generalmente deducida del área bajo la curva fuerza-extensión (Dobraszczyk y Vincent 2001). Es la característica reológica más importante en el chocolate, ya que la manteca de cacao (alrededor de un tercio de su composición) se funde completamente a temperaturas corporales, mientras que es casi completamente sólida a 20 °C (De Bruijne y Bot 2001). Chire *et al.* 2017 evaluaron chocolates según su procedencia (importado y nacional), el tipo (oscuro y de leche) y la formulación en el Perú, encontraron diferencias significativas según procedencia y formulación, con valores de dureza mayores en chocolates importados y con mayor contenido de cacao en su formulación, se fundamenta

que la dureza está relacionada con la composición de ácidos grasos y del contenido de sólidos grasos de sus mantecas.

Tamaño de partícula. Para los chocolates oscuros el tamaño de partícula es pequeño, el número de partículas se incrementa en paralelo con los puntos de contacto entre las partículas, resultando en una alta firmeza (Afoakwa *et al.* 2009). Los bloques de chocolate de primera calidad pueden tener tamaño de partícula tan pequeños como 10 a 12 μm (micras), mientras que el chocolate que se utiliza como recubrimiento en barra tiene tamaños de partícula de 20 a 40 μm (Morgan 1994; citado por De Bruijne y Bot 2001). Chire *et al.* (2017) evaluaron chocolates, según su procedencia (importado y nacional), tipo (oscuro y de leche) y formulación en el Perú y no encontraron diferencias significativas en tamaño de partícula.

2.6.2. Propiedades fisicoquímicas

Composición proximal. Como ejemplo se muestra la composición proximal de los chocolates de Ecuador, Ghana (ambos con 51 por ciento de cacao) y Perú (Arequipa con 52 por ciento de cacao y San Martín con 70 por ciento de cacao) en: humedad, ceniza, proteína cruda, carbohidratos totales, fibra cruda y grasa cruda. Los resultados se muestran en el Tabla 4.

Tabla 4: Composición proximal del chocolate

Componente	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
Humedad	1,4 \pm 0,0	1,4 \pm 0,0	1,8 \pm 0,0	-
Ceniza	1,6 \pm 0,0	1,5 \pm 0,0	1,8 \pm 0,0	2,1 \pm 0,0
Proteína cruda	6,4 \pm 0,0	6,4 \pm 0,0	6,5 \pm 0,0	8,0 \pm 0,1
Carbohidratos totales	59,9 \pm 0,0	60,4 \pm 0,0	57,2 \pm 0,1	45,8 \pm 0,4
Fibra cruda	1,7 \pm 0,0	1,7 \pm 0,0	3,2 \pm 0,1	4,3 \pm 0,2
Grasa cruda	30,7 \pm 0,0	30,2 \pm 0,0	32,7 \pm 0,2	44,1 \pm 0,3

Fuente: (A y B) Torres-Moreno *et al.* (2015): A = Ecuador y B = Ghana; (C) Bobadilla *et al.* (2017) Arequipa 52% cacao; (D) Mejía *et al.* (2017) San Martín 70% cacao

Actividad de agua. El chocolate oscuro empezará a absorber humedad aproximadamente a 85 por ciento de humedad relativa en el ambiente, manifestando pegajosidad o un descoloramiento en la superficie, las tabletas de chocolate empezarán a estar más suaves, lo

que iniciará su deterioro, por lo tanto la actividad de agua será alta (Minifie 1999), mayor a 0,50. Chire *et al.* (2017) reportaron valores de actividad de agua según procedencia (importado y nacional), tipo (oscuro y de leche) y formulación, encontrando diferencias significativas en procedencia y formulación, con valores de actividad de agua mayores en chocolates nacionales y contenido de cacao en su formulación.

Contenido de sólidos grasos (SG). Esta propiedad es un parámetro que expresa la relación de masa sólido/líquido de las grasa a diferentes temperaturas, afectando las propiedades físicas como la consistencia, estabilidad y también atributos sensoriales importantes (Quast *et al.* 2013). El contenido de SG entre 20 a 25 °C califica la dureza de la manteca de cacao. El rango de temperaturas en las cuales una disminución expresiva en el contenido de SG es evidente, representa la resistencia al calentamiento, mientras que una fusión rápida entre 32 a 35 °C es responsable del enfriamiento y sensación cremosa durante la degustación. Uno de los más importantes y prácticos parámetros usados en la industria para evaluar la calidad de la manteca de cacao, es la diferencia entre el contenido de SG a 25 y 35 °C (denominado ΔS). La presencia de grasa sólida a la temperatura sobre 35 °C es reconocida como una sensación cerosa y es fácilmente detectado durante la degustación (Quast *et al.* 2013).

2.6.3. Propiedades nutricionales

El chocolate contiene un número importante de vitaminas y minerales. También hay cada vez más pruebas de que los componentes fitoquímicos derivados del cacao en el chocolate pueden mitigar los posibles impactos en la salud del azúcar y la grasa añadidas derivadas del consumo de chocolate. La evidencia sugiere que, en relación con otros alimentos con cantidades similares de grasa, la composición de ácidos grasos de la manteca de cacao tiene efectos neutros o beneficiosos sobre los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular. La composición nutricional de un chocolate en particular es dependiente de la cantidad de sólidos de cacao presentes, por lo tanto, las discusiones sobre los beneficios para la salud relativos del chocolate deberían estar más matizadas y centradas en formulaciones de productos particulares (Lambert 2017).

En cuanto a los macronutrientes del cacao, el chocolate contiene cantidades variables que proporcionan energía, dependiendo del tipo de chocolate y de la cantidad de sólidos presentes, por ejemplo un chocolate oscuro (45-59 por ciento de cacao) contiene: 4,88 por

ciento de proteína, 31,3 por ciento de grasa, 61,2 por ciento de carbohidratos y 546 kcal (2284,5 kJ) (Lambert 2017).

Energía. La grasa es el nutriente principal en los granos de cacao y los carbohidratos totales son los componentes más importantes en los chocolates y le sigue la grasa. Mella *et al.* (1987), analizaron muestras de chocolates (con leche en barra, de fantasía en barra, en polvo dulce y coberturas de helados), para determinar la calidad y cantidad de la materia grasa como también el valor energético del alimento. Se determinó que los chocolates son una buena fuente de energía térmica, proporcionando un promedio de 500 calorías (2092 kJ) para 100g de chocolate. Collazos *et al.* (1996) determinan el contenido energético (medido en kilocalorías), de un alimento por cálculo, conociendo el contenido de grasa, proteína y carbohidrato total en 100 gramos alimento, por lo tanto, la participación en el alimento y multiplicando por el factor de 9, 4 y 4 kcal/g (37,7; 16,9 y 16,9 kJ/g) respectivamente, resulta en el valor energético total del alimento, expresado en kcal en 100 gramos de alimento.

Los lípidos pueden ser formados en el cuerpo de carbohidratos, proteínas o precursores de lípidos. Sin embargo, ciertos ácidos grasos poliinsaturados esenciales no pueden ser formados por el cuerpo y consecuentemente debe ser incluidos en la dieta (Freedland y Briggs, 1977).

Composición de ácidos grasos (AG). La composición de ácidos grasos fueron determinados en cacao y chocolates de diferentes procedencia, en mezcla y sujetos a diferentes condiciones de procesamiento (Tabla 5).

Tabla 5: Contenido promedio de ácidos grasos de muestras de cacao sin tostar y chocolate expresados como porcentaje relativo del contenido total de ácidos grasos

Producto	Procedencia	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Grano de cacao (sin tostar)	Ecuador	27,61	33,76	34,73	2,43	0,14
	Ghana	25,02	36,40	34,31	2,02	0,13
Chocolate	Ecuador	27,98	35,25	32,76	2,20	0,10
	Ghana	27,00	37,59	31,98	1,62	0,16

Fuente: Torres-Moreno *et al.* (2015)

La composición de AG depende de la procedencia, mientras que en chocolates solo los carbohidratos y el contenido de grasa varían significativamente debido al efecto de la procedencia y no significativamente debido al efecto observado de las condiciones de proceso. Ambas diferencias en el cacao y el chocolate en la composición de AG fueron explicados como un efecto de la procedencia y no fueron debido a las condiciones del proceso en chocolate. Para el cacao las diferencias en la composición de AG fueron encontrados en: C12:0, C14:0, C16:0, C16:1, C17:0, C17:1 y C18:0 mientras que para chocolates solo las diferencias fueron encontradas en C16:0, C18:0, C18:1 y C18:2. Para todas las muestras C16:0, C18:0, C18:1 y C18:2 fueron cuantitativamente las más importantes en ácidos grasos. El chocolate ecuatoriano mostró una composición de AG saludables por su alto contenido de ácido graso insaturados (AGI) y una baja cantidad de ácido graso saturados (AGS) que el chocolate de Ghana. Además, tiene una importante fuente de AGS especialmente el ácido esteárico que tiene un efecto neutro para la salud humana. Debido a su composición química, se debe tomar en cuenta que el consumo de chocolate oscuro debe ser moderado en la dieta humana (Torres-Moreno *et al.* 2015). El AGI Oleico es el responsable de bajos niveles de colesterol en sangre, previene efectos en diversas enfermedades crónicas y puede incrementar la longevidad en humanos.

El ácido linoleico y el araquidónico, son ácidos grasos esenciales, son capaces de superar los síntomas de la deficiencia de ácidos grasos. Sin embargo, el cuerpo puede producir ácido graso araquidónico si proviene del ácido grasos linoleico. Estos ácidos grasos esenciales son importantes para el mantenimiento de la estructura de las membranas celulares y en particular, la integridad de la pared capilar. También se cree que son requeridos para el transporte y metabolismo eficiente del colesterol (Freedland y Briggs, 1977). Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), C18:2 y C18:3 están presentes en el chocolate en pequeñas cantidades, y su consumo diario puede tener efectos protectores en la salud cardiovascular, cáncer, diabetes y funciones inmunes.

Los gobiernos establecen etiquetas nutricionales obligatorias como una herramienta para ayudar a detener el incremento de los niveles de obesidad. Las etiquetas incluyen energía expresado en kcal, proteínas, carbohidratos, azúcares, grasa, grasa saturada, sodio o sal y fibra dietaria por 100 gramos o por porción. Grupos y promoción de consumo de la salud, consideran que tales esquemas de etiquetado pueden ser codificado por colores (Wood 2017).

2.6.4. Propiedades sensoriales

En las pruebas sensoriales para evaluar productos de chocolate, la evaluación del sabor puede ser la primera opción. El sabor es una percepción integrada que surge de distintas entradas anatómicas: gusto, olfato y sistema somato-sensorial. Las cualidades del sabor se han definido tradicionalmente como: dulzor, acidez, salinidad y amargor que resultan de la estimulación de receptores especializados en la lengua. Para el chocolate las sensaciones orales de interés son generalmente de astringencia. Sin embargo, cuando se evalúa chocolate, la apariencia visual e incluso sonidos (generalmente expresado como componente de textura) pueden ser importantes señales para distinguir diferentes productos (Harwood y Hayes 2017).

Existen numerosas pruebas que pueden ser usadas para la evaluación sensorial de los productos de chocolate. La cuestión de interés determina en última instancia la idoneidad de cada prueba. Frecuentemente, pruebas múltiples pueden ser usadas para abordar la misma pregunta de investigación (Harwood y Hayes 2017).

Según Ureña *et al.* (1999), la evaluación sensorial tiene diferentes aplicaciones: desarrollo de productos, comparación de productos, mejoramiento de un producto, evaluación del proceso de producción, reducción de costos y selección de una nueva fuente de financiamiento, control de calidad, estudio de estabilidad del alimento durante su almacenaje, clasificación de productos, determinación de la aceptación de un producto y de las sugerencias del consumidor, preferencias y gustos del consumidor, formación de jurados, correlación de las medidas sensoriales con las obtenidas por métodos químicos y/o físicos.

Los análisis afectivos, son empleados para conocer la aceptabilidad de estos por parte del consumidor, así como también sus preferencias de consumo. En ambos casos se buscan medir estos criterios a partir de datos obtenidos de una muestra poblacional representativa de un grupo social de individuos que, por consideraciones de idiosincrasia de consumo, cultura, nivel económico, lugar de residencia, entre otros aspectos socio-económicos y culturales, tienden a coincidir muchas veces en “gustos”, “apetencias”, “vicios” e intereses; datos que serán luego analizados estadísticamente para su valoración y posterior aceptación o rechazo de la hipótesis enunciada inicialmente (Ureña *et al.* 1999).

Las pruebas de aceptación miden la aceptación del consumidor o gusto de un producto. La aceptación del consumidor de un alimento puede estar definido como: (1) una experiencia, o la característica de la experiencia, característica por una actitud positiva hacia un alimento y/o (2) utilización actual de alimentos por los consumidores. Las medidas de aceptación pueden ser hechas en cualquier número de productos y no requieren comparación con otros productos (Resurreccion 2007).

En cuanto a escalas de aceptación, la escala hedónica de nueve puntos es la más frecuentemente usada para aceptación y ha sido validada en la literatura científica con Stone y Sidel en el año 1993. La prueba de calificación de medida hedónica, se desarrolló hace más de 50 años, es ampliamente usada para medir la aceptación de alimentos. Es simple, escala de valoración no ambigua, usada por muchos años para medir la aceptación de un alimento y proporcionar un número de referencia con el que comparar productos, para comparar lotes, y evaluar el nivel de aceptación de los productos en una categoría competitiva. La tarea de los consumidores es fácil, grabar el grado de agrado, usando la escala, hay cuatro categorías supuestamente equidistantes para el gusto, un punto neutral y el correspondiente a cuatro categorías supuestamente equidistante para el disgusto. Modificaciones a la escala de nueve puntos continúan siendo sugeridas y eliminar opciones tales como: “me gusta moderadamente” o “me disgusta moderadamente” o descartar los puntos finales eliminando “me gusta extremadamente” o “me disgusta extremadamente” (Resurreccion 2007).

En pruebas afectivas para prototipo de productos que se realiza con panelistas no entrenados, deben participar al menos 30 personas para que la evaluación de sus apreciaciones tenga validez estadística (Ureña *et al.* 1999). Por otro lado Ali *et al.* (2001) evaluó atributos sensoriales para chocolates oscuros rellenos como: color, textura, sabor y aceptabilidad general usando una escala hedónica de siete puntos (1= extremadamente disgusta, 4 = moderado, 7 = extremadamente gusta) con 25 panelistas seleccionados y entrenados de estudiantes de posgrado y administrativos de la Facultad de Ciencias y Biotecnología de la Universidad de Putra en Malasia, empleando la metodología de Lardmond (1977).

2.7. Concepto del producto

Urlich *et al.* (2013) afirma que el concepto de producto es una descripción aproximada de la tecnología, principios de trabajo, forma de producto que satisface las necesidades del cliente.

El grado en que un producto satisface a clientes y puede ser comercializado con éxito depende en gran medida de la calidad del concepto fundamental. La generación de un concepto es de un costo relativamente bajo y se puede hacer con relativa rapidez en comparación con el resto del proceso de desarrollo.

Lord (2007) manifiesta que el concepto de un producto es una representación declarada, impresa, ilustrada o maqueta y descripción de un nuevo producto. El concepto proporciona un dispositivo para comunicarse con los consumidores y con el equipo que desarrolló la naturaleza del nuevo producto, cómo trabajará, las características del producto, los beneficios, la razón de ser y que problemas resolverá para el usuario. Un concepto también representa un protocolo que proporciona el equipo que lo desarrolló, un conjunto específico de expectativas, así como la dirección para ambos, el desarrollo de procesos y la estrategia de lanzamiento. El concepto provee la base, la estrategia de posicionamiento y la formulación de producto, además empaques, publicidad, precios y distribución.

El concepto evoluciona durante el desarrollo del producto. En las primeras etapas, un concepto puede ser una descripción estándar simple usando una oración o frase. Un concepto más elaborado incluirá mejores beneficios, características, tamaño de empaque y precios; un simple dibujo puede acompañar la descripción (Lord 2007).

Existen múltiples formatos en la que el concepto de producto puede ser presentado: (1) descripción verbal simple, (2) descripción más elaborada y verbal incorporando lenguaje publicitario, (3) guiones gráficos que incluyen descripción del producto y típicamente una ilustración del producto, (4) imágenes que pueden ser vistas en una pantalla de computadora tanto estática como de transmisión, (5) bosquejo del producto, (6) un prototipo de producto (Lord 2007).

Validación de la prueba de concepto, la mejor premisa de cualquier procedimiento de prueba de concepto es que las reacciones de los consumidores a un concepto son indicadores válidos y confiables de su posible comportamiento futuro en el mercado. Para establecer la validez de los puntajes de intención de compra como predictores de prueba, se requiere el análisis de un número significativo de casos en los que podamos comparar los puntajes de intención de compra con el desempeño posterior del producto en condiciones reales de mercado, ya sea un mercado de prueba de venta o después del lanzamiento. Sin esta información, se puede

tener poca confianza en la validez de nuestros datos de intención de compra y en la capacidad de predecir el juicio (Lord 2007).

2.8. Métodos y diseño de superficie de respuesta

Montgomery (2006) describe la metodología de superficie de respuesta (MSR) como el conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas que son útiles para el modelado y análisis en las aplicaciones donde una respuesta de interés recibe la influencia de varias variables y el objeto es optimizar esta respuesta. El enfoque MSR general fue desarrollado a principios de los años 1950, y se aplicó inicialmente en la industria química con considerable éxito. La MSR ha encontrado una amplia aplicación en una gran variedad de escenarios industriales, rebasando con mucho sus orígenes en los procesos químicos, incluyendo los semiconductores hasta procesos de ensamblaje.

La superficie de respuesta puede representarse gráficamente (Figura 1), donde $E(y)$ se grafica contra los niveles x_1 y x_2 . La respuesta se representa como una gráfica de superficie en el espacio tridimensional. Con frecuencia se trazan los contornos de la superficie de respuesta. En una gráfica de contorno se trazan las líneas de respuesta constante en el plano x_1, x_2 . Cada contorno corresponde a una altura particular de la superficie de respuesta. La grafica de contorno es útil para estudiar los niveles x_1, x_2 que producen cambios en la forma o altura de la superficie de respuesta.

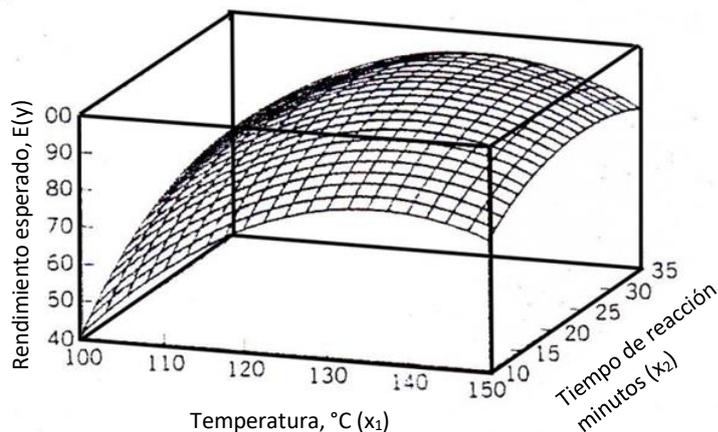


Figura 1. Superficie de respuesta tridimensional donde se muestra el rendimiento esperado en función de la temperatura de reacción y del tiempo de reacción
Fuente: Montgomery (2006)

En la mayoría de los problemas de MSR, no se conoce la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes. Por tanto, el primer paso de la MSR es encontrar una aproximación adecuada de la verdadera relación funcional entre "y" y las variables independientes (x_1, x_2, \dots). Por lo general se emplea un polinomio de orden inferior en alguna región de las variables independientes. Si una función lineal de las variables independientes modela adecuadamente la respuesta, entonces la función de aproximación es el modelo de primer orden (1).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

Si hay curvatura en el sistema, entonces debe usarse un polinomio de orden superior, tal como el modelo de segundo orden (2).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j=2}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (2)$$

En muchos problemas MSR se usa uno de estos modelos, o ambos. Es poco probable que un modelo polinómico será una aproximación razonable de la verdadera relación funcional en el espacio completo de las variables independientes, pero para una región relativamente pequeña suele funcionar bastante bien.

Se usa el método de mínimos cuadrados para estimar los parámetros de los polinomios de aproximación. Es decir las estimaciones de las β en las ecuaciones anteriores son aquellos valores de los parámetros que minimizan la suma de cuadrados de los errores del modelo. Después se realiza el análisis de la superficie de respuesta en términos de la superficie ajustada. Si la superficie ajustada es una aproximación adecuada de la verdadera función de la respuesta, entonces el análisis de la superficie ajustada será un equivalente aproximado del análisis del sistema real.

La MSR es un procedimiento secuencial, cuando uno se encuentra en un punto de la superficie de respuesta que está apartado del óptimo, el sistema presenta poca curvatura y el modelo de primer orden será apropiado. El objetivo en este caso es llevar al experimentador de manera rápida y eficiente a la vecindad general del óptimo. Una vez que se ha encontrado la región del óptimo, puede emplearse un modelo más elaborado, tal como el modelo de

segundo orden, y realizarse un análisis para localizar el óptimo. En la Figura 1 puede verse que el análisis de una superficie de respuesta puede considerarse como “el ascenso de una colina”, donde la cima de la colina representa el punto de la respuesta máxima. Si el verdadero óptimo es un punto de respuesta mínima entonces la situación puede considerarse como “el descenso a un valle”. El objetivo último de la MSR es determinar las condiciones de operación óptimas del sistema o determinar una región del espacio de los factores en la que se satisfacen las especificaciones de operación.

La MSR se usa para mejorar la calidad de productos y procesos. En procesos químicos hay casi siempre muchas propiedades de salida del producto y debe ser consideradas en la definición de “deseable”. En muchos productos de consumo, los científicos deben lidiar con el gusto como una respuesta, pero también deben considerar otras respuestas como el color y la textura, así como los productos no deseados. A medida que los recursos valiosos se reducen y la industria busca extraer más información de un solo experimento, es cada vez más importante contar con estrategias sólidas para examinar y combinar múltiples objetivos. Antes de considerar como resumir y optimizar muchas respuestas de los experimentos diseñados, primero se estudia el marco más general para examinar la relación entre varios objetivos en competencia. Hay muchos aspectos a este problema que complican el proceso de elegir una mejor alternativa al considerar múltiples facetas para la toma de decisiones (Myers *et al.* 2016).

La primera, hay casi decisiones no prácticas, donde es posible conseguir un resultado óptimo de cada criterio individual en una elección simple. La segunda, puede ser que las características las cuales han sido consideradas en la decisión sean medidas en diferentes escalas. La tercera, consiste en como las diferentes características son valoradas y pueden diferir dependiendo del que toma de la decisión. Como un resultado, los métodos para evaluación y optimización basados en objetivos múltiples deberían proveer mecanismos de incorporación de prioridades del experimentador y preferencias (Myers *et al.* 2016).

Importantes pasos que involucra la optimización. La investigación de la optimización puede ser hecha por la (1) planificación, (2) pruebas, (3) validación e (4) investigación del mercadeo. La planificación tiene los siguientes pasos: seleccionar las variables de entrada y sus rangos, seleccionar las variables de salida, escribir la función respuesta, seleccionar el diseño experimental apropiado, desarrollar una tabla de niveles de factores codificados y no

codificados. Las pruebas desarrollan los siguientes pasos: conducir el experimento y coleccionar los datos, conducir el análisis estadístico, interpretar los datos, reanalizar los datos si fuera necesario, encontrar parámetros de función (coeficientes), desarrollar la superficie de respuesta, identificar la superficie o límites para determinar las condiciones óptimas, encontrar las condiciones óptimas. La validación conlleva los siguientes pasos: conducir la verificación de los experimentos, determinar la desviación entre las respuestas óptimas predichas y las respuestas determinadas experimentalmente de los experimentos de verificación (Chinnan 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en:

- Laboratorio de Análisis Físicoquímico de Alimentos y Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú).
- Planta de procesamiento de cacao Chocomuseo (Lima, Perú).
- Planta de procesamiento de cacao Warmitech (Saposa, Perú).
- Planta de procesamiento de chocolates Cacao Valley (Lima, Perú).
- Laboratorio de Ciencia de Alimentos de University of Wisconsin-Madison (Madison-Wisconsin, U.S.A.).

3.2. Materia prima e ingredientes

Se utilizó granos de cacao CCN 51 (Colección Castro Naranjal) e ICS 6 (Imperial College Selection) beneficiados en el Fundo Terra Nostra (Uchiza, San Martín). Los granos de cacao (78 kg en total) fermentados y secos fueron transportados hacia la planta de procesamiento de cacao Chocomuseo para ser transformados en sus derivados: pasta de cacao, manteca de cacao y cocoa en polvo. Posteriormente parte de la pasta o licor de cacao se prensó en la planta de procesamiento de cacao Warmitech para la obtención de manteca de cacao. Para la elaboración del chocolate oscuro tuvo como ingredientes adicionales: azúcar blanca (marca Dulcina®) y lecitina de soya.

3.3. Equipos, materiales y reactivos

3.3.1. Equipos para análisis.

Balanza analítica, estufa, equipo digestor y determinador de proteínas (micro-Kjeldahl), equipo determinador de grasa (Soxhlet), mufla, equipo digestor de fibra cruda, cromatógrafo de gases (AGILENT®), equipo de resonancia magnética nuclear (Analizador NMR, The minispec mq20), reómetro (Discovery HR-2, Hybrid rheometer, TA Instruments' New Castle, DE, USA), colorímetro (MINOLTA®), texturometro (TA.XT plus, Stable micro systems, Texture Technologies Corp, England), micrómetro (digital, marca MITUTOYO®) y determinador de actividad de agua (marca AQUALAB®).

3.3.2. Equipos y materiales para el procesamiento del cacao al chocolate fueron.

- La línea de procesamiento de cacao a derivados del cacao marca IMSA® de acero inoxidable:

Balanza industrial (Capacidad 150 kg).

Tostador rotatorio (Capacidad 13 kg), con termómetro, pirómetro y unidad de enfriamiento automático desmontable para descarga de granos tostados. Combustible a gas.

Descascarillador, triturador-rompedor de granos.

Molino-triturador, 60-80 micras, platos concéntricos con pines fundidos en acero inoxidable.

Refinadora de billas (Capacidad 6 kg).

Prensa Cacao, 3C (1 kg por batch) con recipiente de acondicionamiento de licor o pasta de cacao.

- La línea de procesamiento de derivados del cacao a chocolate:

Refinador-conchador (Capacidad 3 kg), marca Cacaotown®.

Atemperador ciclotérmico (Capacidad 500 g), con agitador, controlador de velocidad MASTER SERVODYNE y baño recirculante regulador de temperatura FISHER SCIENTIFIC.

Moldes de plástico circular 5 cm de diámetro x 0.5 cm de altura, usado para la determinación de propiedades físicas.

Moldes de plástico circular de 3 cm de diámetro x 0.5 cm de altura, usado para la evaluación sensorial.

Climatizadora (aire acondicionado a 20 °C).

3.3.3. Reactivos

Los reactivos para los análisis fueron: ácido sulfúrico 95-98 por ciento, catalizador $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: K_2SO_4 : 1:300, Solución de hidróxido de sodio al 80 por ciento (p/p) (libre de nitrato), solución indicadora de rojo de metilo, verde de bromocresol, solución de ácido bórico al cuatro por ciento con indicador, solución estándar de ácido clorhídrico 0,05N, éter de petróleo, solución al 1,25 por ciento de ácido clorhídrico, solución al 1,25 por ciento de hidróxido de sodio y alcohol 95 por ciento, ácido clorhídrico concentrado, etanol absoluto, éter etílico, solvente con nitrógeno, hidróxido de sodio metanólico al dos por ciento, trifluoruro de boro, iso-octano, cloruro de sodio saturado, cloruro de litio 8,57 Molar (M) y cloruro de sodio 6 Molar (M).

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Caracterización fisicoquímica de los granos de cacao y sus pastas

- a. Determinación de la composición proximal. Los granos de cacao se acondicionaron para realizar la determinación proximal según AOAC (2016). Humedad (931.04), proteína cruda (970.22), grasa cruda (920.75^a), ceniza (972.15), fibra cruda (930.20a y 962.09e), carbohidratos totales (Álvarez *et al.* 2007).
- b. Determinación de la composición de ácidos grasos (AG). La fracción lipídica fue extraída (Método 920.75^a Soxhlet, AOAC 2016) de las pasta de cacao. Posteriormente se aplicó la metodología ISO 12966-1 (2014) y la preparación de metil ésteres de ácidos grasos (MEAGs) (ISO 5509 2000). Los resultados fueron reportados como porcentaje relativo del total de la composición de AG en base seca de la fracción lipídica de las pastas de cacao.
- c. Determinación del contenido de sólidos grasos (SG). Método IUPAC 2.150b (1987) por resonancia magnética nuclear (RMN). Se extrajo la fracción lipídica de la pasta de cacao

con solvente “Éter de petróleo”, se derritió la misma y se midió dos mililitros (previamente homogenizada y filtrada) en un tubo de ensayo a 80 °C x 30 minutos, seguidamente se mantuvo las muestras (tubos) en un baño de 0 °C x 90 ± 5 minutos, luego las mismas pasaron (tubos) a un baño a 26 °C por 40 ± 0,5 horas, posteriormente se mantuvo las muestras (tubos) en un baño a 0 °C por 90 ± 5 minutos, finalmente pasaron las muestras (tubos) en un baño a cada medida de temperatura indicada por 60 minutos, para el estudio las temperaturas fueron: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 °C.

3.4.2. Caracterización física del chocolate

a. Pasta de chocolate

Después del concado el chocolate fue evaluado en sus propiedades reológicas: viscosidad y esfuerzo mínimo de fluencia, fueron medidos en el Reómetro híbrido Discovery HR-2 (TA Instruments, New Castle, DE, U.S.A.), equipado con plomada y copa. La masa de chocolate fue derretida a 50 °C y mantenida por 60 minutos, asegurando la destrucción del historial del cristal de grasa. Luego el chocolate fue mezclado para homogeneizar y coleccionar la muestra. La muestra de chocolate líquida (25 mL, equivalente a 30 g aproximadamente), fue incorporada a la copa a la temperatura de 40 °C. Bajando la plomada en funcionamiento en el espacio operativo (5917 nm) la muestra fue mantenida a 40 °C por 5 minutos para alcanzar el equilibrio térmico, seguidamente la muestra fue pre-cizallada a una tasa de corte constante de 76 s⁻¹ a 40 °C por otros 5 minutos. El barrido de flujo fue realizado a un paso logarítmico, a una tasa de corte de 1000 a 1 s⁻¹ y a una temperatura constante de 40 °C. Los datos fueron procesados en el software del reómetro (TRIOS[®]) y se ajustó al modelo de Casson (Wolf 2017; Nelson y Beckett 1994) mostrado en la ecuación (3). Después de cada medida, se limpiaron la plomada y la copa. Se evaluaron tres repeticiones por unidad experimental.

$$(1+a)\sqrt{D} = \frac{1}{\sqrt{\eta_{CA}}} \left[(1+a)\sqrt{\tau_1} - 2\sqrt{\tau_{CA}} \right] \quad (3)$$

Dónde: a = relación del radio interior al exterior, D = tasa de corte ($D > 1$) al cilindro externo (s^{-1}), η_{CA} = viscosidad (Pa.s), τ_1 = esfuerzo de corte transmitido a la superficie del cilindro interior (Pa), τ_{CA} = esfuerzo mínimo de Casson (Pa)

b. Tableta de chocolate

Después del almacenamiento a 20 ± 2 °C por 14 días (Afoakwa *et al.* 2008) de la tableta de chocolate, estas tabletas de chocolate fueron evaluados en las propiedades físicas:

- **Color.** El color de las muestras de chocolate fue medido usando el colorímetro Minolta CR-300 (Minolta Corporation, Ramsey, New Jersey), usando un sistema de escala de color CIELAB con medidas de L^* . El valor L^* mide la escala de oscuridad (0) a claridad (100). Todas las medidas fueron realizada a la luz del día. Se realizaron cinco mediciones por unidad experimental (tomadas en posición de cuatro ángulos 0, 90, 180, y 270 grados) (Chire *et al.* 2017).
- **Textura.** Las muestras de chocolate fueron evaluadas en un analizador de textura TA.TX[®] plus (England) con software EXPONENT[®], con una carga de 50 kg y una geometría de aguja P:2 (Texture Technologies). La dureza fue reportada como la fuerza de penetración máxima (N) requerida para que la aguja penetre la muestra de chocolate (diámetro 50 mm y grosor 5 mm) sobre una distancia de 5 mm, a una velocidad constante de 2 mm/s. Se realizaron tres medidas por unidad experimental.
- **Tamaño de partícula.** Fue determinada por el método del micrómetro MITUTOYO[®] que solo detecta partículas grandes (Beckett 2008). Se limpiaron las superficies planas de las mandíbulas del micrómetro y se ajustó a cero. Se mezcló en un recipiente 50 partes de aceite de girasol con 50 partes de chocolate fundido, se colocó una gota de la emulsión en una de las mandíbulas del micrómetro, se enroscó las mandíbulas hasta que fácilmente se midieron las partículas del producto y se tomó la lectura en micras. Se abrieron las mandíbulas y se limpiaron para la siguiente medida. Se realizaron tres medidas por unidad experimental.

3.4.3. Caracterización del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

a. Análisis fisicoquímicos

Se evaluó por análisis proximal (INACAL 2017; AOAC 2016): Humedad (NTP 208.017), proteína cruda (970.22), grasa cruda (NTP 208.016), ceniza (NTP 208.015), fibra cruda (NTP 208.029) y carbohidratos totales (Álvarez *et al.* 2007). Se determinó la actividad de agua con la técnica del punto de rocío AOAC 978.18 (AOAC 2016) y la composición de sólidos grasos de la fracción lipídica del chocolate oscuro por RMN, según se indica en 3.4.1 c.

b. Análisis nutricional

Se evaluó el contenido de energía térmica (calorías) por cálculo a partir de la composición proximal del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima (Collazos *et al.* 1996; Reyes *et al.* 2009), expresado en kilojoules y kilocalorías. Se evaluó la composición de ácidos grasos de la fracción lipídica del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima, según 3.4.1 b. Los resultados fueron reportados como porcentaje relativo del total de la composición de ácidos grasos en base seca de la fracción lipídica del chocolate. Se reportó los valores nutricionales del chocolate oscuro como ácidos grasos por 100 gramos y 25 gramos de chocolate.

c. Aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

Se realizó una prueba sensorial al chocolate oscuro con la formulación óptima, usando una escala hedónica de cinco puntos (1 = Me desagrada mucho, 2 = Me desagrada, 3 = Me agrada más o menos, 4 = Me agrada y 5 = Me agrada mucho) a fin de evaluar la aceptabilidad general del producto óptimo (Tabla 6). Se consideró que la aceptabilidad general es a partir de cuatro puntos, siendo la información recolectada de la tarjeta que se presenta en la Tabla 6. La prueba se realizó con el chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima, en lugares con luz solar o blanca a 20 ± 1 °C y con muestras de 5 g. Los 369 jueces no entrenados (consumidores habituales de chocolate) fueron estudiantes y profesores universitarios, chocolateros y compradores habituales de Perú y de otros países. La prueba fue realizada en quince días no consecutivos dentro de un mes.

Los resultados se reportaron como porcentaje de aceptabilidad del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima, datos del consumidor (sexo, edad, preferencias de consumo por tipo del chocolate y frecuencia del consumo de chocolate), moda, mediana y promedio por grupos de consumidores nacionales y extranjeros.

Tabla 6: Tarjeta de evaluación sensorial

ENCUESTA – CHOCOLATE

Por favor de la siguiente información:

Fecha:

Género: M (), F ()

País:

Edad (años cumplidos): 20 a 30 () 31 a 40 () 41 a 50 () Más de 50 ()

Chocolate de su preferencia: Oscuro (), De leche (), Blanco ()

Frecuencia de consumo de chocolates: Mensual (), Semanal (), Diaria ()

Hora de su última comida:

Deguste la muestra de chocolate y marque con una “X” donde corresponda según su opinión:

Escala	Colocar (X)
Me agrada mucho	
Me agrada	
Me agrada más o menos	
Me desagrada	
Me desagrada mucho	

Comentario:

¡Muchas gracias!

Fuente: Elaboración propia

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Definición del concepto de producto

Para obtener el concepto del producto, se convocó a seis personas relacionadas al tema “cacao y chocolate”, el trabajo se desarrolló en el restaurante BEMBOS en San Isidro, se inició a partir de una idea de los atributos que debería tener el chocolate para lograr ser aceptado por el consumidor por cumplimiento de sus expectativas; idea que fue evaluada una y otra vez hasta acercarse a un esbozo del chocolate oscuro a obtenerse en la investigación. Luego, se elaboraron varios conceptos de los cuales se eligió uno preliminar, el que sería después sometido a un *focus group* como prueba de concepto para obtener el definitivo. La generación de la idea se basó en criterios como: demanda del consumidor, tipo de producto, mercado meta y tecnología disponible (Ulrich 2013).

3.5.2. Selección de granos de cacao peruano con mayor presencia nacional

Los granos de cacao fueron seleccionados según el catálogo de cultivares de cacao del Perú (García 2014), en dicho documento existen nueve cultivares de cacao y se contó con la información de distribución porcentual aproximada por región de cultivares de cacao en relación al área cultivada. Se consideraron los criterios: “mayor presencia nacional” y “cacao fino o de aroma” (CFOA) (Romero 2016).

3.5.3. Obtención de chocolate oscuro con mejores propiedades físicas

Aplicando el método de superficie de respuesta se obtuvo la formulación del chocolate oscuro que presentó mejores propiedades físicas al optimizar las dos variables: mezcla de granos y contenido de cacao. A continuación, se detalla cada uno de los pasos seguidos para la elaboración de los chocolates correspondientes a cada formulación establecida por el método:

- a) Los granos de cacao fermentados y secos fueron adquiridos del Fundo Terra Nostra (Uchiza, Perú) y almacenados a temperatura de 20 ± 1 °C y humedad relativa (HR) de 50-60 por ciento antes de su uso (Laboratorio de Análisis Físicoquímico de Alimentos,

UNALM, Lima, Perú). Se trabajaron con dos varietales de granos de cacao: CCN 51 (Colección Castro Naranjal 51) por el mayor volumen de producción en el país e ICS 6 (*Imperial College Selection 6*) (García 2014) por su calidad en fino (Cultivar Trinitario). La mezcla de estos granos de cacao se realizó a tres niveles: 10:90, 50:50 y 90:10.

- b) Se realizó el análisis proximal de cada cultivar de grano de cacao (AOAC 2016) (Laboratorio de Análisis fisicoquímico de Alimentos, UNALM, Lima, Perú). Luego se procesaron los tres niveles de mezclas en lotes de 13 kg cada uno, con dos repeticiones (Chocomuseo, Lima, Perú), los mismos que pasaron por las etapas estándar de procesamiento industrial (Gutiérrez 2017) para la obtención de derivados del cacao, las que fueron: tostado (a 130 °C por 45 minutos), descascarillado, molienda (80-87 °C) y refinado. La pasta, como primer derivado del cacao, fue prensada (3 kg de cada tipo) para la obtención de la manteca (segundo derivado) y torta de cacao (tercer derivado) (Planta de procesamiento de cacao “Warmitech”, Saposoa, Perú). La torta de cacao fue molida hasta la obtención de cocoa en polvo (cuarto derivado). La pasta, manteca y cocoa en polvo, constituyeron parte de los ingredientes requeridos en la formulación del chocolate oscuro.
- c) Se determinaron los contenidos de grasa cruda de la pasta de cacao y cocoa en polvo (AOAC 920.75a: Método Soxhlet) (AOAC 2016) (Laboratorio de Análisis fisicoquímico de Alimentos, UNALM, Lima, Perú), para realizar el balance de contenido de grasa y sólidos no grasos en la formulación de chocolate oscuro. Considerando como criterio un máximo de 40 por ciento de grasa por aspectos nutricionales (37650 kJ/kg) y tecnológicos (dificultad operativa en el atemperado y moldeado).
- d) Se formularon los diferentes tipos de chocolate oscuro según porcentaje de cacao (60, 70 y 80 por ciento) (INACAL 2017; Wohlmuth 2017). Posteriormente, lotes de 1200 g de chocolate oscuro fueron procesados (Fábrica de chocolates Cacao Valley, Lima, Perú). El contenido de cacao corresponde a la suma de los ingredientes del cacao como: pasta de cacao, cocoa en polvo y manteca de cacao. En la formulación los ingredientes fijos fueron: licor o pasta de cacao, manteca de cacao y lecitina de soya, los demás ingredientes fueron variando según porcentaje de cacao por tipo de producto, es decir a

un mayor contenido de cacao, se reducía el azúcar para incrementar el contenido de cocoa en polvo, así en forma escalonada se llegó a tener el porcentaje de cacao en cada tipo de chocolate. Las formulaciones de 70 y 80 por ciento de cacao tuvieron como ingredientes: licor o pasta y manteca de cacao, cocoa en polvo, azúcar blanca refinada y lecitina de soya, que fueron adquiridos de un mismo lote. La formulación de 60 por ciento de cacao no llevó cocoa en polvo.

- e) La elaboración del chocolate se realizó en condiciones similares para las distintas formulaciones ensayadas (Gutiérrez 2017), siendo sus etapas: el mezclado de ingredientes, donde se adicionó la lecitina de soya; el refinado de 12 horas, el concado de 12 horas (temperatura no mayor a 25 °C); el envasado en contenedores de plástico con tapa; y el almacenado a temperatura de 19-20 °C y HR de 50-60 por ciento. Posteriormente, la masa de chocolate fue atemperada por un sistema termocíclico o ciclotérmico definido para cada tipo de formulación (Kleinert 1980; Miquel *et al.* 2001; Windhab 2017) (Laboratorio de Ciencia de Alimentos, University of Wisconsin-Madison, USA).
- f) En el atemperado el chocolate fue derretido en el rango de 45-55 °C, luego, sucesivamente, fue enfriado, calentado y enfriado. Una vez que el chocolate llegó a la temperatura final de 30-30,5 °C, adquiriendo una consistencia viscosa, fue moldeado en piezas de superficie plana circular, y enfriados posteriormente de 19-20 °C a una humedad relativa de 50-60 por ciento por 24 horas hasta su cristalización. Seguidamente, se desmoldaron los chocolates con dimensiones de 5 cm de diámetro y 0,5 cm de altura y se almacenaron a 19-20 °C y humedad relativa de 50-60 por ciento para la posterior evaluación de sus propiedades físicas.

Para la elección de la formulación óptima de chocolate oscuro por sus mejores propiedades físicas, se utilizó el método de optimización por superficie de respuesta con un factorial 3^2 , siendo los factores y sus niveles: la mezcla de granos (10:90, 50:50 y 90:10) y el contenido de cacao en la formulación de chocolate (60, 70 y 80 por ciento), obteniéndose un total de nueve tratamientos con dos repeticiones. Se utilizó la ecuación de segundo orden (4).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (4)$$

La optimización de los parámetros se realizó mediante métodos gráficos de acuerdo a lo obtenido con los modelos de regresión y utilizando la deseabilidad máxima del sistema de múltiples respuestas (Torres *et al.* 2018). Esta es una función cuyo rango de valores varía entre 0 y 1 (Tabla 7) y que se calcula al promediar las medias geométricas de las deseabilidades individuales de cada variable respuesta, como se muestra en la ecuación (5).

$$D_n = (d_1, d_2, \dots, d_n)^{1/n} \quad (5)$$

Donde d_1, d_2, \dots, d_n son las respuestas y n es el número total de respuestas en la medición. El valor más alto de D_n indica la mejor combinación del sistema.

Para las variables respuestas: viscosidad y esfuerzo mínimo de fluencia Casson, color (L^*) y tamaño de partícula, se buscó la minimización; mientras que, para la dureza, se buscó la maximización.

La optimización se realizó con el programa estadístico Statgraphics®, con el que se obtuvieron los modelos ajustados de cada propiedad física en función a los factores en estudio, así como los efectos de estos sobre las propiedades físicas y sus niveles óptimos.

Tabla 7: Escala de deseabilidad en base al rendimiento del proceso

Valores	Escala	Calidad del producto
1,00	Excelente	Lo esencial en satisfacción o calidad. La mejora más allá de este punto no tendría ningún valor apreciable.
0,80 - 1,00	Muy bueno	Aceptable y excelente, calidad o desempeño inusual, es mejor que lo disponible comercialmente.
0,63 - 0,80	Bueno	Aceptable y bueno, representa una mejora sobre la mejor calidad comercial.
0,37 - 0,63	Satisfactorio	Aceptable pero pobre. La calidad es aceptable para los límites de especificación, pero se desea que mejore.
0,20 - 0,37	Malo	Inaceptable. Los materiales con esta calidad conducirán a la falla del proceso.
0,00 - 0,20	Muy malo	Completamente inaceptable.

Fuente: Lazić (2004) citado por Bacio (2007)

Elección de la formulación óptima del chocolate oscuro. Con los valores de optimización obtenidos, se definieron los niveles de los factores: proporción de mezcla de granos de cacao y contenido de cacao en la formulación. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics® Plus para los cálculos correspondientes.

Validación de la formulación óptima de chocolate oscuro a partir de sus propiedades físicas. Considerando los niveles de los factores que definen la formulación óptima se realizó el procesamiento del chocolate con tres repeticiones (como en 3.5.3 b, c, d, e, y f) (Fábrica de chocolates, Cacao Valley, Lima, Perú) y posteriormente se analizaron las propiedades físicas, con el fin de comparar los valores estimados por el modelo y los valores reales resultantes. Se empleó la ecuación de validación donde el valor esperado es el valor estimado y el valor experimental el valor observado (6) y que ha sido aplicada en alimentos (García 2018), en salud (Bouza 2000), y en administración (Montero-Vega *et al.* 2013).

$$\text{Porcentaje de validación} = \left(1 - \left| \frac{\text{valor esperado} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor esperado}} \right| \right) \times 100 \quad (6)$$

3.6. Diseño experimental y análisis estadístico

El resultado de la caracterización del cacao, composición de ácidos grasos (AG) y contenido de sólidos grasos (SG) a diferentes temperaturas de su fracción lipídica, se expresaron como el promedio y su desviación estándar para cada varietal de cacao (CCN 51, ICS 6) y se aplicó la prueba T de Student para la comparación de medias ($p \leq 0,05$) entre varietales. También, se aplicó regresión simple para conocer la relación entre el contenido de SG con la temperatura.

Los resultados de los análisis de las propiedades físicas del chocolate, se expresaron como el promedio y su desviación estándar.

Para la optimización de los factores: mezcla de granos de cacao (10:90, 50:50 y 90:10) y contenido de cacao en la formulación de chocolate (60, 70 y 80 por ciento), para obtener las mejores propiedades físicas, se aplicó el Método de Superficie de Respuesta para un factorial 3^2 (tres niveles y dos factores), con dos repeticiones del diseño. Lo que hizo un total de 18 unidades experimentales.

Para la caracterización del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima de mejores propiedades físicas, se evaluaron las propiedades: fisicoquímicas, nutricionales, físicas y sensoriales; se reportaron como promedios de valores y desviación estándar. El paquete estadístico utilizado para los cálculos estadísticos fue el Statgraphics® Plus.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concepto de chocolate

Mediante un *focus group* se mejoró un esbozo de concepto de producto. Los participantes fueron: un proveedor de cacao en grano, un fabricante de chocolates, dos consumidores de chocolates, un representante de la academia y una microbióloga. Se motivó el debate con láminas relacionadas al cacao y chocolate peruano (mapa del mundo, mapa del Perú, personas que están procesando el cacao y el chocolate, una taza de chocolate, etc.), recursos del país e impulso de la exportación. Se les preguntó qué les representaba las láminas. Luego, se les presentó muestras de pasta de cacao puras que al final degustaron y opinaron sobre sus características físicas y sensoriales. Se siguió con la degustación de chocolates peruanos del mercado interno y el prototipo de chocolate peruano en estudio. Algunas ideas que se dieron en el *focus group* se muestran en la Tabla 08, a partir de las cuales se esbozó un concepto preliminar para que sea mejorado con los aportes de todos, teniendo como resultado el siguiente concepto de producto: “*Chocolate oscuro de alta calidad internacional hecho en base a mezcla de granos de cacao peruano que promueve el cultivo, la industrialización y la comercialización en favor de las familias cacaoteras del país*”.

Tabla 8: Ideas vertidas en el *focus group* para establecer el concepto del producto

Ideas	Sub ideas
Cacao es peruano.	Diversas calidades de cacao: baja calidad es el cacao comprado al barrer, alta calidad es el cacao fino o de aroma.
Cacao se puede exportar.	Para llegar a exportar, se deben producir grandes volúmenes.
Falta mantener la calidad al chocolate peruano.	Capacitar a los actores de la cadena de valor del cacao, como agricultores y los chocolateros.
Los empaques son buenos, los sabores son malos, hay mucho empleo de saborizante.	El cacao fino o de aroma no necesitan saborizantes, a los cacaos corrientes o de baja calidad se les adiciona saborizantes.
Los comercializadores son los que tienen las mayores ganancias.	Se debe acortar la cadena: del productor de cacao al comprador de chocolate.

4.2. Selección de los granos de cacao peruano con mayor presencia nacional

Para la selección de los dos varietales de cacao peruano, se consideraron los siguientes criterios: mayor área cultivada y calidad sensorial dada por ser “cacao fino o de aroma - CFOA” (Romero 2016). En el catálogo de cultivares de cacao del Perú (García 2014), se describen nueve cultivares de cacao: Trinitario, Forastero, Criollo, Nacional, Misceláneos, Huallaga, Ucayali-Urubamba, Marañon, Nativos; también da información sobre el cultivo en el Perú donde el CCN 51 aparece con el de mayor superficie cultivada (45 445 hectáreas) (Tabla 9), seguidas de los cacaos nativos y, en menor cuantía, los Trinitarios-Forasteros. El Perú cuenta con diversas zonas cacaoteras (Figura 2), en el norte, centro y sur del país, tienen diferentes líneas de cacao y presentan diversas bondades.

Tabla 9: Área de cacao cultivada en el Perú, 2011

Total Hectáreas	Hectáreas	Hectáreas	Hectáreas
	Criollo + Nativo	CCN 51	Trinitario + Forastero
84 737,0	37 119,0	45 445,0	1 855,6

Fuente: García (2014)

En el mismo catálogo, se da información sobre los varietales Trinitarios: ICS 1, ICS 6, ICS 39, ICS 60, ICS 95, UF 221, UF 296, UF, 613, UF 650, UF 667, UF 676, los que tienen características sensoriales de calidad alta, como lo tienen también los nacionales y criollos (Afoakwa *et al.* 2009; citado por Aprotosoai *et al.* 2016). En el fundo Terra Nostra, se encontró un manejo adecuado de buenas prácticas agrícolas y trazabilidad para el cacao, así mismo se encontró a los varietales CCN 51 e ICS 6, por lo que fueron seleccionados, uno representando volumen de producción y el segundo como cacao fino o de aroma para la investigación.

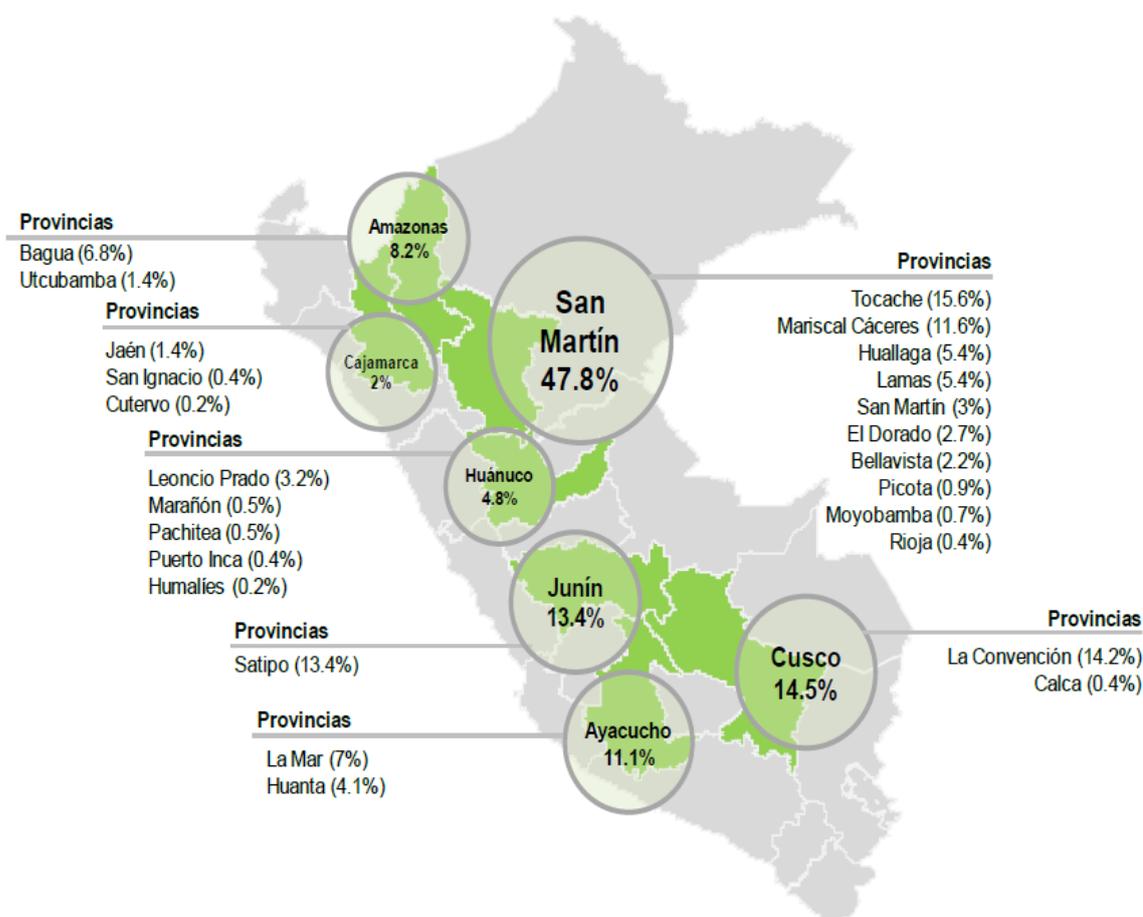


Figura 2. Zonas productoras de cacao peruano

Porcentaje de producción nacional en TM, campaña 2013-2014

Fuente: Direcciones agrarias regionales (2014) citado por Familiar-Calderón *et al.* (2016)

4.3. Caracterización fisicoquímica y química de los granos de cacao

4.3.1. Caracterización de los granos de cacao por análisis proximal

Los granos de cacao CCN 51 e ICS 6 presentaron valores diferentes en el análisis proximal (Tabla 10, Anexo 1 y Anexo 2). En humedad, grasa cruda, proteína cruda, ceniza, fibra cruda y carbohidratos totales si hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre ambos varietales. En el estudio de Tonfack *et al.* (2018) para cacao Trinitario de Camerun se reporta humedad ($5,9 \pm 0,6$ por ciento), grasa cruda ($41,2 \pm 0,8$ por ciento), carbohidratos totales ($27,7 \pm 0,1$ por ciento), proteína cruda ($17,9 \pm 0,3$ por ciento) y ceniza ($7,3 \pm 0,4$ por ciento), que son

valores diferentes a los encontrados en la presente investigación. Adeyeye *et al.* (2010) reportan para cacao de Nigeria no fermentado contenido de proteína cruda ($13,6 \pm 0,30$ por ciento) similar a lo obtenido para el ICS 6 y mayor para el fermentado ($15,2 \pm 0,21$ por ciento).

Tabla 10: Composición proximal (bs) de granos de cacao CCN 51 e ICS 6

COMPONENTES (%)	CCN 51	ICS 6
Grasa cruda	$43,59 \pm 0,12^a$	$45,80 \pm 0,05^b$
Proteína cruda	$14,64 \pm 0,27^b$	$13,47 \pm 0,12^a$
Ceniza	$3,24 \pm 0,01^a$	$3,51 \pm 0,01^b$
Fibra cruda	$5,79 \pm 0,04^b$	$4,83 \pm 0,02^a$
Carbohidratos totales	$38,52 \pm 0,34^b$	$37,22 \pm 0,12^a$
Total	100,0	100,0

Los resultados se expresan como promedio \pm desviación estándar de tres repeticiones. Las distintas letras en la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de menor a mayor en orden alfabético

4.3.2. Composición de ácidos grasos

Como resultado del procesamiento de los granos de cacao se obtuvo como primer derivado las pastas correspondientes a cada nivel de mezcla ensayado. El contenido graso de las pastas de cacao CCN 51 e ICS 6 en base húmeda (bh) y base seca (bs) se muestran en la Tabla 11 y Anexo 3 y Anexo 4, siendo útil reportar la fracción lipídica integra para la composición de ácidos grasos (AG) (Tabla 12, Anexo 5 y Anexo 6), que se ha expresado al 100 por ciento para comparar con lo reportado en la literatura. La Tabla 12, también muestra el ratio de ácidos grasos saturados e insaturados (AGS:AGI) y el ratio omega 6 y omega 3 ($n6:n3$).

Tabla 11: Contenido de humedad y grasa de las pastas de cacao CCN 51 e ICS 6

Pasta de cacao	Humedad (%)	Grasa, bh (%)	Grasa, bs (%)
CCN 51	$2,15 \pm 0,01^b$	$49,35 \pm 0,30^a$	$50,43 \pm 0,31^a$
ICS 6	$0,95 \pm 0,03^a$	$52,50 \pm 0,11^b$	$53,01 \pm 0,11^b$

Los resultados se expresan como promedio \pm desviación estándar de tres repeticiones. Las distintas letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de menor a mayor en orden alfabético

La composición de AG de las mantecas provenientes de los varietales CCN 51 e ICS 6 fue similar ($p > 0,05$) (Anexo 6), excepto en el AG Palmítico, lo que facilitará la formulación al momento de hacer las mezclas en la producción de chocolates.

En cuanto del AG esteárico (C18:0), es un ácido graso saturado neutro de tipo no aterogénico y no colesterolémico (Torres-Moreno *et al.* 2015; Salinas y Bolívar 2012), los valores encontrados para el CCN 51 y el ICS 6 fueron de $32,77 \pm 0,35$ y $33,87 \pm 0,31$ por ciento, respectivamente, que son similares a lo reportado por Perea *et al.* (2011) para varietales de Colombia (31,9 - 36,6 por ciento). En general, el AG esteárico fue un tercio aproximadamente del contenido de grasa total.

Tabla 12: Composición de ácidos grasos de manteca de cacao de CCN 51 e ICS 6

Composición de ácidos grasos	CCN 51 (%)	ICS 6 (%)
C16:0 ácido palmítico	$29,28 \pm 0,13b$	$28,02 \pm 0,27^a$
C18:0 ácido esteárico	$32,77 \pm 0,35^a$	$33,87 \pm 0,31^a$
C18:1 n9c ácido oleico	$32,30 \pm 0,00a$	$32,59 \pm 0,36^a$
C18:2 n6c ácido linoleico	$2,94 \pm 0,09^a$	$3,10 \pm 0,33^a$
C20:0 ácido araquídico	$1,12 \pm 0,02^a$	$1,14 \pm 0,07^a$
C18:3 n3 ácido linolenico	$0,19 \pm 0,01^a$	$0,19 \pm 0,05^a$
Ácidos grasos saturados (AGS)	$63,80 \pm 0,27^a$	$63,65 \pm 0,69^a$
Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)	$32,54 \pm 0,03^a$	$32,90 \pm 0,42^a$
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)	$3,39 \pm 0,48^a$	$3,29 \pm 0,39^a$
Ácidos grasos insaturados (AGI)	$35,93 \pm 0,51^a$	$36,19 \pm 0,81^a$
Ratio AGS:AGI	$1,77 \pm 0,03^a$	$1,76 \pm 0,06^a$
Ratio n6:n3	$14,75 \pm 0,35^a$	$15,50 \pm 1,41^a$

Los resultados se expresan como el promedio \pm desviación estándar de dos repeticiones. Las letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de menor a mayor en orden alfabético

Leyenda: n6 = omega 6; n3 = omega 3

La composición de AGS de las mantecas de cacao de los países productores Africanos: Ghana contiene $63,24 \pm 0,63$ por ciento (Torres-Moreno *et al.* 2015), Costal del Marfil (suma de AG palmítico y esteárico de dos muestras) $62,1 \pm 0,1$ por ciento y $62,9 \pm 0,35$ por ciento (Foubert *et al.* 2004) y Oeste de África $63,8 \pm 0,0$ por ciento (Tran *et al.* 2015); productores Asiáticos: Indonesia $63,4 \pm 0,45$ por ciento (Foubert *et al.* 2004) y Malasia $62,8 \pm 0,05$ por ciento (Foubert *et al.* 2004) y productores sudamericanos: Ecuador $62,28 \pm 0,57$ por ciento

(Torres-Moreno *et al.* 2015), Brasil (muestras I y P) $59,4 \pm 0,60$ y $57,8 \pm 0,20$ por ciento (Foubert *et al.* 2004).

El AG oleico ($32,30 \pm 0,00$ y $32,59 \pm 0,36$ por ciento), fue el segundo AG en presencia y fue similar significativamente ($p > 0,05$), le sigue el AG linoleico ($2,94 \pm 0,09$ y $3,10 \pm 0,33$ por ciento) con resultados similares entre ellos. Finalmente se encontró cantidades mínimas de AG araquídico y AG linolénico entre tratamientos, siendo similares significativamente ($p > 0,05$).

La composición de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de los varietales CCN 51 e IC 6 ($3,39 \pm 0,48$ y $3,29 \pm 0,39$ por ciento respectivamente), son relativamente mayores a las del Oeste de África, con $3,1 \pm 0,0$ por ciento (Tran *et al.* 2015), a las de Ghana y Ecuador, con $2,15 \pm 0,07$ y $2,57 \pm 0,25$ por ciento respectivamente (Torres-Moreno *et al.* 2015), lo que da una ventaja comparativa desde el punto de vista nutricional.

La composición de AGS de las pastas de CCN 51 y ICS 6 ($63,80 \pm 0,27$ y $63,65 \pm 0,69$ por ciento respectivamente) es mayor que los AGI ($35,93 \pm 0,51$ y $36,19 \pm 0,81$ por ciento respectivamente).

El ratio AGS:AGI (relación de las fracciones lipídicas de los AG saturado y AG insaturado) para CCN 51 e ICS 6 ($1,78 \pm 0,03$ y $1,76 \pm 0,06$) fueron similares ($p > 0,05$) entre ambos varietales; sin embargo, el ratio AGS:AGI de los cacaos de Ghana y Ecuador ($1,72 \pm 0,05$ y $1,65 \pm 0,04$) manifiestan que la composición de AGS son mayores que AGI (Torres-Moreno *et al.* 2015), así mismo, ratio AGS:AGI para Ecuador es el menor de todos. Perea *et al.* (2011) declara que un ratio AGS:AGI alto clasifica a las mantecas como duras, que son apetecidas por la industria, en el estudio los varietales CCN 51 e ICS 6 obtuvieron ratios con valores mayores al estudio de Torres-Moreno *et al.* (2015).

4.3.3. Contenido de sólidos grasos

Se muestra el contenido de SG de las fracciones lipídicas de los granos de cacao CCN 51 e ICS 6 (Tabla 13, Anexo 7 y Anexo 8), desde 0-40 °C con intervalos de cinco en cinco grados centígrados. Las curvas de contenido de SG con respecto a la temperatura decrece, lo que es característico en el cacao, siendo los modelos matemáticos que describen tal

comportamiento los que se muestran en las ecuaciones (7) y (8), que tienen valores de R^2 iguales a 96,61 y 96,81 por ciento, respectivamente (Anexo 6).

$$SFC_{CCN51} = \sqrt{7813.07 - 5.55165 \times T^2} \quad (7)$$

$$SFC_{ICS6} = \sqrt{7744.16 - 5.4361 \times T^2} \quad (8)$$

Dónde: SFC_{CCN51} = contenido de sólidos grasos para el CCN 51, SFC_{ICS6} = contenido de sólidos grasos para el ICS 6, T = temperatura (°C).

Tabla 13: Contenido de sólidos grasos de manteca de cacao a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	CCN 51 (%)	ICS 6 (%)	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
0	89,97 ± 0,99	89,11 ± 0,39	-	-	-	-
5	88,36 ± 0,10	88,32 ± 0,16	-	-	-	-
10	86,00 ± 0,14	85,47 ± 0,38	82	88,10	83,70 ± 0,20 a 86,40 ± 0,30	85,90 ± 0,20
15	79,68 ± 0,43	78,60 ± 1,37	-	-	-	-
20	75,43 ± 0,33	75,40 ± 0,22	78	61,10	73,30 ± 0,20 a 76,20 ± 0,40	74,60 ± 0,20
25	66,98 ± 0,34	67,60 ± 0,22	70	17,50	63,80 ± 0,20 a 68,90 ± 0,30	65,30 ± 0,30
30	46,64 ± 1,10	49,84 ± 0,49	50	1,00	36,70 ± 0,50 a 43,60 ± 0,60	40,30 ± 0,50
35	1,97 ± 0,39	2,08 ± 0,23	>1	0,30	0,60 ± 0,40 a 1,80 ± 0,30	0,70 ± 0,20
40	1,41 ± 0,25	1,69 ± 0,09	-	-	-	-

Los resultados se expresan como el promedio ± desviación estándar de tres repeticiones A = Wennermark *et al.* (2012); B = Chire y Córdova (2005); C = Tran *et al.* (2016); D = Tran *et al.* (2016)

Los varietales CCN 51 e ICS 6, no presentan diferencias significativas en el contenido de SG. Se aprecia que a 0 °C se tiene un contenido de SG de 89,97 ± 0,99 por ciento y 89,11 ± 0,39 por ciento, respectivamente, y a 40 °C alcanza un contenido de SG de 1,41 ± 0,25 y 1,69 ± 0,09 por ciento, respectivamente.

Wennermark *et al.* (2012) reportan contenido de SG de una manteca de cacao obtenido con el mismo método empleado en la presente investigación (método IUPAC 2.150b), e indican que existen diferencias entre mantecas de cacao de diferentes procedencias: Malasia, Oeste de África y Brasil, siendo Brasil la que tiene menor contenido de SG en el rango de temperaturas de 10 a 30 °C.

Chire y Córdova (2005) reportaron valores diferentes ya que la manteca de cacao fue una mezcla de granos de cacao 50 por ciento Ayacucho y 50 por ciento Cusco, de la parte sur del Perú, lo que comparativamente se aprecia que el contenido de SG de las mantecas en estudio tienen mayor dureza en el rango de temperaturas de 20-25 °C por tener mayor contenido de sólidos grasos a dichas temperaturas, luego son más resistentes al calor en el rango de 25-30 °C y finalmente son más cerosas a temperaturas de 35-40 °C que las mantecas del sur del país, considerando lo reportado por Torbica *et al.* (2006).

Tran *et al.* (2016) obtuvieron valores de composición de SG de mantecas de cacao de Vietnam (C), comparándolo con el presente estudio, a temperaturas menores a 20 °C como manteca dura, a temperatura de 20-25 °C como manteca resistente al calor, a temperaturas de 30 °C a más, manteca de cacao con residuos cerosos. Así mismo Tran *et al.* (2016) reportaron para un tipo de manteca de cacao de Ghana (D) un contenido de SG, similar al presente estudio a temperaturas menores e iguales a 20 °C, a temperaturas mayores de 25 °C la composición de SG fue mayor confirmando manteca de cacao resistente al calor. La diferencia de SG (ΔS) entre 25 a 35 °C, se llega a valores de contenido de SG para CCN 51 e ICS 6 en: 65,01 y 65,52 por ciento respectivamente, dentro del rango del estudio de Tran *et al.* (2016). En el último tramo de la curva de contenido de SG a temperaturas de 35-40 °C, las mantecas en el presente estudio tiene residuos cerosos seguidas de aquellas de Vietnam y Ghana considerando lo reportado por Tran *et al.* (2016).

Para cada varietal, CCN 51 e ICS 6, se presenta una relación inversa entre el contenido de SG y la temperatura, obteniéndose los modelos matemáticos para la manteca, CCN 51 e ICS 6, cuadrático y con pendiente negativa.

4.4. Obtención de chocolate oscuro con las mejores propiedades físicas

4.4.1. Obtención de las formulaciones de chocolate con la mezcla CCN 51 e ICS 6

Como resultado del procesamiento de los granos de cacao se obtuvo, como primer derivado, las pastas correspondientes a cada nivel de mezcla ensayado, según el diseño experimental del método de superficie de respuesta. El contenido graso promedio de estas pastas fue $54,84 \pm 1,80$ por ciento. La cocoa, como cuarto derivado del cacao, tuvo un contenido graso promedio de $22,67 \pm 1,74$ por ciento (Tabla 14).

Tabla 14: Contenido de grasa de pastas y cocoas en mezclas

Mezcla CCN 51: ICS 6	Contenido de grasa Pasta de cacao	Contenido de grasa cocoa en polvo
10 : 90	53,21	23,75
10 : 90	56,01	24,94
50 : 50	54,50	19,72
50 : 50	52,30	22,54
90 : 10	56,70	22,45
90 : 10	56,30	22,65
Valor reportado	$54,84 \pm 1,80$	$22,67 \pm 1,74$

Con los contenidos grasos promedio de las pastas y las cocoas, se formularon los chocolates oscuros con 60, 70 y 80 por ciento de cacao, considerando no superar el valor de 40 por ciento de grasa, obteniéndose 33,8; 36,0 y 38,3 por ciento, respectivamente (Tabla 15). Las pastas de chocolate fueron atemperadas, este proceso se inició cuando ya se tuvieron los bloques de chocolates a 20 °C, los valores obtenidos de temperatura y tiempo en el atemperado se muestran en la Tabla 16.

Tabla 15: Formulaciones de chocolate oscuro definidas en base al contenido de cacao

Cacao (g/100g)	Ingredientes (%)					Total (%)	Contenido (%)	
	Pasta de cacao	Azúcar blanca refinada	Cocoa en polvo	Manteca de cacao	Lecitina de soya		Grasa	Sólidos no grasos
60	58,0	39,6	0,0	2,0	0,4	100,0	33,8	26,2
70	58,0	29,6	10,0	2,0	0,4		36,0	34,0
80	58,0	19,6	20,0	2,0	0,4		38,3	41,7
Ingredientes (g)								
Cacao (g/100g)	Pasta de cacao	Azúcar blanca refinada	Cocoa en polvo	Manteca de cacao	Lecitina de soya	Total (g)		
60	696,0	475,2	0,0	24,0	4,8	1200,0		
70	696,0	355,2	120,0	24,0	4,8			
80	696,0	235,2	240,0	24,0	4,8			

Las formulaciones ensayadas tuvieron distintos grados de dificultad en su procesamiento en la etapa de atemperado, siendo la de menor grado la del chocolate con 60 por ciento de cacao y la de mayor la del chocolate con 80 por ciento, lo que puede atribuirse como causa el alto contenido (41,7 por ciento) de sólidos no grasos en la formulación (Tabla 15). Las temperaturas y tiempos registrados durante el atemperado (Tabla 16) fueron variables, lo que pudo ser causado por el tipo de materia prima empleado (mezcla de cacao) y la composición del producto (formulación de chocolate). Cabe resaltar que la temperatura de los moldes, se encontraron próximas a la temperatura de la pasta de chocolate. En ambos casos se obtuvieron chocolate que presentaron en su superficie las características de homogeneidad, brillo y *snap*, que aparecen en productos bien atemperados después de 24 horas de almacenado a 18-20 °C y 50-60 por ciento de humedad relativa.

Tabla 16: Valores de temperatura, tiempo y características en el atemperado de las formulaciones ensayadas de chocolate oscuro

Etapas	60%	70%	80%
Chocolate en bloque	20 °C	20 °C	20 °C
Derretir el chocolate	55,0 °C x 10 min	45,0 °C x 10 min	45,0 °C x 10 min
Enfriamiento	29,0 °C x 15 min	28,0 °C x 15 min	27,5 °C x 7,5 min
Calentamiento	31,0 °C x 10 min	31,5 °C x 5 min	31,5 °C x 15 min
Enfriamiento	30,0 °C x 10 min	30,5 °C x 5 min	30,5 °C x 2 min
Deposito en molde	Inmediato, vibración	Inmediato, vibración	Inmediato, vibración
Cristalización	18,0 °C x 24 horas	18,0 °C x 24 horas	18,0 °C x 24 horas
Des-moldeo	Superficie homogénea, brillante y <i>snap</i>	Superficie homogénea, brillante y <i>snap</i>	Superficie homogénea, brillante y <i>snap</i>

4.4.2. Determinación de la formulación óptima del chocolate oscuro con mejores propiedades físicas

Al término del proceso de concado se midieron las propiedades físicas (reológicas) de la pasta de chocolate (Tabla 17 y Anexo 9): viscosidad y esfuerzo mínimo de fluencia según el modelo de Casson con el respectivo R^2 . Al término del almacenamiento de la tableta de chocolate se midieron las propiedades físicas (Tabla 20 y Anexo 9): color, dureza y tamaño de partícula.

En la elaboración del chocolate se debe controlar la viscosidad y el esfuerzo mínimo de fluencia según modelo de Casson, ya que la pasta de chocolate a 40 °C se almacena en tanques, pasando por tuberías, bombas y equipos, lo que requiere de una fluencia que permita su desplazamiento y evitar con ello la acumulación de sólidos en las paredes, así como la generación de burbujas de aire dentro de la masa del chocolate. En el momento final de la etapa de atemperado, la pasta de chocolate se encontró a temperatura de 30,5 °C, lo que obligó a un mayor control de la fluencia para evitar la cristalización temprana y bajos rendimientos en producción durante el moldeado.

Tabla 17: Parametros reológicos de la pasta de chocolate oscuro según modelo Casson

Mezcla CCN 51 : ICS 6	Contenido de cacao	Viscosidad de Casson (Pa.s) (η_{CA})	Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (Pa)(τ_{CA})	R^2
50 : 50	70	2,95 ± 0,04	18,42 ± 0,49	0,999
90 : 10	70	2,82 ± 0,20	15,11 ± 1,12	
50 : 50	80	3,23 ± 0,04	21,19 ± 0,74	
10 : 90	80	2,86 ± 0,33	25,19 ± 2,32	
90 : 10	60	2,59 ± 0,09	15,09 ± 1,26	
90 : 10	80	3,57 ± 0,42	22,16 ± 0,41	
10 : 90	70	2,52 ± 0,04	12,32 ± 0,41	
10 : 90	60	2,35 ± 0,05	8,99 ± 1,11	
50 : 50	60	2,20 ± 0,03	8,45 ± 0,22	

Según lo expuesto en la Tabla 17, la mezcla 50:50 de CCN 51:ICS 6, para 60 por ciento de cacao, es la que presentó el menor valor de viscosidad (2,20 ± 0,03 Pa.s), entre todas las

demás mezclas de cacao ensayadas, la ecuación de regresión (Tabla 18), donde los factores con efectos significativos fueron (Tabla 19): Mezcla y Contenido de cacao ($p \leq 0,05$). En el estudio de Aidoo *et al.* (2014) trabajaron chocolate oscuro al 51,6 por ciento de cacao y obtuvieron valores de viscosidad de Casson de $2,40 \pm 0,09$ Pa.s y $2,40 \pm 0,05$ Pa.s, que son superiores a los resultados en esta investigación para 60 por ciento de contenido de cacao. Para el esfuerzo mínimo de fluencia (Tabla 17), la mezcla 50:50 de CCN 51:ICS 6, para 60 por ciento de cacao, es la que presentó el menor valor ($8,45 \pm 0,22$ Pa), la ecuación de regresión (Tabla 18), donde los factores con efectos significativos fueron (Tabla 19): Contenido de cacao y la interacción Mezcla:Contenido de cacao ($p \leq 0,05$).

Tabla 18: Ecuaciones de optimización para las propiedades físicas de pasta y tableta de chocolate

Propiedad física	Ecuación de regresión	R ²	EEE
Viscosidad de Casson (η_{CA})	$\eta_{CA} = 2,40 - 0,015 * M - 0,024 * C - 0,0000068 * M^2 + 0,00029 * M * C + 0,00037 * C^2$	83,89	0,22
Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (τ_{CA})	$\tau_{CA} = 28,89 + 0,400 * M - 1,297 * C + 0,0002822 * M^2 - 0,00570 * M * C + 0,01559 * C^2$	88,31	2,44
Color (L*)	$L^* = 27,87 + 0,027 * M - 0,032 * C + 0,0000089 * M^2 - 0,00031 * M * C + 0,00014 * C^2$	83,34	0,18
Dureza (D)	$D = -127,01 - 0,175 * M + 4,549 * C - 0,0013068 * M^2 + 0,00415 * M * C - 0,03081 * C^2$	81,64	2,55
Tamaño de partícula (TP)	$TP = 22,82 - 0,132 * M + 0,272 * C - 0,000427 * M^2 + 0,00275 * M * C - 0,00358 * C^2$	27,09	2,66

Leyenda: η_{CA} = Viscosidad de Casson; τ_{CA} = Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson; L* = Color; D = Dureza; TP = Tamaño de partícula; M = Mezcla de granos de cacao; C = Porcentaje de cacao en la formulación; R² = Coeficiente de regresión; EEE = Error estándar de la estima

Tabla 19: Factores con efecto significativo en las propiedades físicas de la formulación del chocolate oscuro en pasta y tableta

Propiedad física	Factores	Significancia
Viscosidad de Casson (η_{CA})	Mezcla Contenido de cacao	*
Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (τ_{CA})	Contenido de cacao Interacción Mezcla : Contenido de cacao	*
Color (L*)	Mezcla Contenido de cacao	*
Dureza (D)	Contenido de cacao	*
Tamaño de partícula (TP)	Ninguno	N. S.

Leyenda: η_{CA} = Viscosidad de Casson; τ_{CA} = esfuerzo mínimo de fluencia de Casson; L* = Color; D = Dureza; TP = Tamaño de partícula

Tabla 20: Valores observados de propiedades físicas de la tableta de chocolate oscuro

Mezcla CCN 51 : ICS 6	Contenido de cacao	Color (L*)	Dureza (N)	Tamaño de partícula (micras)
50 : 50	70	26,60 ± 0,39	44,20 ± 0,35	23,8 ± 2,1
90 : 10	70	26,77 ± 0,18	41,04 ± 1,74	25,7 ± 0,0
50 : 50	80	26,30 ± 0,05	45,63 ± 0,70	27,8 ± 2,1
10 : 90	80	26,19 ± 0,34	41,19 ± 0,00	20,2 ± 2,6
90 : 10	60	27,28 ± 0,30	31,63 ± 0,07	26,8 ± 0,7
90 : 10	80	26,46 ± 0,01	41,80 ± 0,32	25,5 ± 0,7
10 : 90	70	26,39 ± 0,05	39,35 ± 0,68	27,8 ± 0,7
10 : 90	60	26,50 ± 0,19	37,66 ± 4,17	25,8 ± 0,2
50 : 50	60	26,86 ± 0,14	32,67 ± 2,60	26,3 ± 0,5

El color marrón del chocolate oscuro, correspondiente a valores bajos de L*, se logra por varios factores: el color de grano, la temperatura y los tiempos de tostado y concado, la formulación del chocolate, el buen atemperado, entre otros. Según lo expuesto en la Tabla 20, la mezcla 10:90 de CCN 51:ICS 6, para 80 por ciento de cacao, es la que obtuvo el menor valor de L* ($26,19 \pm 0,34$), la ecuación de regresión (Tabla 18), donde los factores con efectos significativos fueron (Tabla 19): Mezcla y Contenido de cacao ($p \leq 0,05$).

La dureza en la industria chocolatera, para barras o tabletas, que sensorialmente está asociada con el *snap* o sonido al fracturarse el producto (Wohlmuth 2017), y que en términos físicos está asociado a la fuerza de ruptura, es resultado de la formulación, atemperado y enfriamiento, siendo mayor en chocolates oscuros que en los que contienen leche y, en Perú, los oscuros importados en comparación de los oscuros nacionales (Chire *et al.* 2017). Según lo expuesto en la Tabla 20, la mezcla 50:50 de CCN 51:ICS 6, para 80 por ciento de cacao, es la que presentó el mayor valor de dureza ($45,63 \pm 0,7$), la ecuación de regresión (Tabla 18), donde el factor con efecto significativo (Tabla 19) fue el Contenido de cacao ($p \leq 0,05$).

El tamaño de partícula se logra en el refinado y, en menor medida, en el concado. Se busca que su valor sea el menor posible para que el chocolate se disuelva fácilmente con la temperatura bucal. Según lo expuesto en la Tabla 20, la mezcla 10:90 de CCN 51:ICS 6, para 80 por ciento de cacao, es la que presentó el menor valor de tamaño de partícula ($20,2 \pm 2,6$), la ecuación de regresión (Tabla 18), donde no hubo factores (Tabla 19) con efectos significativos ($p > 0,05$), con lo que el menor valor de tamaño de partícula se podría alcanzar también con los niveles mínimos de cada factor.

Para determinar la formulación óptima del chocolate oscuro a partir de las propiedades físicas evaluadas, se aplicó el procedimiento estadístico de optimización de múltiples respuestas del programa estadístico Statgraphics®, teniendo como resultado la superficie estimada (Anexo 10) que se presenta en la Figura 3 a partir de los valores estimados de la tabla 22, donde su ecuación (9) está definida por el grado de deseabilidad (variables respuestas: viscosidad y esfuerzo mínimo de Casson, color (L*), dureza y tamaño de partícula) en función de los factores Mezcla y Contenido de cacao (porcentaje de cacao).

$$D_5 = (\eta_{CA1}, \tau_{CA2}, L^*_3, D_4, TP_5)^{1/5} \quad (9)$$

Donde, η_{CA} = Viscosidad de Casson; τ_{CA} = Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson; L^* = Color; D = Dureza; TP = Tamaño de partícula. El valor más alto de D_5 se encontró en la corrida 16, indica la mejor combinación del sistema (Anexo 10).

La formulación óptima para 0,64 de deseabilidad fue la correspondiente a la mezcla 10 CCN 51:90 ICS 6, con 69,71 por ciento de contenido de cacao (Tabla 21). Según Lazic (2004) citado por Bacio (2007), le correspondería a tal formulación un calificativo de “bueno”. Esan *et al.* (2015) encontraron condiciones óptimas de temperatura y tiempo en fritura, con una deseabilidad máxima de 0,61 valor inferior a la presente investigación. Con fines de validación de los resultados se realizó una producción de chocolate oscuro con los niveles de los dos factores que hacen óptima la formulación, siendo el contenido de cacao por aproximación al valor entero de 70 por ciento.

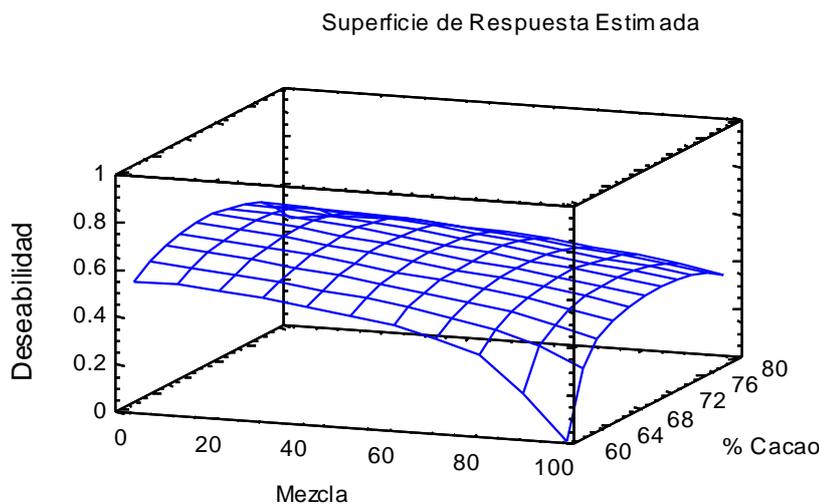


Figura 3. Superficie de respuesta para el chocolate oscuro

Tabla 21: Formulación óptima para el chocolate oscuro con deseabilidad de 0,64

Componente	Por ciento
ICS 6	90,0
CCN 51	10,0
Cacao	70,0
Azúcar	29,6
Lecitina de soya	0,4

Caracterización física del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

En la Tabla 22 (Anexo 11), se presentan los valores estimados de las propiedades físicas del chocolate oscuro elaborado en base a la formulación que resultó óptima aplicando el método de superficie de respuesta. La viscosidad de Casson resultó menor a lo observado y se encuentra en el rango a lo reportado por Dwi *et al.* (2019), quienes obtuvieron valores para distintas formulaciones (pasta de cacao, manteca de cacao, cocoa en polvo), contenidos de cacao (51,6 - 51,8 por ciento) y de grasa (33 – 36 por ciento). El esfuerzo mínimo de fluencia (14,22 Pa) está dentro del rango obtenido experimentalmente (observados), siendo mayor a lo reportado por Aidoo *et al.* (2014) y Dwi *et al.* (2019) para chocolate oscuro con 51,6 por ciento y 51,6-51,8 por ciento de cacao respectivamente. El color (26,37 L*) obtenido de la optimización, donde el varietal ICS 6 otorga un color más oscuro a la mezcla que el varietal CCN 51, está dentro del rango de lo observado y es menor a lo reportado por Aidoo *et al.* (2014) para chocolate con 51,6 por ciento de cacao.

Según Ostrowska-Ligeza *et al.* (2018) se habría obtenido un chocolate de baja dureza considerando el rango reportado por ellos de $124,6 \pm 16,5$ N y $177,6 \pm 12,7$ N, correspondiente al contenido de fibra 7 y 13 por ciento respectivamente; dureza que determina la vida en anaquel y que está relacionada con la composición del chocolate y la cristalización de la grasa durante el proceso (enfriamiento). Sin embargo, este valor resulta mayor a lo reportado por Aidoo *et al.* (2014) y por Alvis *et al.* (2011) quienes encontraron para chocolate oscuro valores de dureza de $15,0 \pm 0,7$ N a $38,3 \pm 1,9$ N. Por el tamaño de partícula ($25,90 \pm 0,07$ micras) podría ser utilizado en la elaboración de tabletas con inclusiones (frutas, nueces y cereales), según lo reportado por Wohlmuth (2017), quien clasifica a los chocolates oscuros, en barra o tableta, de alta calidad (15-20 micras), mediana calidad (22-25 micras) y los que llevan inclusiones (25-30 micras).

Tabla 22: Valores de las propiedades físicas del chocolate oscuro elaborado con formulación óptima

Propiedad física	Valor		Aidoo <i>et al.</i> (2014)	Chire <i>et al.</i> (2017)		Dwi <i>et al.</i> (2019)
	Estimado	Observado (+)		Perú*	Otros**	
Viscosidad de Casson (Pa.s) (η_{CA})	2,54	3,07 ± 0,46	2,40 ± 0,09; 2,40 ± 0,05	-	-	1,29 ± 0,05; 3,09 ± 0,01
Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (Pa) (τ_{CA})	14,22	12,28 ± 4,36	10,24 ± 0,14; 10,15 ± 0,67	-	-	3,47 ± 0,06; 13,13 ± 0,48
Color (L*)	26,37	26,53 ± 0,23	28,40 ± 0,07; 28,68 ± 0,19	29,44 ± 1,06	29,80 ± 2,68	-
Dureza (N)	41,37	42,03 ± 0,12	3,79 ± 0,12; 3,79 ± 0,17	9,01 ± 1,92	9,52 ± 2,72	-
Tamaño de partícula (micras)	24,90	25,90 ± 0,70	32,40 ± 0,27; 31,96 ± 0,90	20,00 ± 2,00	19,10 ± 2,90	-

Los resultados se expresan como promedio ± desviación estándar de tres repeticiones

*Chocolates oscuros fabricados en Perú

**Chocolates oscuros importados que se comercializan en el Perú

Validación de la formulación óptima del chocolate oscuro

En la Tabla 23 se muestra el grado de validación promedio de la formulación óptima (91,6 por ciento) a partir de los valores observados de viscosidad, esfuerzo mínimo de fluencia, color, dureza y tamaño de partícula. Erdem *et al.* (2014) obtuvieron un grado de validación de 95,3 por ciento en la optimización del proceso a partir de propiedades físicas y sensoriales para obtener un chocolate simbiótico aplicando superficie de respuesta.

Tabla 23: Grados de validación de las propiedades físicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

Propiedad física	Validación (%)
Viscosidad de Casson (η_{CA}) (Pa.s)	79,0
Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (τ_{CA}) (Pa)	86,0
Color (L^*) (adimensional)	99,0
Dureza (D) (N)	98,0
Tamaño de partícula (TP) (micras)	96,0
Promedio	91,6

4.5. Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

4.5.1. Análisis fisicoquímico del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

En la Tabla 24 (Anexo 12), se presentan los valores de las propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima: actividad de agua y análisis proximal. La actividad de agua estuvo próxima a lo establecido para chocolate bien procesado (Chire *et al.* 2017) y mayor a 0,30 de lo reportado por Gutiérrez (2017). La humedad fue mayor al uno reportado por ciento Minifie (1999) y Beckett (2008), posiblemente debido a que la temperatura de concado fue menor a 55 °C por un tiempo máximo de 24 horas, con lo que restos de agua pueden haberse quedado atrapados dentro de la masa del chocolate. El contenido de grasa cruda ($34,6 \pm 0,03$ por ciento), está dentro del

rango reportado por Kirk *et al.* (2008); un chocolate con menos del 30 por ciento de grasa dificulta el atemperado, especialmente el manual. La cantidad de proteína cruda fue superior a lo reportado por Torres-Moreno *et al.* (2015) para el chocolate de Ecuador y de Ghana. El contenido de ceniza fue mayor a lo reportado por Kirk *et al.* (2008), Torres-Moreno (2015) y Chire *et al.* (2017). La cantidad de fibra cruda fue mayor que la reportada por Torres-Moreno *et al.* (2015) para los chocolates de Ecuador y Ghana. La cantidad de carbohidratos totales fue menor a lo reportado por Torres-Moreno *et al.* (2015), siendo el primer componente, cerca al 50 por ciento en la composición proximal del chocolate.

Tabla 24: Valores de propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

Propiedad	Valor Observado (+)	Kirk <i>et al.</i> (2008)	Torres-Moreno <i>et al.</i> (2015)		Chire <i>et al.</i> (2017)	
			Ghana	Ecuador	Perú*	Otros**
Humedad (%)	1,60 ± 0,02	0,8 - 2,3	1,42	1,42	1,05 ± 0,48	1,18 ± 0,49
Grasa cruda (%)	34,56 ± 0,03	30 – 40	30,23	30,71	32,61 ± 1,06	37,07 ± 5,05
Proteína cruda (%)	11,69 ± 0,01	3,8-8,1	6,41	6,41	-	-
Ceniza (%)	2,64 ± 0,01	1,0-2,5	1,54	1,56	1,70 ± 0,32	1,92 ± 0,43
Fibra cruda (%)	3,55 ± 0,03	0,8-1,5	1,70	1,66	-	-
Carbohidratos totales (%)	49,52 ± 0,03	-	60,42	59,89	-	-
Actividad de agua	0,47 ± 0,04	-	-	-	0,49 ± 0,07	0,46 ± 0,09

+ Los resultados se expresan como promedio ± desviación estándar de dos repeticiones para el análisis proximal y de tres repeticiones para el análisis de actividad de agua

*Chocolates oscuros fabricados en Perú. **Chocolates oscuros importados que se comercializan en el Perú

El contenido de SG de la fracción lipídica del chocolate oscuro con la formulación óptima se muestra en el Tabla 25 (Anexo 13 y Anexo 14). El modelo matemático de la composición de SG del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima resultó similar a la composición de SG del grano de cacao ICS 6 debido a su mayor presencia en la formulación (90 por ciento).

De los resultados obtenidos se tiene que la composición de SG presenta a una manteca de cacao dura, resistente al calor y con residuos de serosidad. Por otra parte, se puede presentar mayor resistencia al calor debido a que el chocolate oscuro óptimo al 70 por ciento de cacao tiene 35,44 por ciento de sólidos no grasos de cacao (resta de 70 menos 34,56), es decir, la tercera parte en la composición del chocolate tiene sólidos no grasos y solidos no grasos totales mayor al 50 por ciento (resta de 100 menos 34,56).

Tabla 25: Contenido de sólidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

Temperatura (°C)	Contenido de sólidos grasos (g/100g)
0	89,75 ± 0,26
5	88,33 ± 0,25
10	83,60 ± 0,45
15	78,29 ± 1,18
20	75,06 ± 0,79
25	69,14 ± 1,01
30	55,36 ± 0,86
35	3,80 ± 0,29
40	1,20 ± 0,49

Los resultados se expresan como promedio ± desviación estándar de tres repeticiones

4.5.2. Análisis nutricional del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

La composición de AG de la fracción lipídica del chocolate con formulación óptima se muestra en el Tabla 26 (Anexo 15).

La fracción lipídica del chocolate oscuro con formulación óptima fue 34,56 por ciento (Tabla 24) mientras que en el estudio de Mursu *et al.* (2004) utilizaron chocolate oscuro al 33,00 por ciento de grasa, en el trabajo de Salinas y Bolivar (2012) chocolate tipo barra (taza) con 37,00 por ciento de grasa y en el trabajo de Chire *et al.* (2017) encontraron chocolates

oscuros al 36,11 por ciento de grasa. Por lo que en términos del contenido de grasa en base seca ($35,11 \pm 0,03$ por ciento en base seca) se calculó la composición de AG.

Tabla 26: Composición de ácidos grasos de la fracción lipídica del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

Composición de ácidos grasos	g/100 g
C16:0 ácido palmítico	$26,59 \pm 0,72$
C18:0 ácido esteárico	$33,34 \pm 1,93$
C18:1 n9c ácido oleico	$32,55 \pm 0,97$
C18:2 n6c ácido linoleico (AL)	$4,01 \pm 0,89$
C20:0 ácido araquídico	$1,32 \pm 0,06$
C18:3 n3 ácido linolénico (ALA, α linolénico)	$0,34 \pm 0,12$
Ácidos grasos saturados (AGS)	$61,90 \pm 1,01$
Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)	$32,80 \pm 0,93$
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)	$4,36 \pm 1,01$
Ácidos grasos insaturados (AGI)	$37,16 \pm 0,08$
Ratio AGS:AGI	$1,67 \pm 0,03$
Ratio n6:n3	$11,42 \pm 0,12$

Los resultados se expresan como promedio \pm desviación estándar de dos repeticiones

Leyenda: n6 = omega 6; n3 = omega 3

La composición de AGS de la fracción lipídica del chocolate con formulación óptima fue $61,90 \pm 1,01$ por ciento, mientras que los chocolates elaborados con los granos de cacao de Ghana y Ecuador reportan $66,03 \pm 2,09$ por ciento y $63,95 \pm 1,39$ por ciento respectivamente (Torres-Moreno *et al.* 2015), y el chocolate tipo barra alcanzó 63,5 por ciento (Salinas y Bolivar 2012). El chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima contiene 90 por ciento de ICS 6 y 10 por ciento de CCN 51 al 70 por ciento de cacao y muestra un contenido similar en el AG palmítico al cacao ICS 6 que al cacao CCN 51.

Para el chocolate con formulación óptima el AG esteárico (C18:0) con $33,34 \pm 1,93$ por ciento, que representa un tercio de su grasa, este tiene efecto en el incremento de los niveles del colesterol HDL y los niveles de triglicéridos en suero de sangre (Torres-Moreno *et al.* 2015). La FAO y FINUT (2012) concluyen y recomiendan que los AGS afectan de manera

diferente a las concentraciones de colesterol en sangre lo que es valido para el AG láurico (C12:0), AG mirístico (C14:0) y AG palmítico (C16:0), sin embargo, el AG esteárico (C18:0) no tiene este efecto. La manteca de cacao en un chocolate oscuro es la fracción lipídica única, la presencia posible de AG láurico, evidencia la sustitución de la manteca de cacao.

Chirinos *et al.* (2016) estudiaron la composición de AG en el tostado de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana* seed) a temperaturas entre 100, 120, 140 y 160 °C por 10, 20 y 30 minutos, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, la composición de AG esteárico, no varió por el efecto de la temperatura y tiempo del tratamiento; los valores se encontraron en el rango de su control. El estudio de Aldave (2016) sobre tostado del grano de cacao, reafirma que los AG no varían con respecto a la temperatura en el tostado. El AG esteárico es alto en la composición del chocolate, el exceso es convertido a AG oleico en el hígado por la enzima desaturasa (Bobadilla *et al.* 2017 y García *et al.* 2017), sin embargo, existen evidencias que sugieren que la expresión de la enzima esteroil-CoA desaturasa (SCD) podría tener un papel importante en el desarrollo del síndrome metabólico (SM) (García *et al.* 2017).

Los ácidos grasos alfa-linolénico (ALA, C18:3n3) y linoleico (LA, C18:2n6), son los precursores de los AGPI_n3CL y AGPI_n6CL respectivamente y son considerados ácidos grasos esenciales por lo que se deben consumir a través de los alimentos (Reyna *et al.* 2018). La composición de AGPI para el chocolate oscuro óptimo reportaron contenidos de $4,36 \pm 1,01$ por ciento, siendo para los chocolates oscuros de Ghana y Ecuador $1,78 \pm 0,48$ y $2,36 \pm 0,59$ por ciento (Torres-Moreno *et al.* 2015). En el estudio de Mursu *et al.* (2004) el chocolate oscuro tuvo 3,03 por ciento (AG linoleico y AG alfa-linolénico) y para el chocolate tipo barra con 3,16 por ciento (Salinas y Bolivar 2012). El AG linoleico en el presente estudio, extraído del chocolate oscuro al 70 por ciento de cacao, con la mezcla de 90 partes de ICS 6 y 10 partes de CCN 51 procedentes de Uchiza en San Martín alcanzó un valor de $4,01 \pm 0,89$ por ciento, el estudio de Mejía *et al.* (2017) para chocolates peruanos al 70 por ciento de cacao llegaron a valores en el rango de 1,25 a 1,49 por ciento y el estudio de Bobadilla *et al.* (2017) con una concentración de 2,42 por ciento.

Por lo tanto el ratio AGS:AGI para chocolate oscuro con formulación óptima alcanzó $1,67 \pm 0,03$ por ciento, cercano al chocolate tipo barra 1,75 por ciento (Salinas y Bolivar 2012) y

en el estudio de Torres-Moreno *et al.* (2015) el ratio AGS:AGI para los chocolates de Ecuador y Ghana con valores de $1,77 \pm 0,01$ y $1,94 \pm 0,06$, ratios que se incrementaron al procesar el grano de cacao y obtener chocolate. El ratio AGS:AGI, para el grano de cacao CCN 51, ICS 6 y chocolate óptimo ($1,78 \pm 0,03$, $1,76 \pm 0,06$ y $1,67 \pm 0,03$) fueron iguales ($p > 0,05$).

El contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 de cadena larga (AGPI_{n3}CL) provienen de los alimentos: pescados, vegetales y alimentos procesados (fortificados). El cacao es un vegetal, que al ser procesado se obtiene chocolate (Winkler 2013). Los AG esenciales (omega 6 y omega 3) producen metabolitos que ejercen efecto positivo y negativo para la salud, si el ratio omega 6:omega 3 es alto ($n6:n3 > 5,0$), el producto puede ser perjudicial para la salud al ser consumido en proporciones altas (Sanhueza *et al.* 2015). El ratio $n6:n3$ de la dieta cobra cada vez mayor importancia por el efecto protector en tejidos (Cabo-García *et al.* 2015). Sin embargo, FAO y FINUT (2012) no lo recomienda, siempre que la ingesta de AG se encuentre dentro de las recomendaciones del informe. Winkler (2013) declara reducir el consumo de $n6$, así como incrementar el consumo de $n3$ CL, esto hace que el ratio sea pequeño.

El contenido total de omega ($n6$ más $n3$) para chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima, chocolate de Ecuador y chocolate Ghana alcanzaron valores de 4,35; 2,30 y 1,80 por ciento, respectivamente. Como lo declara Mursu *et al.* (2004) el chocolate comercializado en Finlandia tuvo uno por ciento de omega ($n6$ más $n3$). Además, los resultados de la investigación indican una buena presencia de ácidos grasos esenciales en el chocolate. Porque el ratio $n6:n3$ (Tabla 26) para chocolate con formulación óptima fue $11,42 \pm 0,12$, la dieta diaria debe ser suplementada con alimentos que puedan ayudar alcanzar un ratio de AG esenciales de 5:1 (Sanhueza *et al.* 2015). Los chocolates de Ecuador, Ghana y Finlandia tuvieron ratios de 21,6; 10,5 y 9,0; el ratio de 11,42 está cerca al ratio del chocolate de Ghana. La causa de este ratio puede ser debido al factor procedencia, al factor proceso o al factor composición del producto. Curti *et al.* (2018) estudio el proceso de desamargado de la especie de *Lupinus*, alcanzando un ratio $n6:n3$ de $10,3 \pm 0,3$ a $8,8 \pm 0,6$. En la presente investigación, el ratio de los cacao fueron: 14,75 y 15,50, los que difieren al ratio $n6:n3$ para chocolate ($p \leq 0,05$), posiblemente debido a un efecto en el proceso, influenciando el incremento del contenido de AG linolénico (C18:3 $n3$). Según Mataix (2002), el composición de AG en 100 gramos de alimento de varias frutas y nueces, por ejemplo

almendras, maní y nueces, alcanzaron un ratio n6:n3 de 37,78; 36,43 y 5,26, respectivamente y según Chirinos *et al.* (2016) la semilla de sacha inchi tiene un ratio de 0.48, por lo tanto las nueces alcanzaron un valor balanceado y la semilla de sacha inchi alcanzo el menor valor. Con lo expuesto, parecería que se pueden presentar tres posibles opciones de productos para comercializar el chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima para este aspecto nutricional: 1) la semilla de sacha inchi bañada con chocolate oscuro, 2) una tableta de chocolate oscuro enriquecido con aceite de sacha inchi, 3) un bombón de chocolate conteniendo aceite de sacha inchi, tendrían un ratio más recomendado para la salud.

El chocolate oscuro (70 por ciento cacao) elaborado con formulación óptima (Tabla 27) alcanzó $2325,9 \pm 0,4$ kJ ($555,9 \pm 0,1$ kcal) en 100 gramos de energía, lo que aproximadamente constituye un siete por ciento menos que el valor $2503,3$ kJ ($598,3$ kcal) reportado por Daza (2018) para un chocolate con 70 por ciento de cacao, y próximo a los valores $2284,5$ kJ (546 kcal) y $2276,1$ kJ (544 kcal) para 100 gramos de chocolate oscuro reportados por Lambert (2017) y Minifie (1999), respectivamente. De por sí, el chocolate es un alimento altamente energético, un excelente suplemento nutricional para atletas (Valenzuela 2007). Por salud pública, tal energía condiciona su ingesta a un valor no mayor de 25 g/día (Torres-Moreno *et al.* 2015). Para una dieta de 2000 kcal la ingesta de una porción de chocolate (25 gramos) debe ser complementada con otros alimentos para llegar al balance requerido de energía.

Tabla 27: Valores nutricionales del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

Valor nutricional	Base a 100 g de chocolate	Porción 25 g de chocolate
Energía total (kcal)	$555,9 \pm 0,1$	$139,0 \pm 0,0$
Energía total (kJ)	$2325,9 \pm 0,4$	$581,6 \pm 0,0$
Grasa total (g)	$34,60 \pm 0,03$	$8,65 \pm 0,0$
Ácidos grasos saturados (AGS) (g)	21,07	5,27
Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) (g)	11,17	2,79
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) (g)	1,48	0,37
Azúcar añadida (g)	29,60	7,40

El DS 30021 *Ley de Promoción de la Alimentación Saludable*, DS 017-2017-SA (2017), declara valores no permitidos para alimentos sólidos, referentes al contenido de sodio (mayor o igual a 400 mg/100g alimento), azúcar total (mayor o igual a 10 g/100g alimento), grasas saturadas (mayor o igual a 4 g/100g alimento) y grasas *trans* (según normatividad vigente). Consultando el DS 033-2016-SA (2016) el uso y contenido de grasas *trans* no será mayor a 5 g de ácidos grasos *trans* por 100 gramos de materia grasa. Salinas (2017) afirma que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un consumo diario de ácidos grasos *trans* menor de 2 g al día (1 g ácido graso *trans*/100g alimento). El estudio de Moreno-Alcalde *et al.* (2014) evaluó el contenido de ácidos grasos *trans* en 10 tabletas de chocolate en Madrid, reportando cero detecciones, por lo que se comprueba que la manteca de cacao no tiene ácidos grasos *trans* en su composición. El chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima al 70 por ciento de cacao cumple con niveles de sodio y grasas *trans* (ácidos grasos *trans*).

El azúcar del cacao está comprendido entre 0,32 a 1,58 por ciento (Bertazzo *et al.* 2013), valores para cacao de Arriba (1,58 por ciento) y Caracas (1,56 por ciento); como referencia se tomarán el promedio de estos valores por la cercanía del Perú. El azúcar añadido, en la formulación óptima, tiene un 29,6 por ciento. El contenido de azúcar total en un chocolate depende de la formulación diseñada y del contenido de azúcar en el cacao, para el chocolate oscuro al 70 por ciento de cacao en estudio significa que llega al 30,70 por ciento de azúcar total, tres veces más que el límite superior de la norma. Una alternativa en el diseño de la formulación de un chocolate oscuro que cumpla con el requisito (máximo de azúcar total), es formular un chocolate al menos con 92 por ciento de cacao o usar polialcoholes en su formulación como maltitol (Aidoo *et al.* 2014; Melo *et al.* 2013)

En ácidos grasos saturados del chocolate con formulación óptima, tiene 21,07 por ciento aproximadamente, más de cinco veces que el límite superior de la ley, debido a la composición propia de la manteca de cacao. De los AG de la fracción lipídica del chocolate óptimo, el 33,34 por ciento aproximadamente le corresponde al AGS esteárico (Tabla 26), que es un indicador para la salud y 26,59 por ciento es AGS palmítico que afecta a la concentración del colesterol en sangre (FAO y FINUT 2012). Por lo tanto, si por un momento se descarta la presencia de AGS esteárico, los 100 gramos de chocolate oscuro aportan 9,20 gramos de AG Palmítico que es superior a los 4 gramos de grasa saturada en 100 gramos de chocolate, como límite máximo permitido por la *Ley de Promoción de la*

Alimentación Saludable, por lo que, se debe investigar una estrategia de comercialización del chocolate peruano y, como propuesta, estudiar si existe alguna conversión del AG palmítico procedente de la manteca de cacao en el organismo humano.

En general los chocolates genuinos elaborados a partir de granos de cacao estándares, tendrán la figura del octógono en azúcar total y grasa saturada, que se presentaría en la parte frontal del empaque o un código de color para ambos contenidos (Wood 2017). Sin embargo, hay que destacar las fortalezas que tiene el cacao, un chocolate oscuro aporta alto contenido de compuestos funcionales como polifenoles, flavonoides y flavanoles (Calixto *et al.* 2018), bajo índice glucémico, alto contenido de minerales (potasio) y alcaloides (teobromina), sin aditivos alimentarios (colorantes, conservantes, etc.). Estudios en animales y humanos declaran que la ingesta de antioxidantes (flavonoides) incrementan la concentración de AGn3CL (Reyna *et al.* 2018). La teobromina tiene un efecto positivo en el incremento de la concentración colesterol HDL en suero (Neufingerl *et al.* 2013), aspectos no contemplados en la *Ley de Promoción de la Alimentación Saludable*. Adicionalmente se podría utilizar como estrategia de comercialización, en la que se declara que el chocolate es un producto vegano libre de gluten.

El consumo del chocolate debe ser controlado, por el alto contenido de energía procedentes de las cantidades considerables de grasa, las que afectan directamente a las calorías totales, que conlleva a una ganancia de peso corporal, por lo tanto, el gasto energético debe considerarse, por medio de actividad física: moderada o vigorosa. Gibson *et al.* (2004) declara que por cada mega joule (MJ) de ingesta energética extra de alimentos altamente azucarados (galletas, queques y productos de confitería) se incrementa la probabilidad del sobrepeso en 24 por ciento y por cada hora de actividad moderada/vigorosa se reduce la probabilidad en 26 por ciento, mientras que, por cada hora de ver televisión, usar la computadora o escuchar música se incrementa en 10 por ciento.

Según OMS (2010), la actividad aeróbica facilita de manera continuada el mantenimiento del peso corporal y la relación de esta actividad física con el mantenimiento del peso corporal varía considerablemente según las personas, por lo que podrían ser necesarios hasta más de 150 minutos a la semana de actividad moderada para mantener el peso en adultos de 18 a 64 años. Diversos estudios registran pérdidas de peso entre 1 a 3 por ciento, aproximadamente,

realizando actividad física aeróbica por 150 minutos semanales, en pruebas planificadas de 12 meses, lo cual es un indicativo del mantenimiento de peso.

4.5.3. Aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima

El chocolate fue sometido a una prueba de consumidores, logrando alcanzar el 69,6 por ciento de aceptación. Se encuestaron (Tabla 28, Anexo 16) a 369 consumidores (nacionales y extranjeros), de ambos sexos (masculino y femenino), categorizados en edades de 20 a mayores de 50 años, con una preferencia por el consumo de chocolate (de leche y oscuro) y con una frecuencia de consumo del mismo, de semanal a mensual.

Sobre los datos de los consumidores encuestados, el 86 por ciento fueron nacionales (Lima e interior del país), 51 por ciento fueron hombres, 50 por ciento de jóvenes de 20 a 30 años. Sobre el consumo de chocolates, el 47 por ciento prefieren chocolate de leche y el 45 por ciento prefieren chocolate oscuro (o amargo), el 57 por ciento consumen una vez a la semana y el 10 por ciento consume diariamente chocolate. Para un diseño de chocolate con menor contenido de azúcar total, es decir 92 por ciento de cacao, como se menciona en el punto anterior (4.5.2), si este se sometería a la prueba de aceptabilidad general, estos valores cambiarían, debido a que la mayoría de los peruanos prefieren consumir chocolate de leche (47 por ciento) que chocolate oscuro (45 por ciento), según los resultados de la encuesta realizada.

El 74,1 por ciento de los consumidores nacionales (Anexo 17) otorgó como calificativo una moda de 5 para la aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con formulación óptima al 70 por ciento de cacao, lo que equivale a que en su opinión el chocolate “le agrada mucho”, con una mediana de 4 “me agrada” y una media en calificativo de 4,1 (Tabla 28 y Anexo 16).

El 42,3 por ciento de consumidores extranjeros (Anexo 17) otorgó como calificativo una moda y mediana de 3 y media de 3,4 para la aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con formulación óptima al 70 por ciento de cacao, lo que equivale a que en su opinión el chocolate “le agrada más o menos” (Tabla 28 y Anexo 17); esta diferencia de calificación con los consumidores nacionales puede deberse a que los extranjeros tienen usos y costumbres de consumo de chocolate distintos. Los consumidores extranjeros fueron de

los continentes de América (Canadá, Estados Unidos, México, Brasil, Colombia y Ecuador) con el 73 por ciento de participación y Europa (Finlandia y Alemania) con el 27 por ciento de participación. Cada uno de estos consumidores extranjeros tienen diversos tipos de hábitos y preferencias alimentarias. El valor de 3 como moda y mediana otorgada por el 42,3 por ciento de los encuestados representa para el estudio que el consumidor “me agrada más o menos”.

El estudio de Mejia *et al.* (2017) encontraron para un chocolate oscuro peruano al 70 por ciento elaborado con cacao de San Martín, un valor de aceptabilidad general de 5,5 en una escala hedónica de 10 puntos. El estudio de Torres-Moreno *et al.* 2012, evaluaron tiempos de tostado y concado de diferentes chocolates oscuros de Ecuador y Ghana, encontrando una mayor calidad sensorial en los chocolates procesados con granos de Ecuador (6,47 en una escala hedónica de 9 puntos) que en los chocolates de Ghana (6,05).

Tabla 28: Aceptabilidad general del chocolate y datos del consumidor

Consumidores nacionales												
Puntaje	Frec	Sexo	Edad				Preferencia			Frecuencia de consumo		
		M	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	11	7	10	1	0	0	1	8	2	4	7	0
3	71	35	45	10	10	6	24	37	10	22	41	8
4	111	58	65	22	12	12	37	62	12	40	64	7
5	124	59	54	19	20	31	78	40	6	45	68	11
Total	317	159	174	52	42	49	140	147	30	111	180	26
Porcentaje de consumidores que otorgaron calificativo superior a 4 = 74,1%												

Continua ...

...Continuación Tabla 28

Consumidores extranjeros												
Puntaje	Frec	Sexo	Edad				Preferencia			Frecuencia de consumo		
		M	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C
1	5	2	0	2	1	2	1	4	0	2	3	0
2	4	2	0	3	0	1	1	3	0	1	2	1
3	21	11	6	8	4	3	13	7	1	3	12	6
4	9	4	0	5	1	3	6	3	0	1	7	1
5	13	9	3	5	3	2	5	8	0	4	6	3
Total	52	28	9	23	9	11	26	25	1	11	30	11
Porcentaje de consumidores que otorgaron calificativo superior a 4 = 42,3%												

Leyenda:

Frec. = frecuencia, M = sexo masculino. Edad: A (20 a 30 años), B (31 a 40 años), C (41 a 50 años), D (mayor a 50 años). Preferencia A (chocolate amargo), B (chocolate de leche), C (chocolate blanco). Frecuencia de consumo A (mensual), B (semanal) y C (diario)

Tabla 29: Resumen de la evaluación de aceptabilidad general del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima según procedencia del consumidor

Resultado	Nacional	Extranjero
Moda	5,0	3,0
Mediana	4,0	3,0
Media	4,1	3,4

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se obtuvo como concepto del producto: *“Chocolate oscuro de alta calidad internacional hecho en base a mezcla de granos de cacao peruano que promueve el cultivo, la industrialización y la comercialización en favor de las familias cacaoteras del país”*.
2. Se seleccionó la mezcla binaria de grano de cacao peruano con mayor presencia nacional (CCN 51) y de fino o de aroma (ICS 6), procedentes del distrito de Uchiza, Provincia de Tocache, Región San Martín.
3. Se caracterizó los granos de cacao de los dos varietales CCN 51 e ICS 6, siendo en composición proximal diferente. La composición de ácidos grasos (AG) de los varietales de cacao CCN 51 e ICS 6, muestran un potencial nutricional en contenido de AGPI de $3,39 \pm 0,48$ y $3,29 \pm 0,39$ por ciento; un ratio AGS:AGI de $1,77 \pm 0,03$ y $1,76 \pm 0,06$; y un ratio n6:n3 de $14,75 \pm 0,35$ y $15,50 \pm 1,41$; respectivamente. El contenido de sólidos grasos (SG) de las mantecas de cacao de ambos varietales fueron resistentes al calor.
4. La optimización aplicando superficie de múltiples respuestas se logró a partir de las propiedades físicas: viscosidad y esfuerzo mínimo de fluencia de Casson, color, dureza y tamaño de partícula, obteniéndose una formulación óptima de chocolate oscuro en tableta al 70 por ciento de cacao, conformada por la mezcla de 10 partes de CCN 51 con 90 de ICS 6 como ingrediente principal, constituida de pasta de cacao, cocoa en polvo y manteca de cacao, y otros ingredientes como azúcar y lecitina de soya.

5. El chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima contiene $34,60 \pm 0,03$ por ciento de grasa. Su contenido de SG a temperaturas de la fracción lipídica del chocolate a temperaturas bajas ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$) y medias ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) es propio de mantecas de cacao duras y el correspondiente a temperaturas altas (35 y $40\text{ }^{\circ}\text{C}$) le otorga una mayor resistencia para su comercialización en lugares tropicales. Con respecto a la temperatura el contenido de SG tiene una pendiente negativa y forma una ecuación cuadrática.

6. La composición de ácidos grasos (AG) del chocolate elaborado con la formulación óptima, muestra un potencial nutricional en contenido de AGPI de $4,36 \pm 1,01$ por ciento, un ratio AGS:AGI de $1,67 \pm 0,03$ y un ratio n6:n3 de $11,42 \pm 0,12$; así como un aporte energético de $2325,9 \pm 0,4$ kJ, una validación al 91,6 por ciento en sus propiedades físicas y una aceptabilidad sensorial general promedio del 69,6 por ciento de consumidores nacionales y extranjeros.

VI. RECOMENDACIONES

Se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda utilizar la mezcla de granos de distintos varietales de cacao peruano en la formulación de chocolates para lograr productos de alta calidad, optimizándola aplicando superficie de respuesta.
2. Maximizar la calidad de chocolate oscuro a partir de mezclas de cacao en otros países como Ecuador.
3. Maximizar el beneficio potencial a la salud y reducir la cantidad de azúcares y energía del chocolate.
4. Estudiar el efecto nutricional de los ácidos grasos saturados del cacao procesado metabólicamente en una alimentación controlada.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Adeyeye, EI; Akinyeye, RO; Ogunlade, I; Olaofe, O. y Boluwade, JO. 2010. Effect of farm and industrial processing on the aminoacid profile of cocoa beans. *Food Chemistry* 118:357-363.
2. Afoakwa, E; Paterson, A; Fowler, M. y Vieira, J. 2009. Microestructure and mechanical properties related to particle size distribution and composition in dark chocolate. *International Journal of Food Science and Technology* 44:111-119.
3. Afoakwa, E; Paterson, A; Fowler, M. y Vieira J. 2008. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering* 87(2):181-190.
4. Aidoo, RP; Afoakwa, EO. y Dewettink, K. 2015. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT - Food Science and Technology* 62:592-597.
5. Aidoo, RP; Afoakwa, EO. y Dewettink, K. 2014. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – rheological, microstructure and physical quality characteristics. *Journal of Food Engineering* 126:35-42.
6. Aldave, G. 2016. Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en la propiedades quimicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente de Uchiza, San Martin – Perú para la obtención de nibs. Tesis de Maestro en Ciencia de los Alimentos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

7. Ali, A; Selamat, J; Che Man, YB. y Suria, AM. 2001. Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filled dark chocolate. *Food Chemistry* 72:491-497.
8. Álvarez, C; Pérez, E. y Lares, MC. 2007. Caracterización física y química de las almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado de Aragua. *Agronomía Trop* 57(4):249-256.
9. Alvis, A; Pérez, L. y Arrazola, G. 2011. Determinación de las propiedades de textura de tabletas de chocolate mediante técnicas instrumentales. *Información tecnológica* 22(3):11-18.
10. AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International. Cocoa beans and its products. 18th Edition, Volumen II. Editors: William Horwitz and George W. Latimer, Jr. Maryland, USA.
11. APPCACAO. 2019. Directorio de socios de APPCACAO. Asociados 2017-10-25.
12. Aprotosoiaie, AC; Luca, SV. y Miron, A. 2016. Flavor chemistry of cocoa and cocoa products-an overview. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 15: 73-91.
13. Arvelo, M.A; González, D; Delgado, T; Maroto, S. y Montoya, P. 2017. Estado actual sobre la producción, el comercio, y cultivo del cacao en américa. San José, C.R. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Fundación Colegio de Posgraduados en Ciencias agrícolas-IICA.
14. Bacio, LV. (2007). Optimización multi-objetivo en el problema de metodología de superficie multi-respuesta. Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias con especialidad en probabilidad y estadística. Centro de Investigación en matemáticas, A.C., Guanajuato.

15. Beckett, ST; Paggios, K. y Roberts, I. 2017. Conching. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
16. Beckett, ST. 2008. The science of chocolate. 2nd Edition. Cambridge, England. The Royal Society Chemistry Publishing.
17. Bertazzo, A; Comal, S; Manglarini, F; Chen, S. 2013. Composition of cacao beans. In: Ross Watson, R; Preedy, VR. y Zibadi, S. (Eds.). Chocolate in Health and Nutrition. Humana Press.
18. Bertoldi, D; Barbero, A; Camin, Federica; Caligiani, A; Larcher, R. 2016. Miltielemental fingerprinter and geographic traceability of Theobroma cacao beans and cocoa products. Food Control 65:46-53.
19. Bobadilla, G; Ruiz, C. y Rojas, R. (2017). Chemical-nutritional profile and antioxidant activity of the couverture chocolate of the Peruvian chocolate Factory La Iberica. International Symposium on Cocoa Research (ICSR). Lima, Perú.
20. Bouza, A. 2000. Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud. Revista Cubana de Salud Pública, 26(1):50-56.
21. Cabo-Garcia, L; Achon-Tuñón, M. y Gonzalez-Gonzalez, P. 2015. Influencia de los ácidos grasos poliinsaturados en la prevención y promoción del cancer. Nutrición Hospitalaria 32(1):41-49.
22. Calixto, MR; Chire, GC. y Orihuela, CA. 2018. Antioxidant properties of chocolates sold in Peru. Acta Agronomica 67(4): 479-485.
23. Carrión, J. 2012. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí. Tesis de grado presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Agroempresas. Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.

24. Chinnan, M. 2007. Response surface methodology (RSM): An efficient approach for statistical data analysis, modeling, and process and product optimization. In: Brody, AL. y Lord, JB. (Eds.). Developing new food products for a changing marketplace. Second Edition. CRC Press.
25. Chire GC. y Córdova A. 2005. Mejoramiento de chocolate amargo para taza mediante el uso de licor de cacao. *Ciencia e Investigación* 8(2):87-91.
26. Chire, GC. y Hartel RW. 2011. Efecto de los diferentes emulsificantes en las propiedades reológicas y la efluencia grasa del chocolate oscuro. *Anales Científicos* 72(1):1-12.
27. Chire, GC. y Hartel, RW. 2010. Efectos de diferentes emulsificantes en el atemperado del chocolate oscuro. *Ciencia e Investigación* 13(1):14-18.
28. Chire, GC; Valdivia, RA; Orihuela, CA. y Ureña, MO. 2017. Assessment of physical and physicochemical quality of main chocolates traded in Peru. *Acta Agronomica* 66(2):164-171.
29. Chirinos, R; Zorrilla, D; Aguilar-Galvez, A; Pedreschi, R. y Campos, D. 2016. Impact of roasting on fatty acid, tocopherols, phytosterols, and phenolic compounds present in *Plukenetia huayllabambana* Seed. *Journal of Chemistry* 1-10.
30. CODEX-STAN 87-1981. 2003. Standard for chocolate and chocolate products.
31. Collazos, C; White, PL; White, HS; Viñas, E; Alvistur, E; Urquieta, R; Vásquez, J; Días, C; Quiroz, A; Roca, A; Hegstece, DM; Bradfield, RB; Herrera, N; Faching, A; Robles, N; Hernández, E. y Arias, M. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 7ma edición.
32. Curti, CA; Curti, RN; Bonini, N. y Ramon, AN. 2018. Changes in the fatty acid composition in bitter *Lupinus* species depend on the debittering process. *Food Chem* 263:151-154.

33. Daza La Plata, A. 2018. Cinética de efluorescencia grasa en dos tipos de chocolate oscuro peruano. Tesis de ingeniero en Industrias Alimentarias, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
34. De Bruijne, DW. y Bot, A. 2001. Alimentos elaborados basados en grasa. Rosenthal A. (Eds). Textura de los Alimentos, medida y percepción. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza.
35. Dobraszcyk, BJ. y Vincent, JFV. 2001. Medida de las propiedades mecánicas de materiales alimentarios en relación con la textura: Enfoque de Materiales. Rosenthal A. (Eds). Textura de los Alimentos: medida y percepción. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza.
36. Donovan, JF; Holes-Lewis, KA; Chavin, KD. y Egan, BM. 2012. Cocoa and Health. In: Croizer, A., Ashihara, H. y Tomas-Barberán, F. (Eds.). Cocoa and Coffee: Plant Secondary Metabolites and Health. First Edition. Blackwell Publishing.
37. DS 017-2017-SA. 2017. Decreto supremo que aprueba la ley N° 30021, Ley de promoción de la alimentación saludable.
38. DS 033-2016-SA. 2016. Aprueban en reglamento que establece el proceso de reducción gradual hasta la eliminación de las grasas trans en alimentos y bebidas no alcohólicas procesados industrialmente.
39. Dwi Saputro, A; Van de Walle, D; Antan Caiquo, B; Hinneh, M; Kluczykoff, M. y Dewettinck, K. 2019. Rheological behaviour and microstructural properties of dark chocolate produced by combination of a ball mill and a liquefier device as small scale chocolate production system. LWT - Food Science and Technology 100:10-19.
40. Ellam, S. y Williamson, G. 2013. Cocoa and Human Health. Annu. Rev. Nutr. 33:105-128.
41. Erdem, O; Gültekin-Özgülven, M; Berktas, I; Ersan, S; Tuna, HE; Karadag, A; Özçelik, B; Günes, G. y Cutting, SM. 2014. Development of a novel synbiotic dark

chocolate enriched with *Bacillus indicus* HU36, maltodextrin and lemon fiber: Optimization by response surface methodology. *LWT- Food Science and Technology* 56:187-193.

42. Esan, TA; Sobukola, OP; Sanni, LO; Bakare, HA. y Muñoz, L. 2015. Process optimization by response surface methodology and quality attributes of vacuum fried yellow-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) chips. *Food Bioprod Process* 95: 27-37.
43. FAO y FINUT. 2012. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos. Estudio FAO alimentación y nutrición. 91. pag.14.
44. Familiar-Calderón, J; Rodríguez, A; Menéndez, A; Briceño-Garmendia, C. 2016. Análisis integral de logística en Perú. Parte 2ª. Resultados por productos: cacao. Banco Mundial. *Práctica global de transporte y tecnologías de la información. Región de América Latina y el Caribe.*
45. Fernández-Murga, L; Tarínb, JJ; García-Pérez, MA. y Cano, A. 2011. The impact of chocolate on cardiovascular health. *Maturitas* 69:312-321.
46. Foubert, I; Vanrolleghem, PA; Thas, O. y Dewettinck, K. 2004. Influence of chemical composition on the isothermal cocoa butter crystallization. *Journal of Food Science* 69(9):478-487.
47. Fowler, MS. y Coutel, F. 2017. Cocoa beans: from tree to factory. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition.* York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
48. Freedland, RA. y Briggs, S. 1997. *A Biochemical approach to nutrition.* A Halsted Press Book. John Wiley and Sons. New York.
49. García, LF. 2014. *Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú.* Ministerio Nacional de Agricultura. Perú. Dirección General de Competitividad Agraria.

50. García, M; Martínez, H; Eblen-Zajjur, A; Salinas, N. 2017. Síndrome metabólico, *Estearoil CoA desaturasa* y perfil de ácidos grasos en adultos de una comunidad universitaria. *Gac Med Caracas* 125(1): 12-23.
51. García, SM. 2018. Optimización de la fritura de hojuela de papas nativas (*Solanum tuberosum* sp.) aplicando el método de superficie de respuesta. Tesis de Maestría en Tecnología de Alimentos, Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
52. Gibson, S; Lambert, J. y Neate, D. 2004. Associations between weight status, physical activity and consumption of biscuits, cakes and confectionary among young people in Britain. *British Nutrition Foundation. Nutrition Bulletin* 29, 301-309.
53. Glicerina, V; Ballestra, F; Dalla, RM. y Romani, S. 2016. Microestructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering* 169:165-171.
54. Gray, MP. 2017. Molding, enrobing and cooling chocolate products. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition.* York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
55. Gutiérrez, TJ. 2017. State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in the Food Science and the Food Safety* 16:1313-1344.
56. Harwood, ML. y Hayes, JE. 2017. Sensory evaluation of chocolate and cocoa products. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition.* York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
57. ICA. 2000. Viscosity of cocoa and chocolate products. Analytical method 46, CAOBISCO, Bruxelles, Belgium.
58. INACAL. 2017. Norma Técnica Peruana NTP 107.302. Cacao y chocolate. Términos y definiciones. 1era edición. Lima.

59. INEI. 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática. webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD1/inicio.html
60. ISO 12966-1. 2014. Animal and Vegetable Fats and Oils. Analysis by Chromatography of Methyl Esters of Fatty Acids.
61. ISO 5509. 2000. Animal and Vegetable fats and oils. Preparation of methyl esters of fatty acids.
62. IUPAC. 1987. Solid content determination in fats by NMR (low-resolution nuclear magnetic resonance), Norm version 2.150b.
63. Jewett, S. 2017. Artisan chocolate making. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
64. Jiménez, A. y Gutiérrez, G. 2001. Color. Alvarado J, Aguilera J (Eds). Métodos para medir Propiedades Físicas en Industrias de Alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza.
65. Jones. CE. 2017. Packaging. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
66. Kirk, R; Sawyer, R. y Egan, H. 2008. Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. Novena reimpresión. México D.F., México. Grupo Editorial Patria.
67. Kleinert, J. 1980. Tempering of melted chocolate masses. CCB 5, 19-24.
68. Lambert, JD. 2017. Nutritional and health aspects of chocolate. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.

69. Lardmond, E. 1977. Laboratory method for sensory evaluation of food. Ottawa, Canada. Food Research Institute Published 1637.
70. Loayza, MR. y Maldonado, M. 2015. Propuesta de proyecto para el fortalecimiento de la competitividad para los productores de cacao del Valle Primavera-VRAEM orientado a mercados con beneficios diferenciales. Facultad de Gestión y Alta Dirección. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
71. Loo, JLM. 2019. Variación de la conductividad eléctrica del medio acuoso por inmersión de granos de cacao CCN 51 con diferentes índices de fermentación. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias, Lima, Perú.
72. Lord, JB. 2007. Food product concepts and concept testing. In: Brody, AL. y Lord, JB. (Eds.). Developing new food products for a changing marketplace. Second Edition. CRC Press.
73. Mataix Verdu, J. 2002. Lípidos alimentarios. En Mataix Verdu J, Gil Hernández A. Libro Blanco de los omega-3. Granada: Puleva Food.
74. Martin, FPJ; Collino, S; Rezzi S; Kochhar, S. 2013. The effect of chocolate on human and gut microbial metabolic interactions: emphasis on human health and nutritional status. In: Ross Watson, R; Preedy, VR. y Zibadi, S. (Eds.). Chocolate in Health and Nutrition. Humana Press.
75. Mejia, RA; Ruiz, C; Portales, R. y Rojas, R. 2017. Quality profile of peruvian dark chocolate: A preliminary approach. International symposium on cocoa research (ICSR).
76. Mella, M; Borguenson, R. y Masson, L. 1987. Composición química y valor calórico de los chocolates. Características físicas y químicas de la materia grasa. Alimentos 12(4):7-14.

77. Melo, L; Andre-Bolini, HM; Efraim, P. 2013. Low calorie chocolates and acceptability/sensory properties. In: Ross Watson, R; Preedy, VR. y Zibadi, S. (Eds.). *Chocolate in Health and Nutrition*. Humana Press.
78. MINAGRI, 2018. Agro al día. http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/economia/e71/commodities_cacao_ene19-pdf
79. Minifie, B. 1999. *Chocolate, Cocoa and Confectionery. Science and Technology*. Third Edition. Aspen Publishers Inc. Maryland.
80. Miquel, M; Carli, S; Couzens, PJ; Wille, HJ. y Hall, LD. 2001. Kinetics of the migration of lipids in composite chocolate measured by magnetic resonance imaging. *Food Research International* 34:773-781.
81. Montero-Vega, JC; Diaz-Rangel, CA; Guevara-Trujillo, FE; Cepeda-Rugeles, AH. y Barrera-Herrera, JC. 2013. Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en planta de beneficio. Boletín técnico #33. Centro de Investigación en Palma de Aceite – CENIPALMA. Bogotá.
82. Montgomery, D. 2006. *Control estadístico de la Calidad*. Tercera edición. Arizona State University. Editorial Limusa S.A. de C.V.
83. Moreno-Alcalde, S; Ruiz-Roso, B; Pérez-Olleros, L. y Belmonte-Cortés, S. 2014. Contenido de ácidos grasos *trans* en alimentos comercializados en la comunidad de Madrid (España). *Nutrición Hospitalaria* 29(1):180-186.
84. Mursu, J; Voutilainen, S; Nurmi, T; Rissanen, TH; Virtanen, J; Kaikkonen, J; Nyssonen, K. y Salonen, J. 2004. Dark chocolate consumption increases HDL cholesterol concentration and chocolate fatty acids may inhibit lipid peroxidation in healthy humans. *Free Radical Biology and Medicine* 37(9):1351-1359.

85. Myers, RH; Montgomery D. y Anderson-Cook, CM. 2016. Response surface methodology. Process and product optimization using designed experiments. Fourth edition. Wiley.
86. Nelson, RB. y Beckett, ST. 1994. Fabricación y utilización industrial del chocolate. En: Beckett, ST. (Eds.). Fabricación y utilización industrial del chocolate. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza (España).
87. Neufingerl, N; Zebregs, YEMP; Schuring, EAH. y Trautwein, EA. 2013. Effect of cocoa and theobromine consumption on serum HDL-cholesterol concentrations: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 97:1201–9.
88. NTP-CODEX STAN 87. 2017. Chocolate y productos de chocolate. Requisitos.
89. OMS. 2010. Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Organización mundial de la Salud.
90. Ostrowska-Ligeza, E; Marzec, A; Górska, A; Wirkowska-Wojdyła, M; Brys, J; Rejch, A. y Czarkowska, K. 2018. A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. *Thermochimica Acta*:1-27. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.11.005>
91. Pastor, C; Santamaria, J; Chiralt, A. y Aguilera, J. 2007. Gloss and color of dark chocolate during storage. *Food Science and Technology International* 13(1):27-34.
92. Perea, A; Martínez, N; Aránzazu, F. y Cadena, T. 2013. Características de calidad del cacao de Colombia – Catalogo de 26 Cultivares. Universidad Nacional de Santander y Federación Nacional de Cacaoteros. Bucaramanga. Colombia.
93. Perea, JA; Ramírez, OL. y Villamizar, AR. 2011. Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial* 9(1):35-42.

94. Quast, LB; Luccas, V; Ribeiro, APB; Cardoso, LP. y Kieckbush, TG. 2013. Physical properties of tempered mixtures of cocoa butter, CBR and CBS fats. *International Journal of Food Science and Technology* 48:1579-1588.
95. Resurreccion, AVA. 2007. Consumer sensory testing for food product development. In: Brody, AL. y Lord, JB. (Eds.). *Developing new food products for a changing marketplace*. Second Edition. CRC Press.
96. Reyes, M; Gomez-Sanchez, I; Espinoza, C; Bravo, F; Ganoza, L. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Lima.
97. Reyna, S; Valenzuela R. y Villanueva, ME. 2018. Acción de flavonoides sobre la conversión de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga a partir de ácidos grasos esenciales. *Revista Chilena de Nutrición* 45(2): 153-162.
98. Rivera, J. 2018. Correlación de la porosidad con el grado de fermentación del grano de cacao peruano (*Theobroma cacao* L.). Tesis de ingeniero en Industrias Alimentarias, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
99. Robson, AA. 2013. Chocolate bars based on human nutritional requirements. In: Ross Watson, R; Preedy, VR. y Zibadi, S. (Eds.). *Chocolate in Health and Nutrition*. Humana Press.
100. Romero, C. 2016. Estudio de cacao en el Perú y el mundo. Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015. Ministerio de Agricultura y Riego. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Primera Edición.
101. Salinas, N. y Bolivar, W. 2012. Ácidos grasos en chocolates venezolanos y sus análogos. *Anales Venezolanos de Nutrición* 25(1):34-41.
102. Salinas, N. 2017. Evaluación de los ácidos grasos en productos alimenticios venezolanos. Chocolates y análogos, galletas, tortas, trans en productos de panadería, cerdos y pollos. Editorial académica española.

103. Saltini, R; Akkerman, R. y Frosh, S. 2013. Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. *Food Control* 29:167-187.
104. Sanhueza Catalan, J; Duran Aguero, S. y Torres Garcia, J. 2015. Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. *Nutrición Hospitalaria* 32(3):1362-1375.
105. Thomas, J. 2017. The global chocolate confectionery market. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
106. Tomas-Barberán, FA; Cienfuegos-Jovellanos, E; Marín, A; Muguerza, B; Gil-Izquierdo, A; Cerdá, B; Zafrilla, P; Morillas, J; Mulero, J; Ibarra, A; Pasamar, MA; Ramon, D. y Espín, JC. 2007. A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(10). doi:10.1021/jf070121j.
107. Tonfack-Djikeng, FT; Teyomnou-Teyomnou, W; Tenyang, N; Tiencheu, B; Morfor, AT; Hako-Touko, BA; Ndomou-Houketchang, S; Teboukeu-Boungo, G; Lakshmi-Karuna, MS; Zambou-Ngoufack, F. y Macaire-Womeni, H. 2018. Effect of traditional and oven roasting on the physicochemical properties of fermented cocoa beans. *Heliyon* 4:1-17.
108. Torbica, A; Jovanovic, O. y Pajin, B. 2006. The advantages of solid fat content determination in cocoa butter and cocoa butter equivalents by the Karlshamns method. *Eur. Food Res Tech.* 222(3-4):385-391.
109. Torres, M. 2012. Influencia de las características y procesado del grano del cacao (*Theobroma cacao*) en la composición físico-química y propiedades sensoriales del chocolate. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad de Vic- Escuela Politécnica Superior, Reus.

110. Torres, J; Alvis, A; Gallo, L; Acevedo, D; Montero, P; Castellanos, F. 2018. Optimización del proceso de fritura por inmersión de la arepa con huevo utilizando metodología de superficie de respuesta. *Rev. Chil. Nutrición* 45(1): 50-59.
111. Torres-Moreno, M; Tarrega, A; Costell, E. y Blanch, C. 2012. Dark chocolate acceptability: Influence of cocoa origins and processing conditions. *J Sc. Food Agric.* 92:404-411.
112. Torres-Moreno, M; Torrescana, E; Salas-Salvado, J. y Blanch, C. 2015. Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chemistry* 166:125-132.
113. Tran, PD; Van de Walle, D; Hinneh, M; Delbaere, C; De Clercq, N; Tran, DN. y Dewettinck, K. 2015. Controlling the stability of chocolates through the incorporation of soft and hard StOSt-rich fats. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* 117:1700-1713.
114. Tran, PD; Van Durme, J; Van de Ville, D; De Winne, A; Delbaere, C; De Clercq, N; Pan, TTQ; Nguyen, CHP; Tran, DN. y Dewettinck, K. 2016. Quality attributes of dark chocolate produced from Vietnamese cocoa liquors. *Journal of Food Quality* 39:311-322.
115. Ulrich, KT; Eppinger, SD. 2013. *Diseño y desarrollo de productos*. Quinta edición. Impreso en México.
116. Ureña, M; D'Arrigo, M. y Girón, O. 1999. *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. UNALM. 1era Edición. Lima, Perú.
117. Valenzuela, A. 2007. El chocolate, un placer saludable. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(3):180-190.
118. Varas, C. 2010. *Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate*. [Proyecto de Tesis de Ingeniería]. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

119. Vargas, V. y Vásquez, M. 2017. Cacao fino y de aroma: Una alternativa para la agro-exportación. International symposium on cocoa research (ISCR).
120. Vásquez, O. 2009. Informe Final de Consultoría: Plan estratégico de mercado para la promoción del consumo interno de derivados del cacao nacional. Ministerio de Agricultura. Lima. p. 1,35.
121. Voltz, HG. 2001. Industrial color testing fundamentals and techniques. Weinheim, Wiley – VCH Verlag Gmbh, 373p.
122. Wennermark, B; Granroth, B; Kruse, B; Tudesjo, C; Atkinson, G; Bergqvist, G; Malmros, H; Alander, J; Karlsson, J; Thieme, J; Johnston, K; Bjornsholt, K; Ingvarsson, L; Hakansson, M; Pedersen, M; Persson, M; Wennermark, M; Johansson, M; Hjorth, M; Persson, P; Shaw, P; Miller, RL; Eriksson, S. y Fyke, T. 2012. Chocolate and Confectionery. In Nielsen K (Ed). Handbook vegetable oils and fats. Sweden. AAK Academy.
123. Windhab, EJ. 2017. Tempering. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
124. Winkler, JT. 2013. Where Will Future LC-Omega-3 Come From? Towards nutritional sustainability. In: De Meester, F; Watson, RR. Y Zibadi, S. (Eds.). Omega-6/3 Fatty Acids. Functions, sustainability strategies and perspectives. Humana Press.
125. Wohlmuth, EG. 2017. Recipes. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
126. Wolf, B. 2017. Chocolate Flow Properties. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.

127. Wood, R. 2017. Legal aspect of chocolate manufacture. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.
128. Zarrillo, S; Gaikwad, N; Lanaud, C; Powis, T; Viot, C; Lesur, I; Fouet, O; Argout, X; Ghichoux, E; Salin, F; Loo-Solorzano, R; Bouchez, O; Vignes, H; Severts, P; Hurtado, J; Yepez, A; Grivetty, L; Blake, M; y Valdez, F. 2018. The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid-Holocene in the Upper Amazon. *Nature ecology and evolution* 2:1879-1888.
129. Ziegler, GR. y Hogg, R. 2017. Particle size reduction. In: Beckett, ST., Fowler, MS. y Ziegler, GR. (Eds.). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition. York, United Kingdom. Wiley-Blackwell.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Datos composición proximal de granos de cacao CCN 51 e ICS 6.

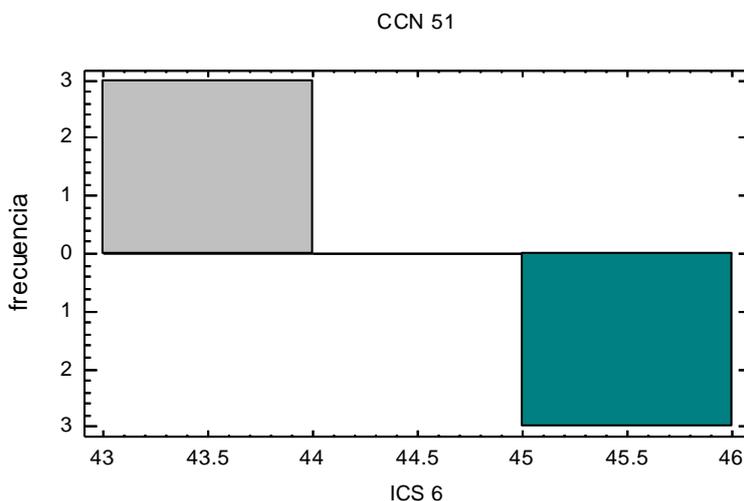
Componente (%)	Replica	CCN 51	ICS 6
Grasa cruda	1	43,70	45,75
Proteína cruda	1	14,94	13,51
Ceniza	1	3,23	3,52
Fibra cruda	1	5,82	4,85
Carbohidratos totales	1	38,13	37,22
Grasa cruda	2	43,47	45,82
Proteína cruda	2	14,57	13,34
Ceniza	2	3,25	3,51
Fibra cruda	2	5,75	4,81
Carbohidratos totales	2	38,71	37,33
Grasa cruda	3	43,61	45,84
Proteína cruda	3	14,42	13,56
Ceniza	3	3,25	3,50
Fibra cruda	3	5,79	4,83
Carbohidratos totales	3	38,72	37,10

Anexo 2. Resultados estadísticos de la composición proximal de granos de cacao CCN 51 e ICS 6.

Comparación - CCN 51 & ICS 6 (Grasa cruda)

CCN 51: tres valores en el rango de 43.47 a 43.7

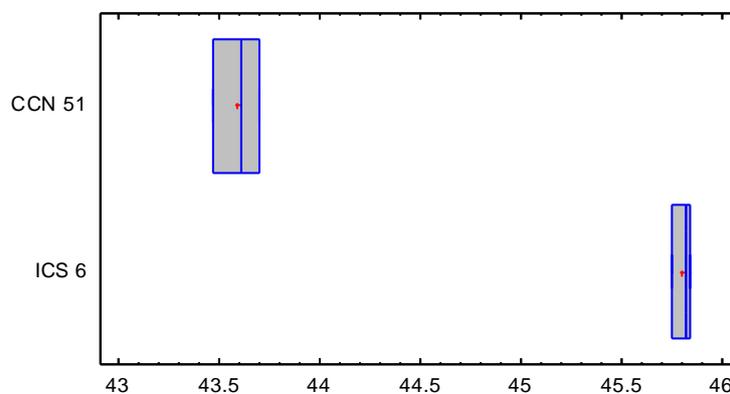
ICS 6: tres valores en el rango de 45.75 a 45.84



Resumen Estadístico

	CCN 51	ICS 6
Recuento	3	3
Promedio	43.5933	45.8033
Desviación Estándar	0.115902	0.0472582
Coefficiente de Variación	0.265872%	0.103176%
Mínimo	43.47	45.75
Máximo	43.7	45.84
Rango	0.23	0.09
Sesgo Estandarizado	-0.448105	-0.982621
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de CCN 51: 43.5933 +/- 0.287917 [43.3054, 43.8813]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ICS 6: 45.8033 +/- 0.117396 [45.6859, 45.9207]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: -2.21 +/- 0.20064 [-2.41064, -2.00936]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -30.5819 valor-P = 0.0000068108

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Desviaciones Estándar

	CCN 51	ICS 6
Desviación Estándar	0.115902	0.0472582
Varianza	0.0134333	0.00223333
Gl	2	2

Razón de Varianzas= 6.01493

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de CCN 51: [0.0603455, 0.728415]

Desviación Estándar de ICS 6: [0.0246053, 0.297005]

Razones de Varianzas: [0.154229, 234.582]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

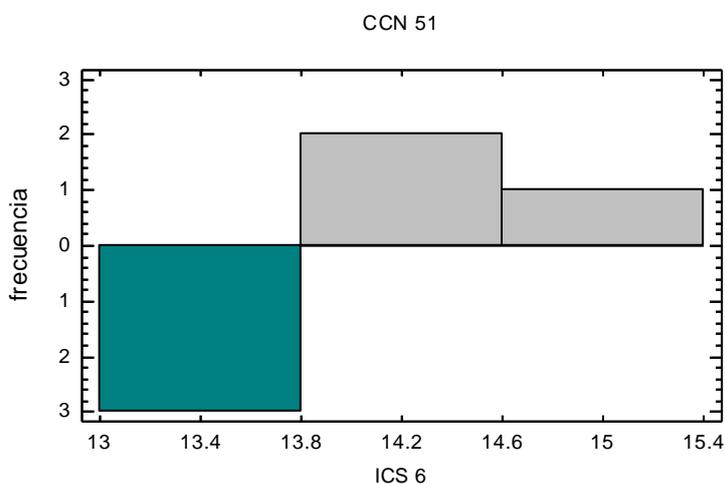
F = 6.01493 valor-P = 0.285106

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación - CCN 51 & ICS 6 (Proteína cruda)

CCN 51: tres valores en el rango de 14.42 a 14.94

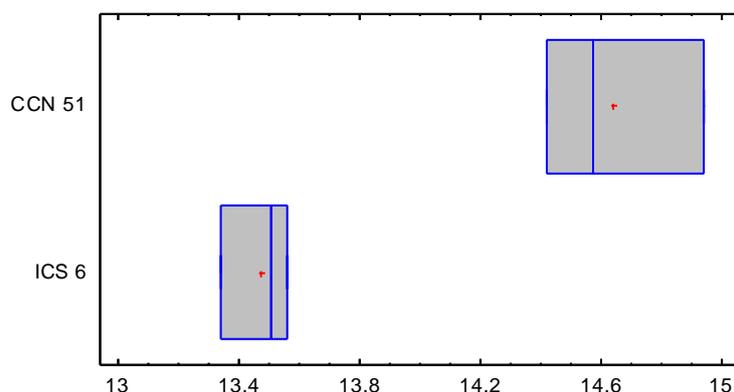
ICS 6: tres valores en el rango de 13.34 a 13.56



Resumen Estadístico

	CCN 51	ICS 6
Recuento	3	3
Promedio	14.6433	13.47
Desviación Estándar	0.267644	0.115326
Coefficiente de Variación	1.82775%	0.856166%
Mínimo	14.42	13.34
Máximo	14.94	13.56
Rango	0.52	0.22
Sesgo Estandarizado	0.806396	-0.970881
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de CCN 51: 14.6433 +/- 0.664865 [13.9785, 15.3082]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ICS 6: 13.47 +/- 0.286485 [13.1835, 13.7565]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: 1.17333 +/- 0.467163 [0.70617, 1.6405]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = 6.97337 valor-P = 0.00222363

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Desviaciones Estándar

	CCN 51	ICS 6
Desviación Estándar	0.267644	0.115326
Varianza	0.0716333	0.0133
Gl	2	2

Razón de Varianzas= 5.38596

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de CCN 51: [0.139351, 1.68207]

Desviación Estándar de ICS 6: [0.0600452, 0.724791]

Razones de Varianzas: [0.138102, 210.053]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

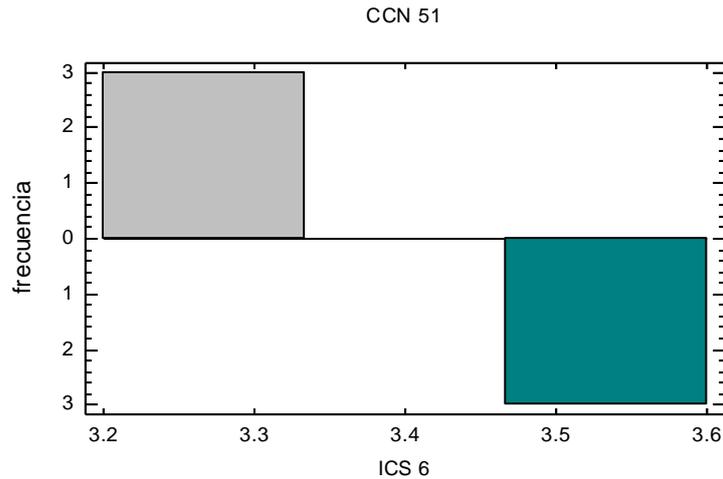
F = 5.38596 valor-P = 0.313187

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación - CCN 51 & ICS 6 (Ceniza)

CCN 51: tres valores en el rango de 3.23 a 3.25

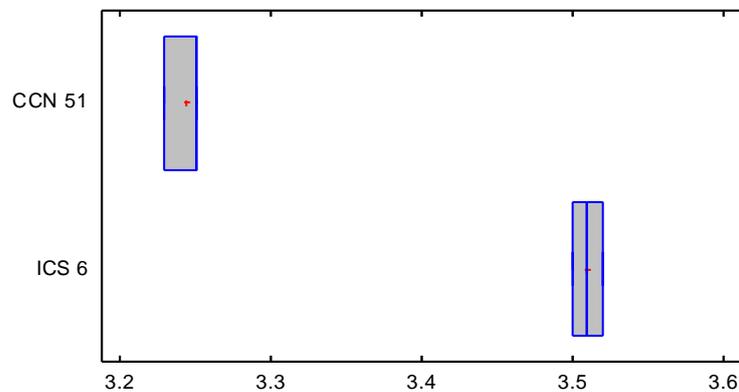
ICS 6: tres valores en el rango de 3.5 a 3.52



Resumen Estadístico

	CCN 51	ICS 6
Recuento	3	3
Promedio	3.24333	3.51
Desviación Estándar	0.011547	0.01
Coefficiente de Variación	0.356023%	0.2849%
Mínimo	3.23	3.5
Máximo	3.25	3.52
Rango	0.02	0.02
Sesgo Estandarizado	-1.22474	0.0
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de CCN 51: 3.24333 +/- 0.0286844 [3.21465, 3.27202]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ICS 6: 3.51 +/- 0.0248414 [3.48516, 3.53484]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: -0.266667 +/- 0.024486 [-0.291153, -0.242181]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 < media2

suponiendo varianzas iguales: t = -30.2372 valor-P = 0.00000712561

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Desviaciones Estándar

	CCN 51	ICS 6
Desviación Estándar	0.011547	0.01
Varianza	0.000133333	0.0001
Gl	2	2

Razón de Varianzas= 1.33333

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de CCN 51: [0.00601204, 0.0725699]

Desviación Estándar de ICS 6: [0.00520658, 0.0628473]

Razones de Varianzas: [0.034188, 52.0]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

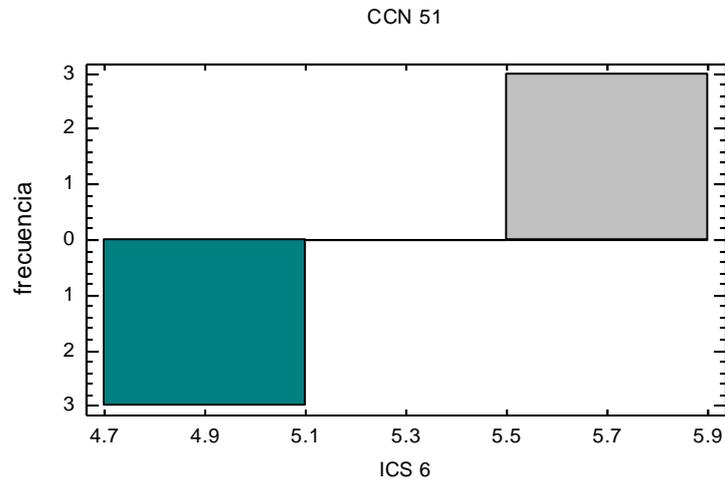
F = 1.33333 valor-P = 0.857143

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación- CCN 51 & ICS 6 (Fibra cruda)

CCN 51: tres valores en el rango de 5.75 a 5.82

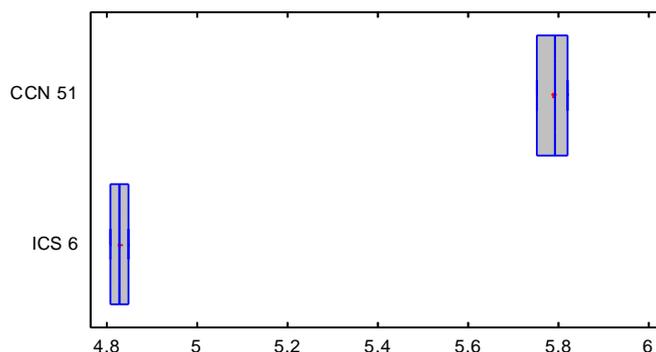
ICS 6: tres valores en el rango de 4.81 a 4.85



Resumen Estadístico

	CCN 51	ICS 6
Recuento	3	3
Promedio	5.78667	4.83
Desviación Estándar	0.0351188	0.02
Coefficiente de Variación	0.606892%	0.414079%
Mínimo	5.75	4.81
Máximo	5.82	4.85
Rango	0.07	0.04
Sesgo Estandarizado	-0.299299	0.0
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de CCN 51: 5.78667 +/- 0.08724 [5.69943, 5.87391]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ICS 6: 4.83 +/- 0.0496828 [4.78032, 4.87968]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: 0.956667 +/- 0.0647839 [0.891883, 1.02145]

Prueba t para comparar medias

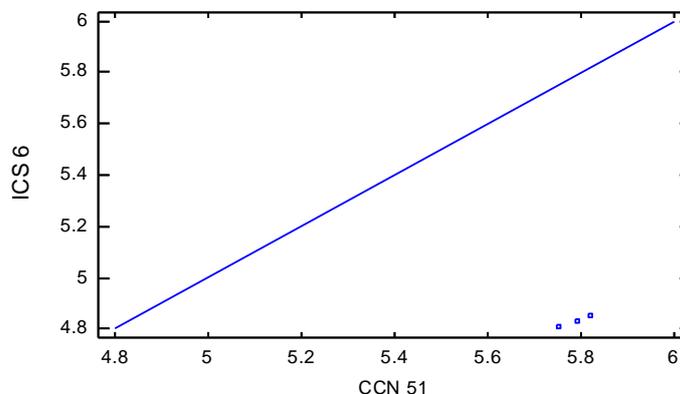
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 < media2

suponiendo varianzas iguales: t = 41.0 valor-P = 0.0000021149

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	CCN 51	ICS 6
Desviación Estándar	0.0351188	0.02
Varianza	0.00123333	0.0004
Gl	2	2

Razón de Varianzas= 3.08333

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de CCN 51: [0.0182849, 0.220713]

Desviación Estándar de ICS 6: [0.0104132, 0.125695]

Razones de Varianzas: [0.0790598, 120.25]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 < sigma2

F = 3.08333 valor-P = 0.489796

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Anexo 3. Datos del contenido de humedad y grasa de las pastas de cacao CCN 51 e ICS 6.

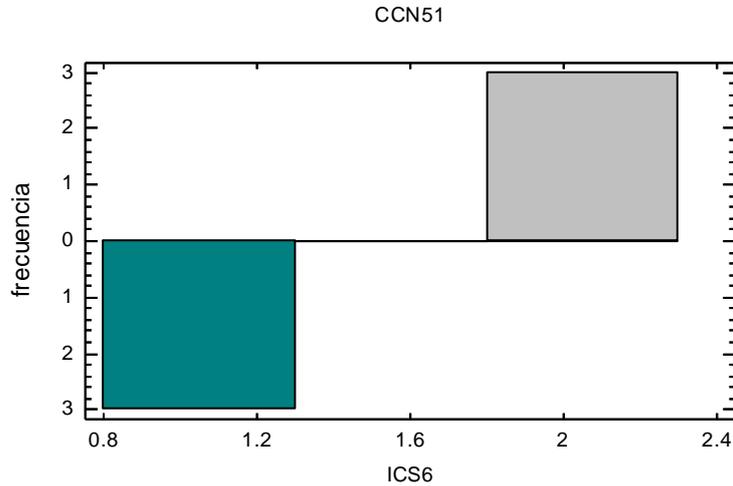
Componente (%)	Replica	CCN 51	ICS 6
Humedad	1	2.14	0.98
Grasa, base húmeda	1	49.01	52.57
Grasa, base seca	1	50.09	53.08
Humedad	2	2.15	0.94
Grasa, base húmeda	2	49.58	52.37
Grasa, base seca	2	50.67	52.88
Humedad	3	2.14	0.92
Grasa, base húmeda	3	49.45	52.56
Grasa, base seca	3	50.54	53.07

Anexo 4. Resultados estadísticos del contenido de humedad y grasa de las pastas de cacao CCN 51 e ICS 6.

Comparación - CCN51 & ICS6 (Humedad)

CCN 51: tres valores en el rango de 2.14 a 2.15

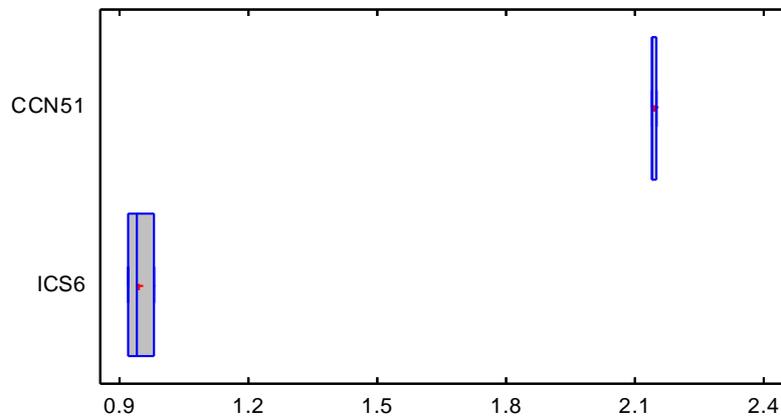
ICS 6: tres valores en el rango de 0.92 a 0.98



Resumen Estadístico

	<i>CCN51</i>	<i>ICS6</i>
Recuento	3	3
Promedio	2.14333	0.946667
Desviación Estándar	0.0057735	0.0305505
Coefficiente de Variación	0.26937%	3.22717%
Mínimo	2.14	0.92
Máximo	2.15	0.98
Rango	0.01	0.06
Sesgo Estandarizado	1.22474	0.6613
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de CCN51: 2.14333 +/- 0.0143422 [2.12899, 2.15768]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ICS6: 0.946667 +/- 0.0758917 [0.870775, 1.02256]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
 suponiendo varianzas iguales: 1.19667 +/- 0.0498389 [1.14683, 1.24651]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = 66.6646 valor-P = 3.03328E-7

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Desviaciones Estándar

	CCN51	ICS6
Desviación Estándar	0.0057735	0.0305505
Varianza	0.0000333333	0.000933333
Gl	2	2

Razón de Varianzas= 0.0357143

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de CCN51: [0.00300602, 0.0362849]

Desviación Estándar de ICS6: [0.0159064, 0.192002]

Razones de Varianzas: [0.000915751, 1.39286]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

F = 0.0357143 valor-P = 0.0689655

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 2.14

Mediana de muestra 2: 0.94

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 5.0

Rango Promedio de muestra 2: 2.0

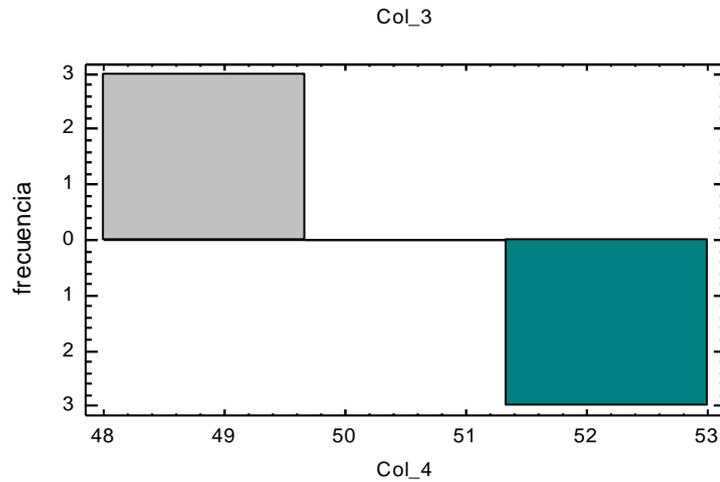
W = -4.5 valor-P = 0.0765221

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Grasa en BH)

CCN 51: tres valores en el rango de 49.01 a 49.58

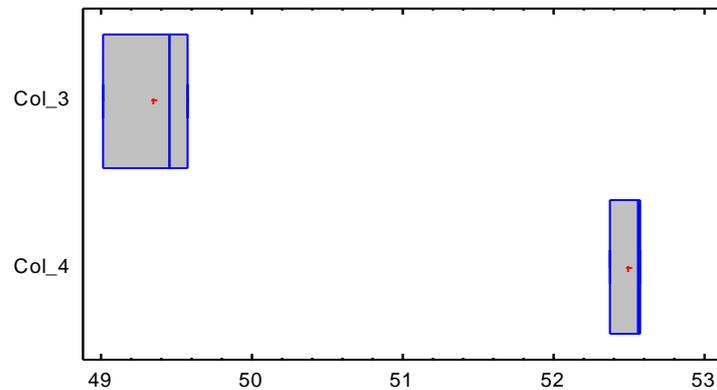
ICS 6: tres valores en el rango de 52.37 a 52.57



Resumen Estadístico

	Col_3	Col_4
Recuento	3	3
Promedio	49.3467	52.5
Desviación Estándar	0.298719	0.112694
Coefficiente de Variación	0.605349%	0.214656%
Mínimo	49.01	52.37
Máximo	49.58	52.57
Rango	0.57	0.2
Sesgo Estandarizado	-0.969001	-1.2139
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_3: 49.3467 +/- 0.74206 [48.6046, 50.0887]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_4: 52.5 +/- 0.279948 [52.2201, 52.7799]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: -3.15333 +/- 0.511785 [-3.66512, -2.64155]

Prueba t para comparar medias

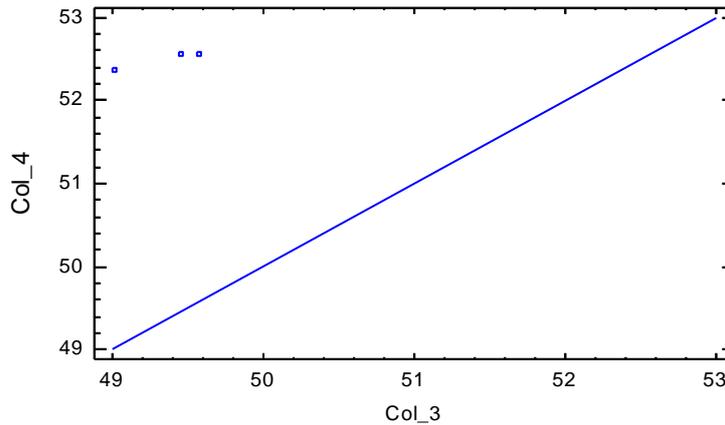
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -17.1069 valor-P = 0.00006849

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_3	Col_4
Desviación Estándar	0.298719	0.112694
Varianza	0.0892333	0.0127
Gl	2	2

Razón de Varianzas= 7.02625

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_3: [0.155531, 1.87737]

Desviación Estándar de Col_4: [0.0586752, 0.708254]

Razones de Varianzas: [0.18016, 274.024]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

F = 7.02625 valor-P = 0.249182

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 49.45

Mediana de muestra 2: 52.56

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $mediana_1 = mediana_2$

Hipótesis Alt.: $mediana_1 < mediana_2$

Rango Promedio de muestra 1: 2.0

Rango Promedio de muestra 2: 5.0

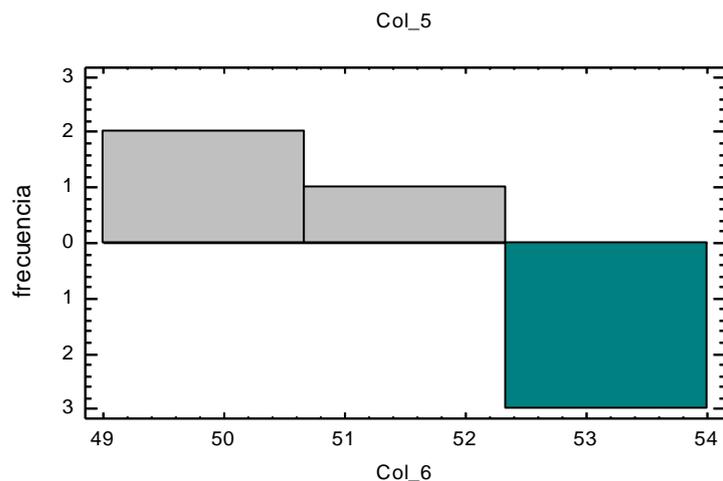
W = 4.5 valor-P = 0.0808552

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación - CCN 51 & ICS 6 (Grasa en BS)

CCN 51: tres valores en el rango de 50.09 a 50.67

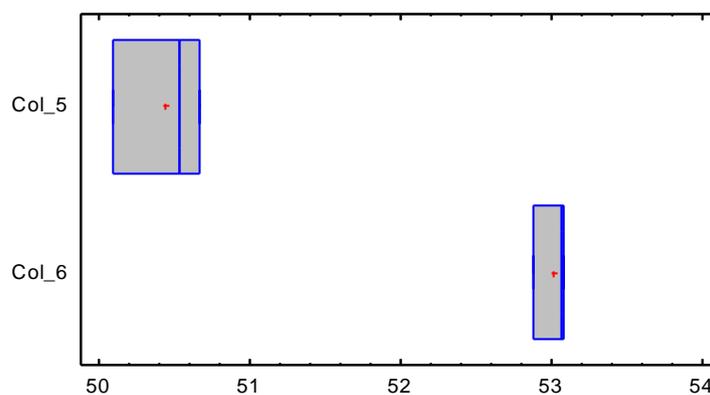
ICS 6: tres valores en el rango de 52.88 a 53.08



Resumen Estadístico

	Col_5	Col_6
Recuento	3	3
Promedio	50.4333	53.01
Desviación Estándar	0.304357	0.112694
Coefficiente de Variación	0.603484%	0.212591%
Mínimo	50.09	52.88
Máximo	50.67	53.08
Rango	0.58	0.2
Sesgo Estandarizado	-0.978202	-1.2139
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_5: 50.4333 +/- 0.756065 [49.6773, 51.1894]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_6: 53.01 +/- 0.279948 [52.7301, 53.2899]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: -2.57667 +/- 0.520251 [-3.09692, -2.05642]

Prueba t para comparar medias

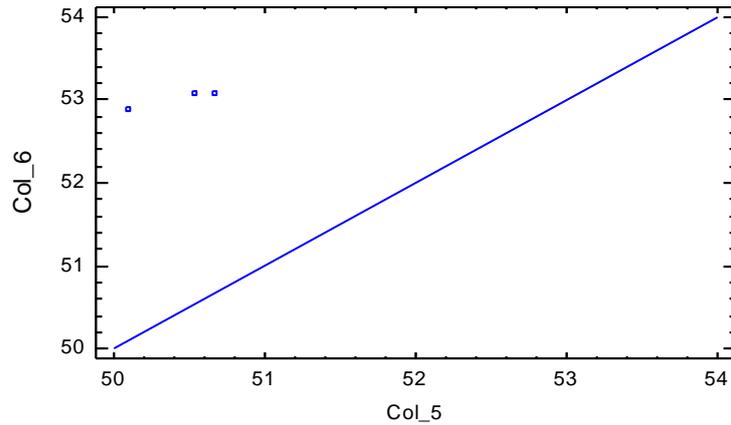
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -13.7511 valor-P = 0.000162048

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_5	Col_6
Desviación Estándar	0.304357	0.112694
Varianza	0.0926333	0.0127
Gl	2	2

Razón de Varianzas= 7.29396

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_5: [0.158466, 1.9128]

Desviación Estándar de Col_6: [0.0586752, 0.708254]

Razones de Varianzas: [0.187025, 284.465]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 7.29396 valor-P = 0.241139

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 50.54

Mediana de muestra 2: 53.07

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $mediana_1 = mediana_2$

Hipótesis Alt.: $mediana_1 \neq mediana_2$

Rango Promedio de muestra 1: 2.0

Rango Promedio de muestra 2: 5.0

W = 4.5 valor-P = 0.0808552

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Anexo 5. Datos de la composición de ácidos grasos de la manteca de cacao proveniente de los granos CCN 51 e ICS 6.

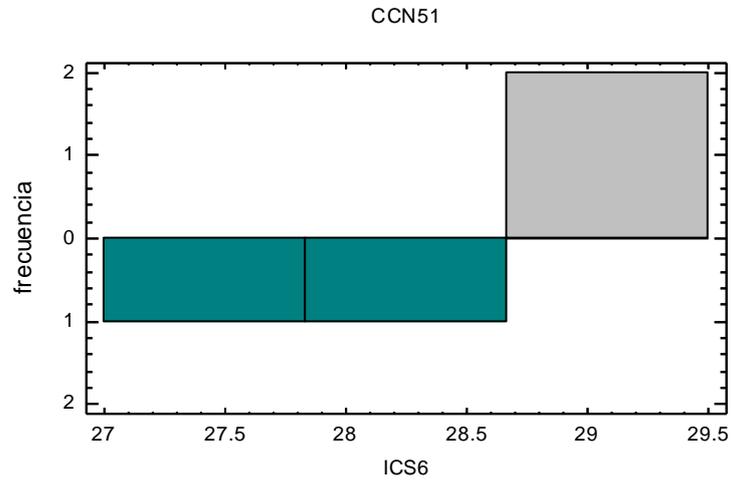
Ácido Graso	Replica	CCN 51	ICS 6
C16:0 ácido palmítico	1	29,4	27,8
C18:0 ácido esteárico	1	32,5	33,7
C18:1 n9c ácido oleico	1	32,3	32,8
C18:2 n6c ácido linoleico	1	3,0	3,3
C20:0 ácido araquídico	1	1,1	1,1
C18:3 n3 ácido linolénico	1	0,2	0,2
Saturado	1	63,6	63,2
Monoinsaturado	1	32,6	33,2
Poliinsaturado	1	3,7	3,6
Insaturado	1	36,3	36,8
Ratio AGS:AGI	1	1,8	1,7
Ratio n6:n3	1	15,0	16,5
C16:0 ácido palmítico	2	29,2	28,2
C18:0 ácido esteárico	2	33,0	34,1
C18:1 n9c ácido oleico	2	32,3	32,3
C18:2 n6c ácido linoleico	2	2,9	2,9
C20:0 ácido araquídico	2	1,1	1,2
C18:3 n3 ácido linolénico	2	0,2	0,2
Saturado	2	64,0	64,1
Monoinsaturado	2	32,5	32,6
Poliinsaturado	2	3,1	3,0
Insaturado	2	35,6	35,6
Ratio AGS:AGI	2	1,8	1,8
Ratio n6:n3	2	14,5	14,5

Anexo 6. Resultados estadísticos de la composición de ácidos grasos de manteca de cacao de los granos CCN 51 e ICS 6.

Comparación - CCN51 & ICS6 (Palmítico)

CCN 51: dos valores en el rango de 29.2 a 29.4

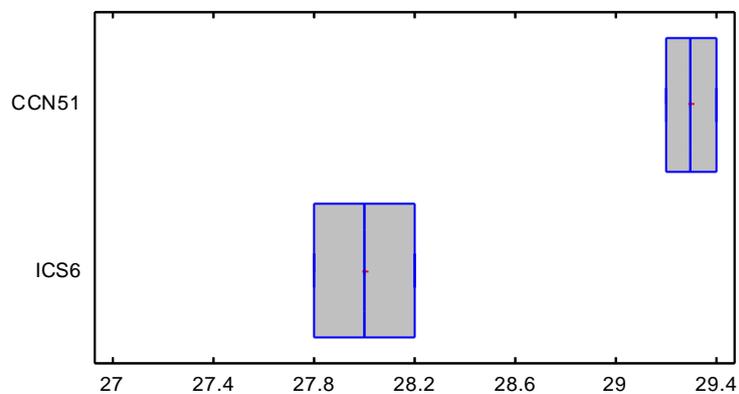
ICS 6: dos valores en el rango de 27.8 a 28.2



Resumen Estadístico

	<i>CCN51</i>	<i>ICS6</i>
Recuento	2	2
Promedio	29.3	28.0
Desviación Estándar	0.141421	0.282843
Coefficiente de Variación	0.482667%	1.01015%
Mínimo	29.2	27.8
Máximo	29.4	28.2
Rango	0.2	0.4
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de CCN51: 29.3 +/- 1.27062 [28.0294, 30.5706]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ICS6: 28.0 +/- 2.54124 [25.4588, 30.5412]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: 1.3 +/- 0.962102 [0.337898, 2.2621]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = 5.81378 valor-P = 0.0283344

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Desviaciones Estándar

	CCN51	ICS6
Desviación Estándar	0.141421	0.282843
Varianza	0.02	0.08
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.25

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de CCN51: [0.0630963, 4.51278]

Desviación Estándar de ICS6: [0.126193, 9.02556]

Razones de Varianzas: [0.000385928, 161.947]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

F = 0.25 valor-P = 0.590334

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 29.3

Mediana de muestra 2: 28.0

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 3.5

Rango Promedio de muestra 2: 1.5

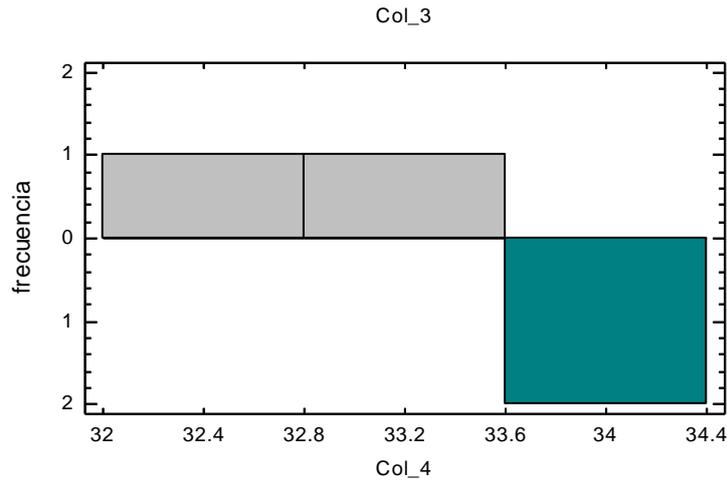
W = -2.0 valor-P = 0.245277

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Esteárico)

CCN 51: dos valores en el rango de 32.5 a 33.0

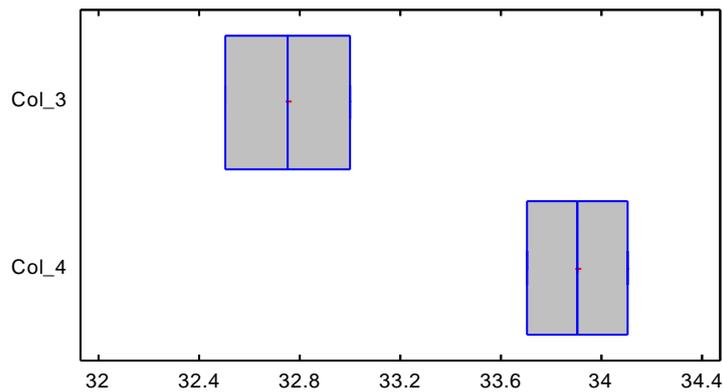
ICS 6: dos valores en el rango de 33.7 a 34.1



Resumen Estadístico

	Col_3	Col_4
Recuento	2	2
Promedio	32.75	33.9
Desviación Estándar	0.353553	0.282843
Coefficiente de Variación	1.07955%	0.834344%
Mínimo	32.5	33.7
Máximo	33.0	34.1
Rango	0.5	0.4
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_3: 32.75 +/- 3.17655 [29.5734, 35.9266]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_4: 33.9 +/- 2.54124 [31.3588, 36.4412]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: -1.15 +/- 1.37752 [-2.52752, 0.227521]

Prueba t para comparar medias

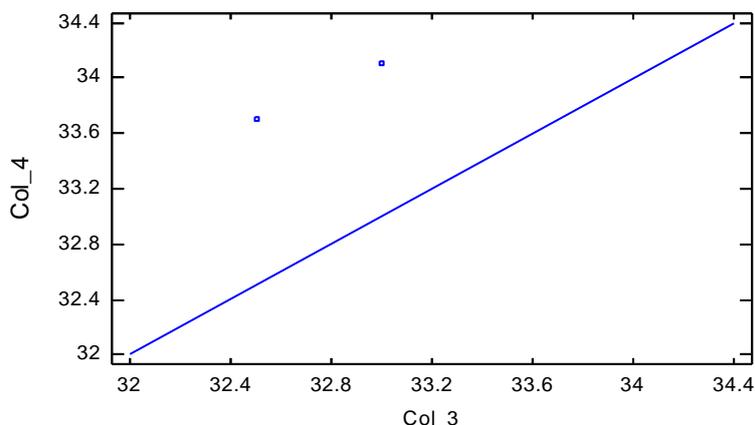
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -3.592 valor-P = 0.0695196

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_3	Col_4
Desviación Estándar	0.353553	0.282843
Varianza	0.125	0.08
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 1.5625

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_3: [0.157741, 11.2819]

Desviación Estándar de Col_4: [0.126193, 9.02556]

Razones de Varianzas: [0.00241205, 1012.17]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

F = 1.5625 valor-P = 0.859106

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 32.75

Mediana de muestra 2: 33.9

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $mediana_1 = mediana_2$

Hipótesis Alt.: $mediana_1 < mediana_2$

Rango Promedio de muestra 1: 1.5

Rango Promedio de muestra 2: 3.5

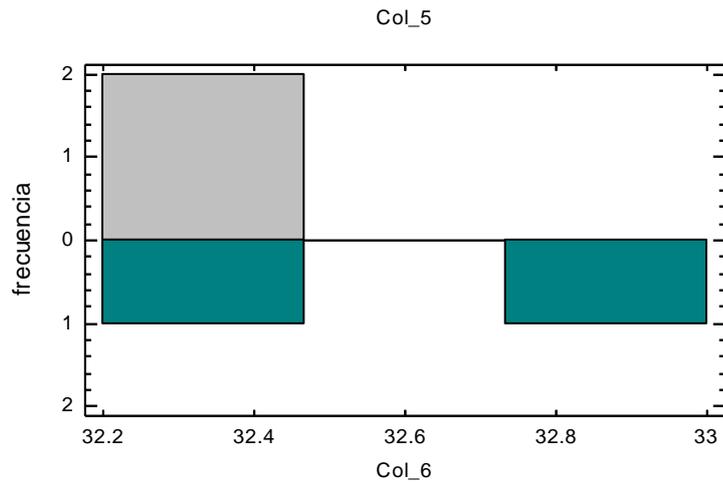
W = 2.0 valor-P = 0.245277

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación - CCN 51 & ICS 6 (Oleico)

CCN 51: dos valores en el rango de 32.3 a 32.3

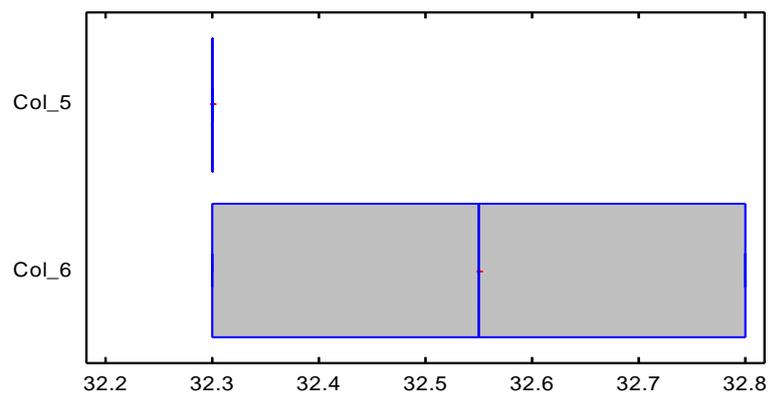
ICS 6: dos valores en el rango de 32.3 a 32.8



Resumen Estadístico

	Col_5	Col_6
Recuento	2	2
Promedio	32.3	32.55
Desviación Estándar	0.0	0.353553
Coefficiente de Variación	0.0%	1.08619%
Mínimo	32.3	32.3
Máximo	32.3	32.8
Rango	0.0	0.5
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_5: 32.3 +/- 0.0 [32.3, 32.3]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_6: 32.55 +/- 3.17655 [29.3734, 35.7266]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: -0.25 +/- 1.07566 [-1.32566, 0.825663]

Prueba t para comparar medias

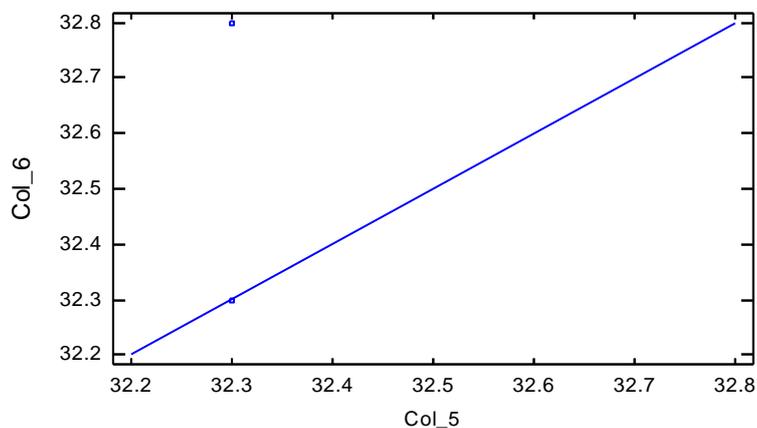
Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.: $\mu_1 < \mu_2$

suponiendo varianzas iguales: $t = -1.0$ valor-P = 0.42265

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_5	Col_6
Desviación Estándar	0.0	0.353553
Varianza	0.0	0.125
Gl	1	1

Razón de Varianzas = 0.0

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_5: [0.0, 0.0]

Desviación Estándar de Col_6: [0.157741, 11.2819]

Razones de Varianzas: [0.0, 0.0]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

$F = 0.0$ valor-P = 0.0

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 32.3

Mediana de muestra 2: 32.55

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.: $\mu_1 < \mu_2$

Rango Promedio de muestra 1: 2.0

Rango Promedio de muestra 2: 3.0

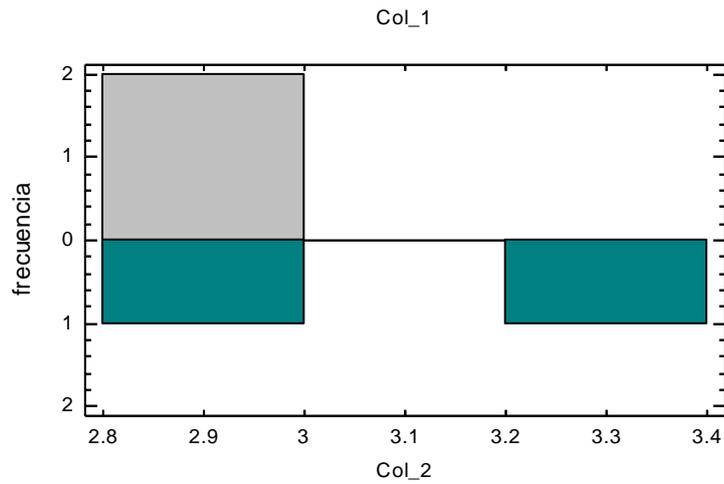
$W = 1.0$ valor-P = 0.617072

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Linoleico)

CCN 51: dos valores en el rango de 2.9 a 3.0

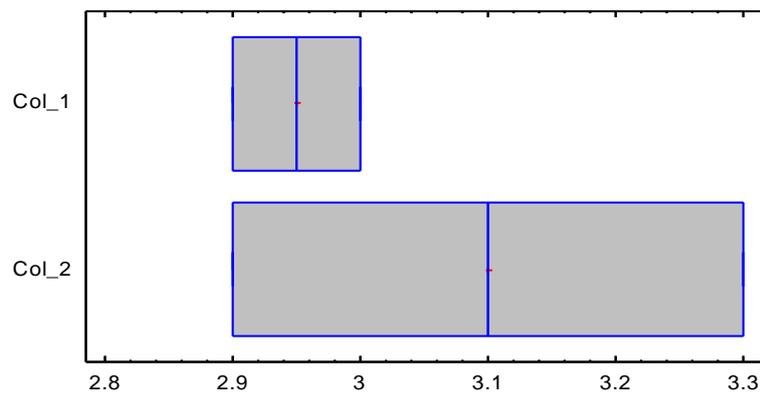
ICS 6: dos valores en el rango de 2.9 a 3.3



Resumen Estadístico

	Col_1	Col_2
Recuento	2	2
Promedio	2.95	3.1
Desviación Estándar	0.0707107	0.282843
Coefficiente de Variación	2.39697%	9.12396%
Mínimo	2.9	2.9
Máximo	3.0	3.3
Rango	0.1	0.4
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_1: 2.95 +/- 0.63531 [2.31469, 3.58531]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_2: 3.1 +/- 2.54124 [0.558759, 5.64124]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: -0.15 +/- 0.887015 [-1.03701, 0.737015]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -0.727607 valor-P = 0.542504

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_1	Col_2
Desviación Estándar	0.0707107	0.282843
Varianza	0.005	0.08
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.0625

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_1: [0.0315481, 2.25639]

Desviación Estándar de Col_2: [0.126193, 9.02556]

Razones de Varianzas: [0.000096482, 40.4868]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

F = 0.0625 valor-P = 0.311916

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 2.95

Mediana de muestra 2: 3.1

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 2.25

Rango Promedio de muestra 2: 2.75

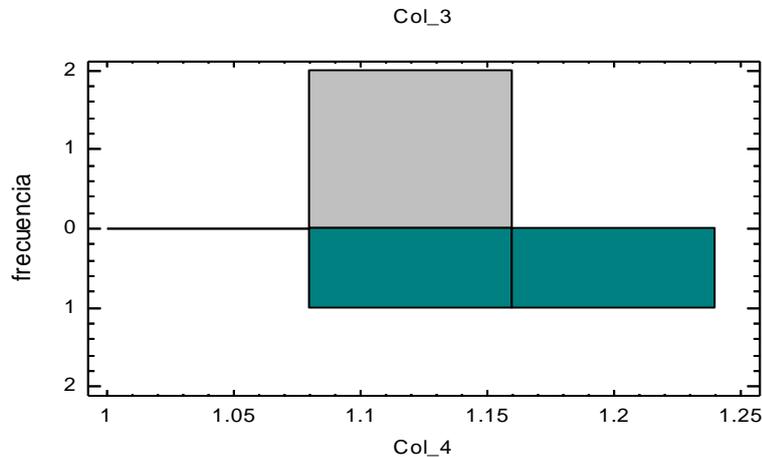
W = 0.5 valor-P = 1.0

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Araquidico)

CCN 51: dos valores en el rango de 1.1 a 1.1

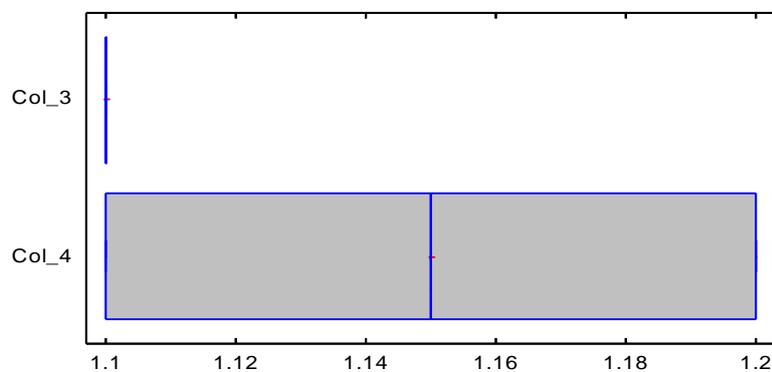
ICS 6: dos valores en el rango de 1.1 a 1.2



Resumen Estadístico

	Col_3	Col_4
Recuento	2	2
Promedio	1.1	1.15
Desviación Estándar	0.0	0.0707107
Coefficiente de Variación	0.0%	6.14875%
Mínimo	1.1	1.1
Máximo	1.1	1.2
Rango	0.0	0.1
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_3: 1.1 +/- 0.0 [1.1, 1.1]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_4: 1.15 +/- 0.63531 [0.51469, 1.78531]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: -0.05 +/- 0.215133 [-0.265133, 0.165133]

Prueba t para comparar medias

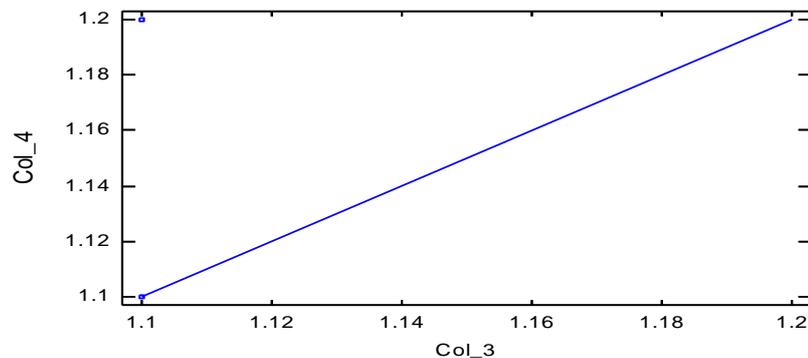
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -1.0 valor-P = 0.42265

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_3	Col_4
Desviación Estándar	0.0	0.0707107
Varianza	0.0	0.005
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.0

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_3: [0.0, 0.0]

Desviación Estándar de Col_4: [0.0315481, 2.25639]

Razones de Varianzas: [0.0, 0.0]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

F = 0.0 valor-P = 0.0

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 1.1

Mediana de muestra 2: 1.15

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $\text{mediana}_1 = \text{mediana}_2$

Hipótesis Alt.: $\text{mediana}_1 < \text{mediana}_2$

Rango Promedio de muestra 1: 2.0

Rango Promedio de muestra 2: 3.0

W = 1.0 valor-P = 0.617072

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

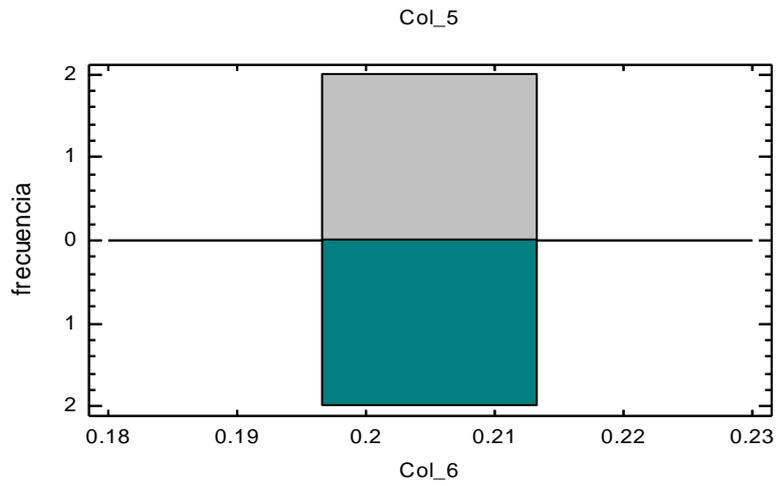
Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Linolénico)

CCN 51: dos valores en el rango de 0.2 a 0.2

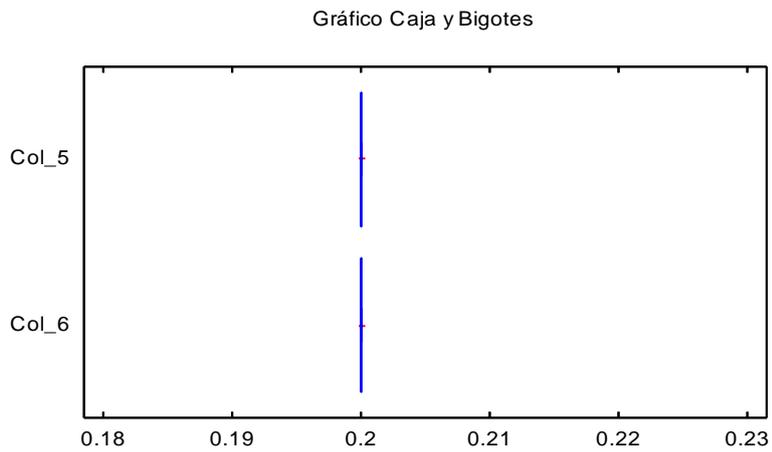
ICS 6: dos valores en el rango de 0.2 a 0.2

Resumen Estadístico

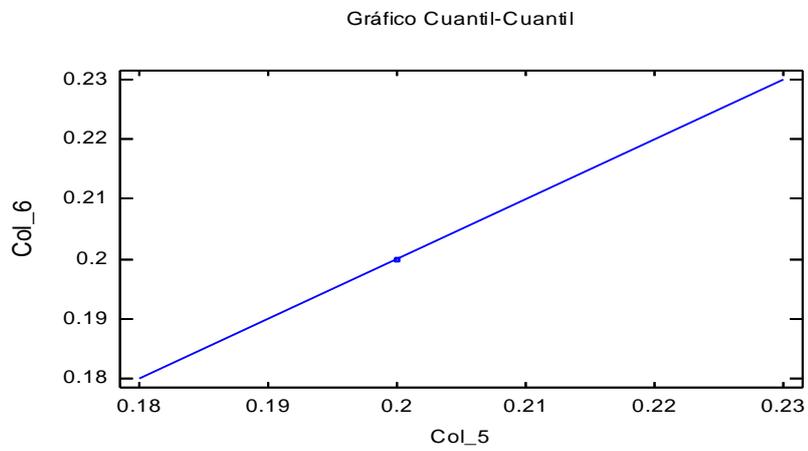
	Col_5	Col_6
Recuento	2	2
Promedio	0.2	0.2
Desviación Estándar	0.0	0.0
Coefficiente de Variación	0.0%	0.0%
Mínimo	0.2	0.2
Máximo	0.2	0.2
Rango	0.0	0.0
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		



No se puede efectuar el análisis. Los valores son todos iguales.



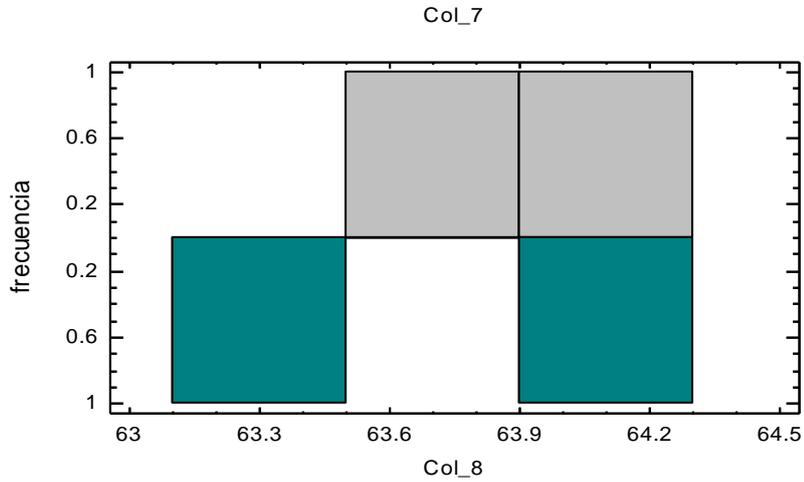
No se puede efectuar el análisis. Los valores son todos iguales.



Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Saturados)

CCN 51: dos valores en el rango de 63.6 a 64.0

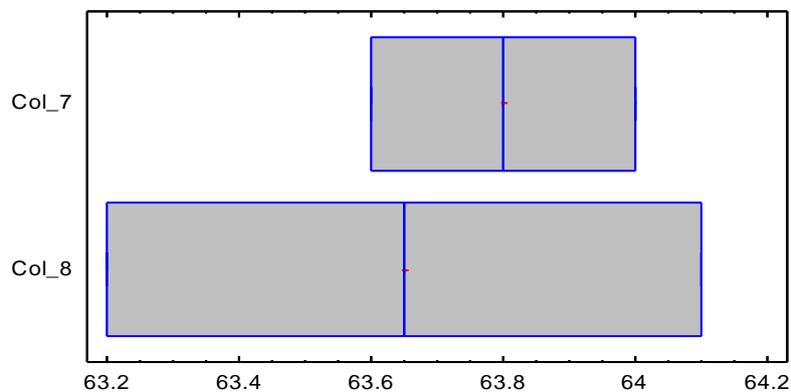
ICS 6: dos valores en el rango de 63.2 a 64.1



Resumen Estadístico

	<i>Col_7</i>	<i>Col_8</i>
Recuento	2	2
Promedio	63.8	63.65
Desviación Estándar	0.282843	0.636396
Coefficiente de Variación	0.443327%	0.999837%
Mínimo	63.6	63.2
Máximo	64.0	64.1
Rango	0.4	0.9
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_7: 63.8 +/- 2.54124 [61.2588, 66.3412]
Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_8: 63.65 +/- 5.71779 [57.9322, 69.3678]
Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: 0.15 +/- 2.11881 [-1.96881, 2.26881]

Prueba t para comparar medias

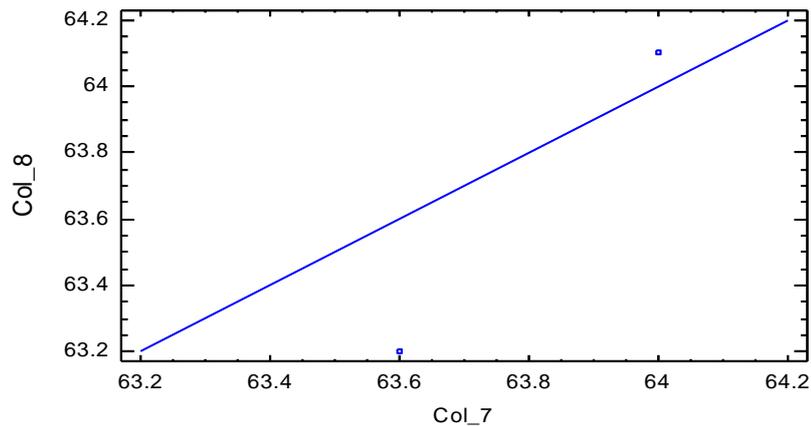
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = 0.304604 valor-P = 0.789441

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_7	Col_8
Desviación Estándar	0.282843	0.636396
Varianza	0.08	0.405
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.197531

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_7: [0.126193, 9.02556]

Desviación Estándar de Col_8: [0.283933, 20.3075]

Razones de Varianzas: [0.000304931, 127.958]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

F = 0.197531 valor-P = 0.5325

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 63.8

Mediana de muestra 2: 63.65

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 2.5

Rango Promedio de muestra 2: 2.5

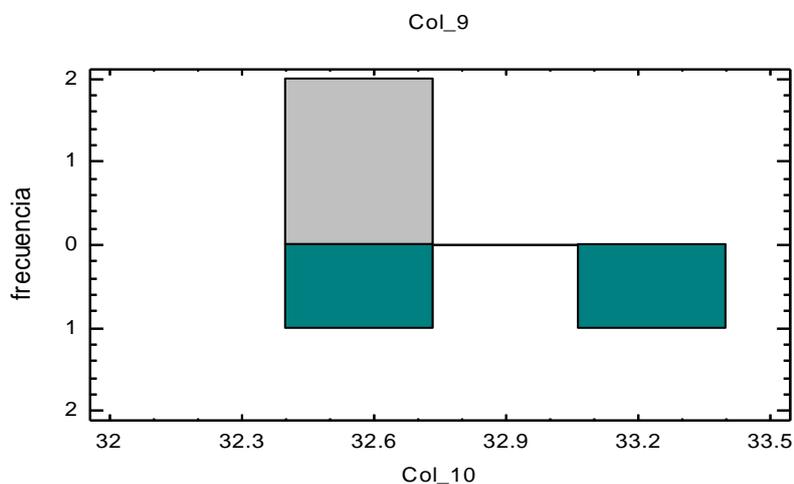
W = 0.0 valor-P = 0.698532

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Monoinsaturados)

CCN 51: dos valores en el rango de 32.5 a 32.6

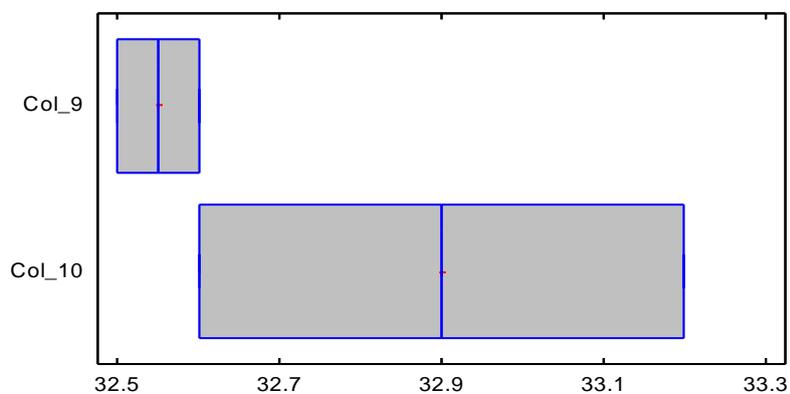
ICS 6: dos valores en el rango de 32.6 a 33.2



Resumen Estadístico

	<i>Col_9</i>	<i>Col_10</i>
Recuento	2	2
Promedio	32.55	32.9
Desviación Estándar	0.0707107	0.424264
Coefficiente de Variación	0.217237%	1.28956%
Mínimo	32.5	32.6
Máximo	32.6	33.2
Rango	0.1	0.6
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_9: 32.55 +/- 0.63531 [31.9147, 33.1853]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_10: 32.9 +/- 3.81186 [29.0881, 36.7119]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: -0.35 +/- 1.3086 [-1.6586, 0.958601]

Prueba t para comparar medias

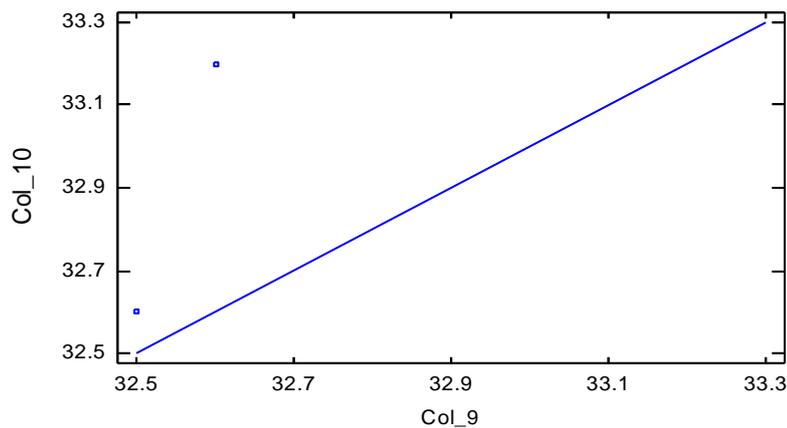
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = -1.15079 valor-P = 0.368831

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_9	Col_10
Desviación Estándar	0.0707107	0.424264
Varianza	0.005	0.18
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.0277778

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_9: [0.0315481, 2.25639]

Desviación Estándar de Col_10: [0.189289, 13.5383]

Razones de Varianzas: [0.0000428809, 17.9941]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

F = 0.0277778 valor-P = 0.210274

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 32.55

Mediana de muestra 2: 32.9

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 1.75

Rango Promedio de muestra 2: 3.25

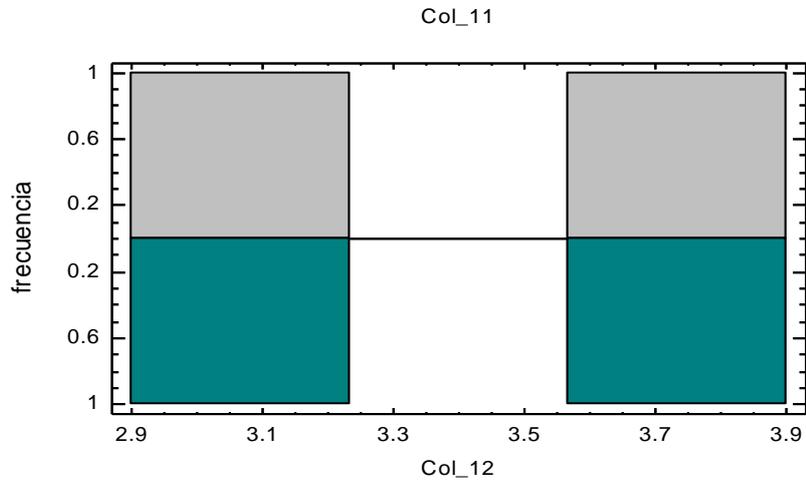
W = 1.5 valor-P = 0.414214

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Poliinsaturados)

CCN 51: dos valores en el rango de 3.1 a 3.7

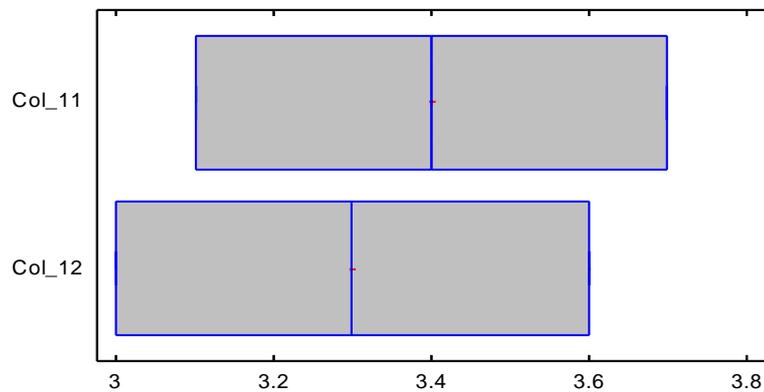
ICS 6: dos valores en el rango de 3.0 a 3.6



Resumen Estadístico

	<i>Col_11</i>	<i>Col_12</i>
Recuento	2	2
Promedio	3.4	3.3
Desviación Estándar	0.424264	0.424264
Coefficiente de Variación	12.4784%	12.8565%
Mínimo	3.1	3.0
Máximo	3.7	3.6
Rango	0.6	0.6
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_11: 3.4 +/- 3.81186 [-0.411861, 7.21186]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_12: 3.3 +/- 3.81186 [-0.511861, 7.11186]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: 0.1 +/- 1.82546 [-1.72546, 1.92546]

Prueba t para comparar medias

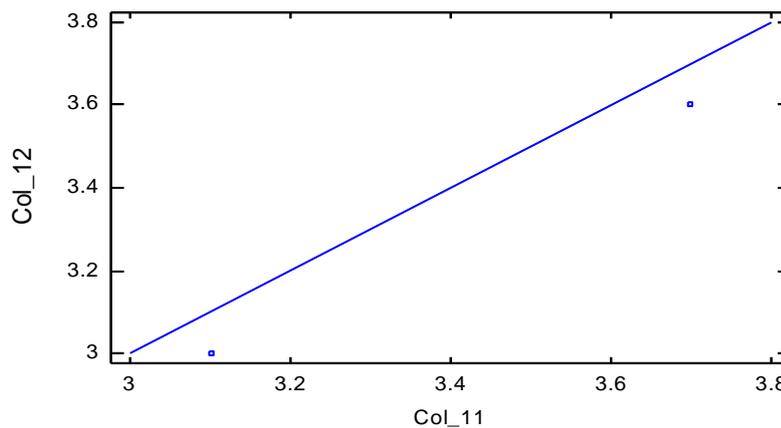
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 <> media2

suponiendo varianzas iguales: t = 0.235702 valor-P = 0.835601

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_11	Col_12
Desviación Estándar	0.424264	0.424264
Varianza	0.18	0.18
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 1.0

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_11: [0.189289, 13.5383]

Desviación Estándar de Col_12: [0.189289, 13.5383]

Razones de Varianzas: [0.00154371, 647.789]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: sigma1 = sigma2

Hipótesis Alt.: sigma1 <> sigma2

F = 1.0 valor-P = 0.999999

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 3.4

Mediana de muestra 2: 3.3

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 3.0

Rango Promedio de muestra 2: 2.0

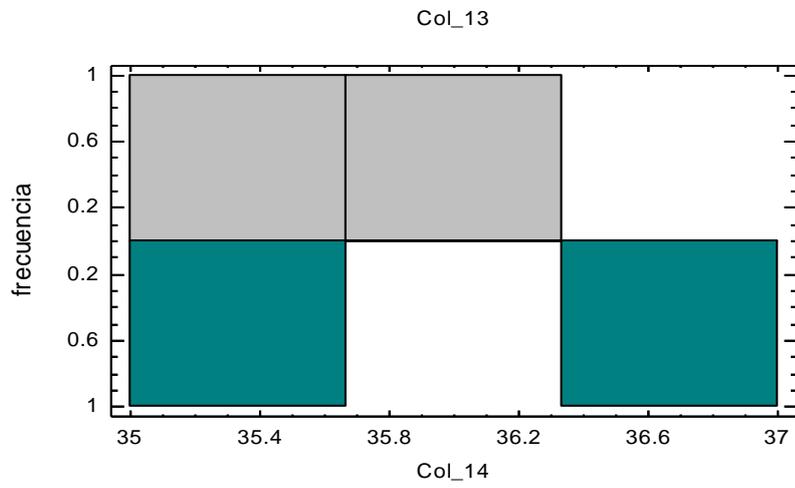
W = -1.0 valor-P = 0.698532

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (Insaturados)

CCN 51: dos valores en el rango de 35.6 a 36.3

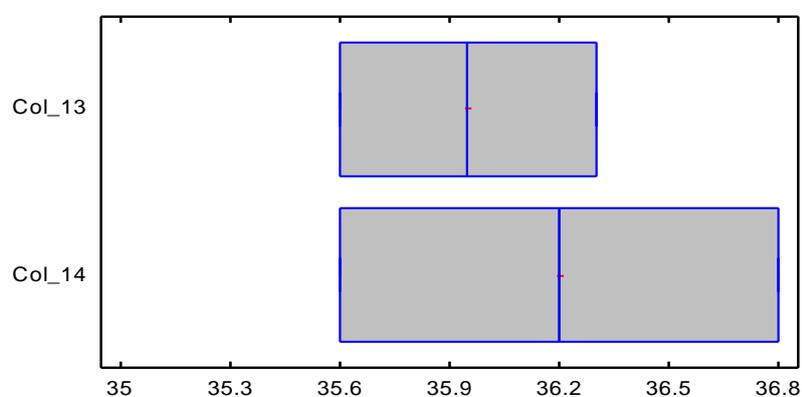
ICS 6: dos valores en el rango de 35.6 a 36.8



Resumen Estadístico

	Col_13	Col_14
Recuento	2	2
Promedio	35.95	36.2
Desviación Estándar	0.494975	0.848528
Coefficiente de Variación	1.37684%	2.344%
Mínimo	35.6	35.6
Máximo	36.3	36.8
Rango	0.7	1.2
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_13: 35.95 +/- 4.44717 [31.5028, 40.3972]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_14: 36.2 +/- 7.62372 [28.5763, 43.8237]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: -0.25 +/- 2.98872 [-3.23872, 2.73872]

Prueba t para comparar medias

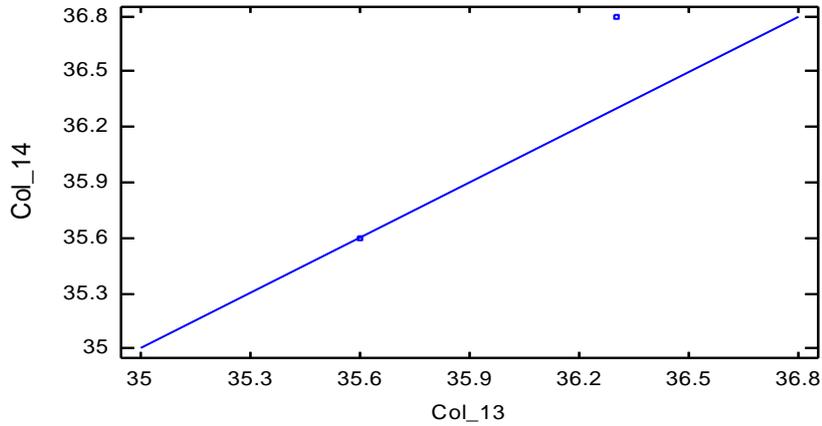
Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 < media2

suponiendo varianzas iguales: t = -0.359908 valor-P = 0.753368

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>Col_13</i>	<i>Col_14</i>
Desviación Estándar	0.494975	0.848528
Varianza	0.245	0.72
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.340278

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_13: [0.220837, 15.7947]

Desviación Estándar de Col_14: [0.378578, 27.0767]

Razones de Varianzas: [0.000525291, 220.428]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

F = 0.340278 valor-P = 0.672365

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 35.95

Mediana de muestra 2: 36.2

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $mediana_1 = mediana_2$

Hipótesis Alt.: $mediana_1 < mediana_2$

Rango Promedio de muestra 1: 2.25

Rango Promedio de muestra 2: 2.75

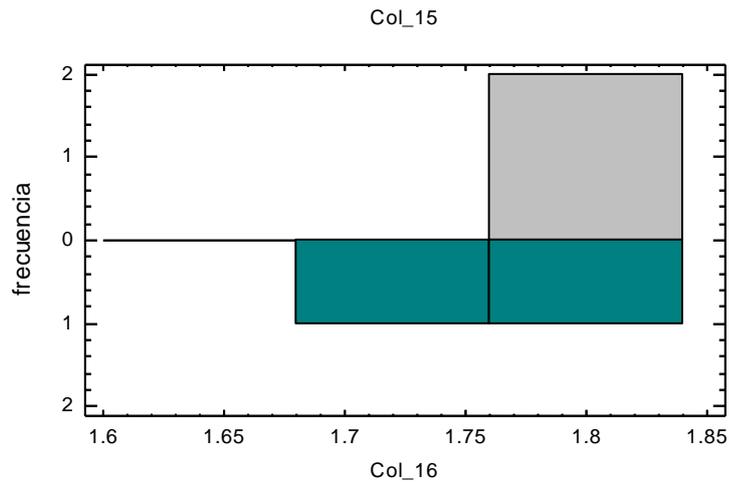
W = 0.5 valor-P = 1.0

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (AGI: AGS)

CCN 51: dos valores en el rango de 1.8 a 1.8

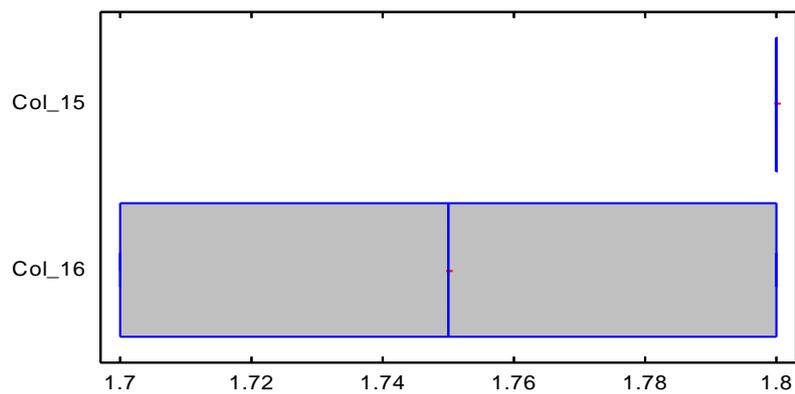
ICS 6: dos valores en el rango de 1.7 a 1.8



Resumen Estadístico

	Col_15	Col_16
Recuento	2	2
Promedio	1.8	1.75
Desviación Estándar	0.0	0.0707107
Coefficiente de Variación	0.0%	4.04061%
Mínimo	1.8	1.7
Máximo	1.8	1.8
Rango	0.0	0.1
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_15: 1.8 +/- 0.0 [1.8, 1.8]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_16: 1.75 +/- 0.63531 [1.11469, 2.38531]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

suponiendo varianzas iguales: 0.05 +/- 0.215133 [-0.165133, 0.265133]

Prueba t para comparar medias

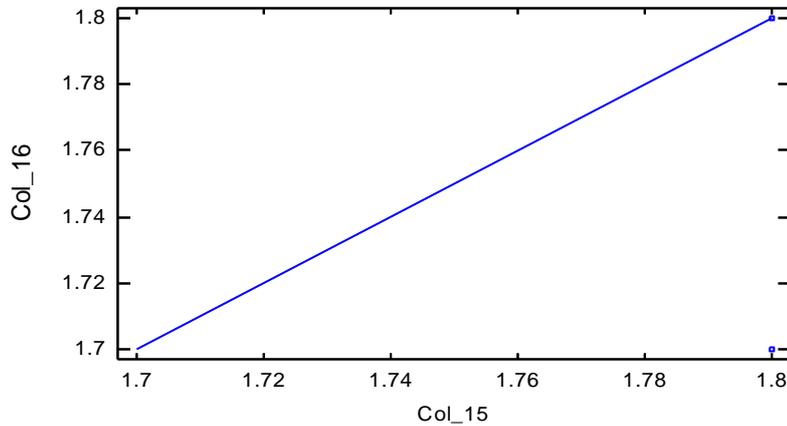
Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.: $\mu_1 < \mu_2$

suponiendo varianzas iguales: $t = 1.0$ valor-P = 0.42265

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_15	Col_16
Desviación Estándar	0.0	0.0707107
Varianza	0.0	0.005
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.0

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_15: [0.0, 0.0]

Desviación Estándar de Col_16: [0.0315481, 2.25639]

Razones de Varianzas: [0.0, 0.0]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

F = 0.0 valor-P = 0.0

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 1.8

Mediana de muestra 2: 1.75

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.: $\mu_1 < \mu_2$

Rango Promedio de muestra 1: 3.0

Rango Promedio de muestra 2: 2.0

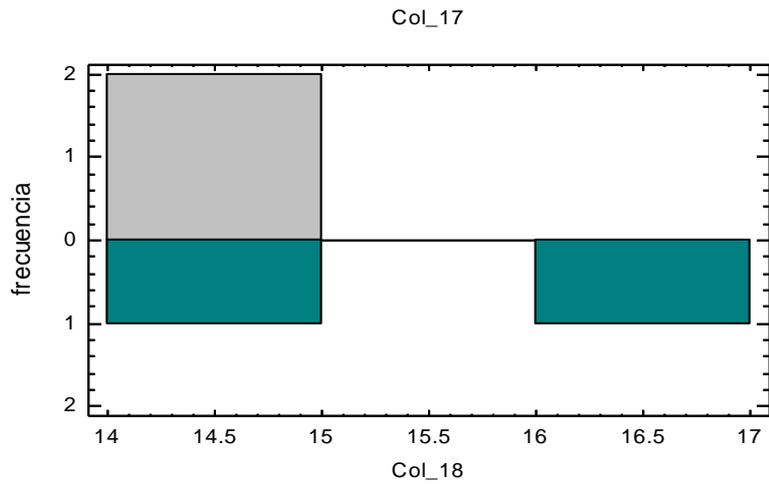
W = -1.0 valor-P = 0.617072

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación – CCN 51 & ICS 6 (n6:n3)

CCN 51: dos valores en el rango de 14.5 a 15.0

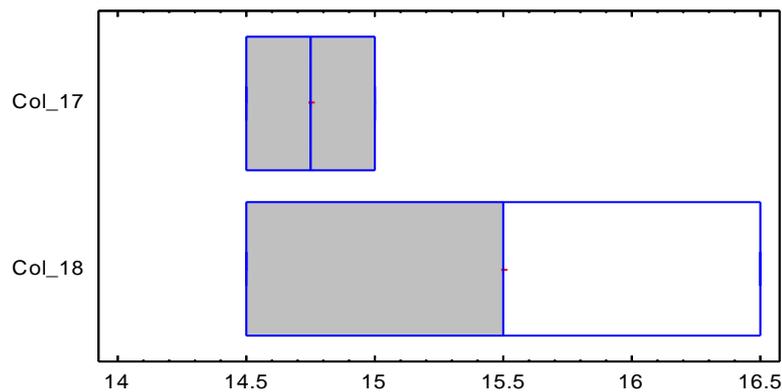
ICS 6: dos valores en el rango de 14.5 a 16.5



Resumen Estadístico

	<i>Col_17</i>	<i>Col_18</i>
Recuento	2	2
Promedio	14.75	15.5
Desviación Estándar	0.353553	1.41421
Coefficiente de Variación	2.39697%	9.12396%
Mínimo	14.5	14.5
Máximo	15.0	16.5
Rango	0.5	2.0
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Gráfico Caja y Bigotes



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_17: 14.75 +/- 3.17655 [11.5734, 17.9266]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Col_18: 15.5 +/- 12.7062 [2.7938, 28.2062]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias

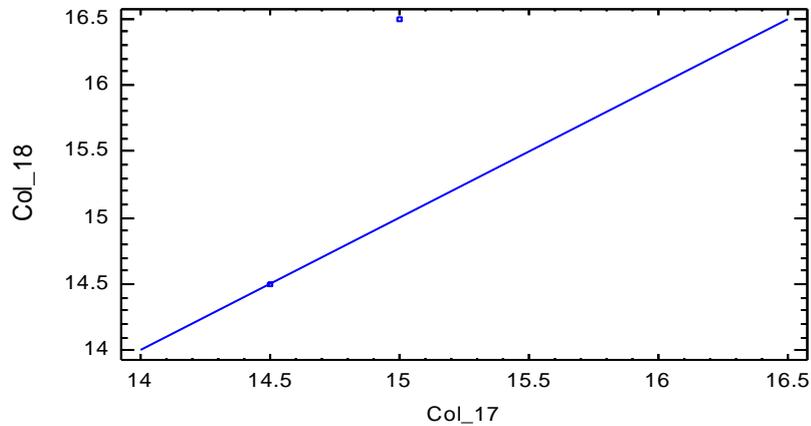
suponiendo varianzas iguales: -0.75 +/- 4.43507 [-5.18507, 3.68507]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: $\mu_1 < \mu_2$
 suponiendo varianzas iguales: $t = -0.727607$ valor-P = 0.542504
 No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Gráfico Cuantil-Cuantil



Comparación de Desviaciones Estándar

	Col_17	Col_18
Desviación Estándar	0.353553	1.41421
Varianza	0.125	2.0
Gl	1	1

Razón de Varianzas= 0.0625

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de Col_17: [0.157741, 11.2819]
 Desviación Estándar de Col_18: [0.630963, 45.1278]
 Razones de Varianzas: [0.000096482, 40.4868]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$
 Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$
 $F = 0.0625$ valor-P = 0.311916
 No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 14.75
 Mediana de muestra 2: 15.5

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: $\mu_1 = \mu_2$
 Hipótesis Alt.: $\mu_1 < \mu_2$

Rango Promedio de muestra 1: 2.25
 Rango Promedio de muestra 2: 2.75

$W = 0.5$ valor-P = 1.0
 No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Anexo 7. Datos del contenido de sólidos grasos de la manteca de cacao proveniente de los granos CCN 51 e ICS 6.

Temperatura (°C)	Replica	CCN 51	ICS 6
0	1	91,10	88,74
5	1	88,41	88,27
10	1	86,00	85,84
15	1	80,14	77,05
20	1	75,34	75,65
25	1	66,71	67,85
30	1	46,32	49,37
35	1	2,31	2,33
40	1	1,49	1,8
0	2	89,56	89,08
5	2	88,42	88,2
10	2	86,14	85,08
15	2	79,61	79,08
20	2	75,8	75,26
25	2	67,36	67,51
30	2	47,87	50,34
35	2	2,06	2,03
40	2	1,62	1,63
0	3	89,24	89,52
5	3	88,24	88,50
10	3	85,86	85,49
15	3	79,28	79,67
20	3	75,15	75,29
25	3	66,86	67,45
30	3	45,74	49,8
35	3	1,55	1,88
40	3	1,13	1,65

Anexo 8. Resultados estadísticos del contenido de sólidos grasos a diferentes temperaturas de la manteca de cacao proveniente de los granos CCN 51 e ICS 6

Regresión Simple - CSG CCN51 vs. Temperatura C

Variable dependiente: CSG CCN51
 Variable independiente: Temperatura C
 Cuadrado Doble: $Y = \sqrt{a + b \cdot X^2}$

Coefficientes

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	7813.07	162.298	48.1404	0.0000
Pendiente	-5.55165	0.207943	-26.698	0.0000

Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2.39709E8	1	2.39709E8	712.78	0.0000
Residuo	8.40752E6	25	336301.		
Total (Corr.)	2.48117E8	26			

Coefficiente de Correlación = -0.982911
 R-cuadrada = 96.6115 por ciento
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96.4759 por ciento
 Error estándar del est. = 579.914
 Error absoluto medio = 414.208
 Estadístico Durbin-Watson = 0.646119 (P=0.0000)
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0.59469

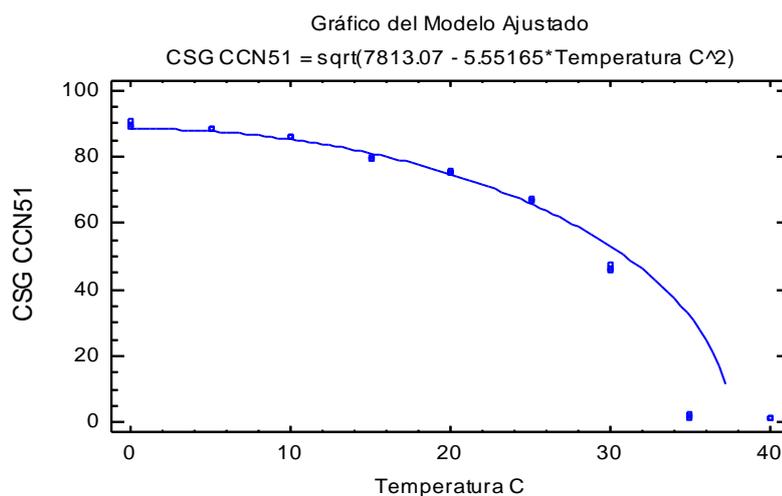
La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{CSG CCN51} = \sqrt{7813.07 - 5.55165 \cdot \text{Temperatura C}^2}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre CSG CCN51 y Temperatura C con un nivel de confianza del 95.0%.

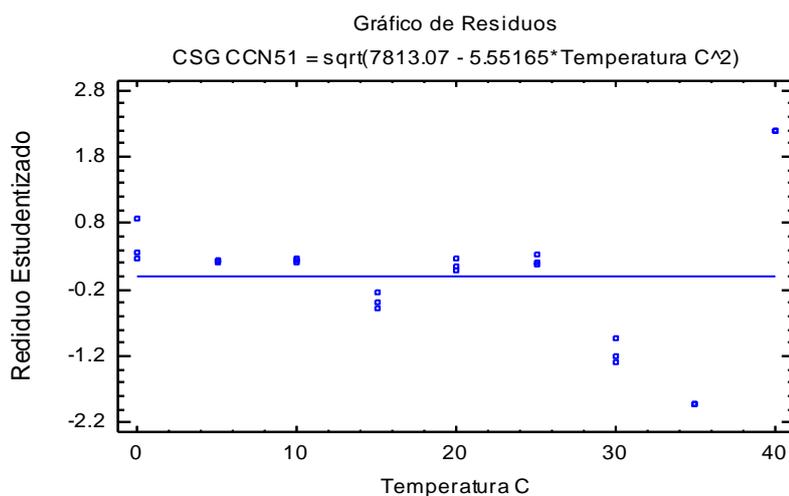
El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 96.6115% de la variabilidad en CSG CCN51. El coeficiente de correlación es igual a -0.982911, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 579.914. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 414.208 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95.0%. Grafique los residuos versus el número de fila para ver si hay algún patrón que pueda detectarse.



Comparación de Modelos Alternos

Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Cuadrado Doble	-0.9829	96.61%
Cuadrado de X	-0.9708	94.25%
Cuadrado de Y	-0.9665	93.40%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	-0.9407	88.50%
Lineal	-0.9085	82.53%
Log-Y Cuadrado-X	-0.9011	81.19%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	-0.8690	75.52%
Raíz Cuadrada de Y	-0.8537	72.89%
Inversa-Y Cuadrado-X	0.8487	72.03%
Exponencial	-0.7937	63.00%
Raíz Cuadrada de X	-0.7852	61.65%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	-0.6533	42.68%
Inversa de Y	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada Doble	<sin ajuste>	
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	<sin ajuste>	
Logaritmo de X	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada-Y Log-X	<sin ajuste>	
Multiplicativa	<sin ajuste>	
Inversa-Y Log-X	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Log-X	<sin ajuste>	
Inversa de X	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	<sin ajuste>	
Curva S	<sin ajuste>	
Doble Inverso	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Inversa de X	<sin ajuste>	
Logístico	<sin ajuste>	
Log probit	<sin ajuste>	



Residuos Atípicos

			Predicciones		Residuos
Fila	X	Y	Y	Residuos	Studentizados
25	40.0	1.49		32769.5	2.18
26	40.0	1.62		32769.6	2.18
27	40.0	1.13		32769.1	2.18

Regresión Simple - CSG ICS6 vs. Temperatura C

Variable dependiente: CSG ICS6

Variable independiente: Temperatura C

Cuadrado Doble: $Y = \sqrt{a + b \cdot X^2}$

Coefficientes

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	7744.16	154.06	50.2672	0.0000
Pendiente	-5.4361	0.197388	-27.5402	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2.29835E8	1	2.29835E8	758.46	0.0000
Residuo	7.5757E6	25	303028.		
Total (Corr.)	2.3741E8	26			

Coefficiente de Correlación = -0.983916

R-cuadrada = 96.809 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96.6814 por ciento

Error estándar del est. = 550.48

Error absoluto medio = 397.82

Estadístico Durbin-Watson = 0.768243 (P=0.0001)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0.55439

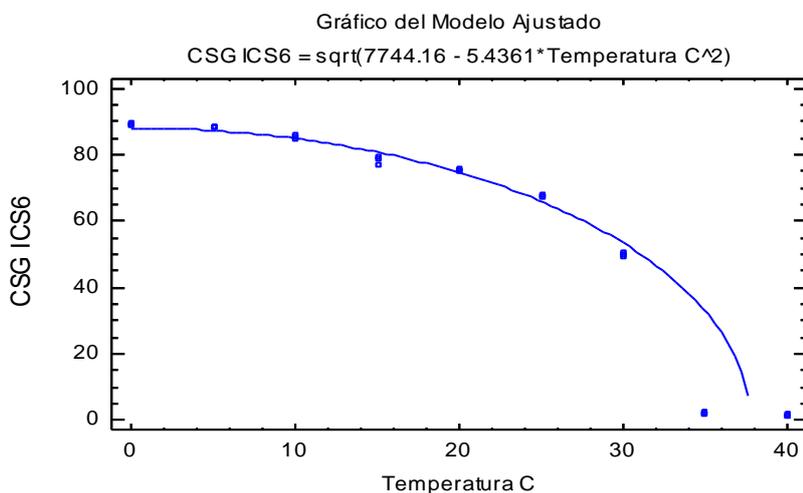
La ecuación del modelo ajustado es

$$CSG\ ICS6 = \sqrt{7744.16 - 5.4361 \cdot Temperatura\ C^2}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre CSG ICS6 y Temperatura C con un nivel de confianza del 95.0%.

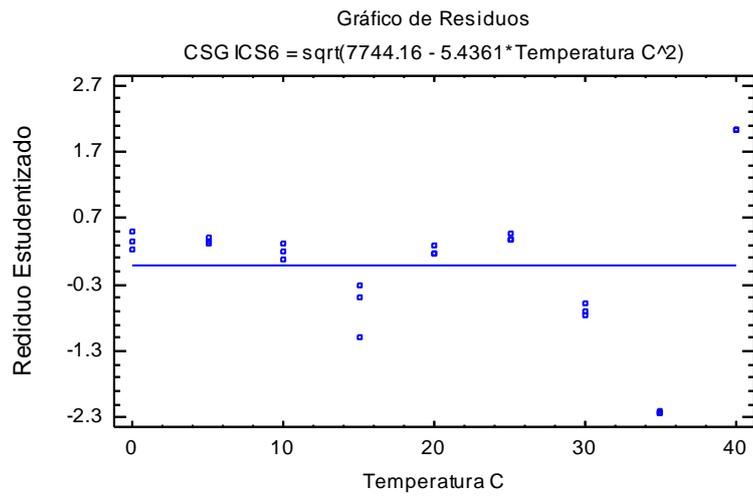
El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 96.809% de la variabilidad en CSG ICS6. El coeficiente de correlación es igual a -0.983916, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 550.48. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 397.82 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95.0%. Grafique los residuos versus el número de fila para ver si hay algún patrón que pueda detectarse.



Comparación de Modelos Alternos

Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Cuadrado Doble	-0.9839	96.81%
Cuadrado de X	-0.9661	93.33%
Cuadrado de Y	-0.9635	92.84%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	-0.9344	87.30%
Lineal	-0.9008	81.14%
Log-Y Cuadrado-X	-0.8962	80.31%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	-0.8634	74.55%
Inversa-Y Cuadrado-X	0.8589	73.78%
Raíz Cuadrada de Y	-0.8460	71.58%
Exponencial	-0.7895	62.34%
Raíz Cuadrada de X	-0.7764	60.28%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	-0.6498	42.22%
Inversa de Y	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada Doble	<sin ajuste>	
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	<sin ajuste>	
Logaritmo de X	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada-Y Log-X	<sin ajuste>	
Multiplicativa	<sin ajuste>	
Inversa-Y Log-X	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Log-X	<sin ajuste>	
Inversa de X	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	<sin ajuste>	
Curva S	<sin ajuste>	
Doble Inverso	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Inversa de X	<sin ajuste>	
Logístico	<sin ajuste>	
Log probit	<sin ajuste>	



Resíduos Atípicos

			<i>Predicciones</i>		<i>Resíduos</i>
<i>Fila</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i>	<i>Resíduos</i>	<i>Studentizados</i>
22	35.0	2.33	32.9383	-30.6083	-2.21
23	35.0	2.03	32.9383	-30.9083	-2.22
24	35.0	1.88	32.9383	-31.0583	-2.22
25	40.0	1.8		32769.8	2.03
26	40.0	1.63		32769.6	2.03
27	40.0	1.65		32769.7	2.03

Anexo 9. Datos de las propiedades físicas del chocolate oscuro.

Replica	Mezcla	Contenido de Cacao	Viscosidad de Casson (Pa.s)	Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (Pa)	Color (L*)	Dureza (N)	Tamaño de Partícula (micras)
1	50	70	2,98	18,77	26,32	43,95	22,3
1	90	70	2,68	14,32	26,64	39,80	25,7
1	50	80	3,20	20,66	26,27	45,14	29,3
1	10	80	3,09	26,82	26,43	41,19	22,0
1	90	60	2,66	15,98	27,06	31,68	26,3
1	90	80	3,86	22,45	26,47	42,02	26,0
1	10	70	2,54	12,03	26,36	39,83	27,3
1	10	60	2,32	8,20	26,37	34,71	26,0
1	50	60	2,18	8,30	26,76	34,60	26,7
2	50	70	2,93	18,08	26,87	44,45	25,3
2	90	70	2,96	15,90	26,90	42,27	25,7
2	50	80	3,26	21,72	26,34	46,13	26,3
2	10	80	2,62	23,55	25,95	41,19	18,3
2	90	60	2,53	14,20	27,49	31,58	27,3
2	90	80	3,27	21,87	26,46	41,57	25,0
2	10	70	2,49	12,61	26,42	38,86	28,3
2	10	60	2,39	9,77	26,64	40,61	25,7
2	50	60	2,22	8,61	26,95	30,93	26,0

Anexo 10. Resultados estadísticos de la optimización de propiedades físicas del chocolate oscuro por el método de superficie de respuesta.

Optimización de Múltiples Respuestas

Nombre del archivo: C:\Program Files (x86)\Statgraphics\STATGRAPHICS Centurion XV.II\Data\Gabriela 1.sfx

Datos/VARIABLES:

- Viscosidad
- YS
- L
- Dureza
- T Partícula

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Respuesta</i>	<i>Observado</i>	<i>Observado</i>
Viscosidad	2.18	3.86
YS	8.2	26.82
L	25.95	27.49
Dureza	30.93	46.13
T Partícula	18.3	29.3

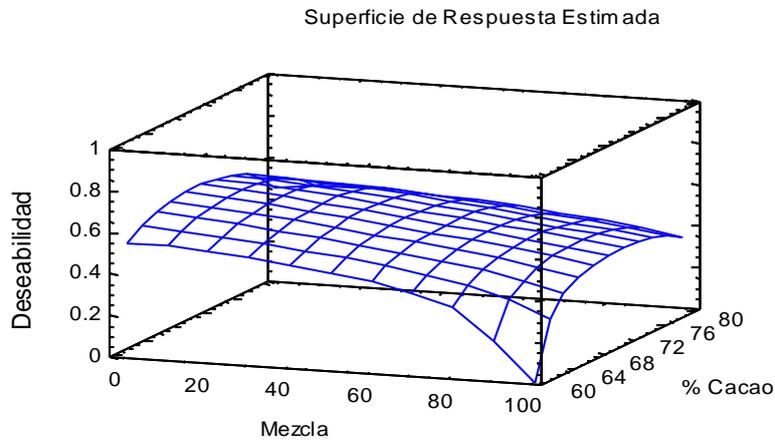
	<i>Deseabilidad</i>	<i>Deseabilidad</i>		<i>Pesos</i>	<i>Pesos</i>	
<i>Respuesta</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Meta</i>	<i>Primero</i>	<i>Segundo</i>	<i>Impacto</i>
Viscosidad	2.18	3.86	Minimizar	1.0		3.0
YS	8.2	26.82	Minimizar	1.0		3.0
L	25.95	27.49	Minimizar	1.0		3.0
Dureza	30.93	46.13	Maximizar	1.0		3.0
T Partícula	18.3	29.3	Minimizar	1.0		3.0

<i>Fila</i>	<i>Viscosidad</i>	<i>YS</i>	<i>L</i>	<i>Dureza</i>	<i>T Partícula</i>	<i>Deseabilidad</i>	<i>Deseabilidad</i>
						<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>
1	2.98	18.77	26.32	43.95	22.3	0.550951	0.62291
2	2.68	14.32	26.64	39.8	25.7	0.45991	0.548628
3	3.2	20.66	26.27	45.14	29.3	0.461728	0.0
4	3.09	26.82	26.43	41.19	22.0	0.479074	0.0
5	2.66	15.98	27.06	31.68	26.3	0.0	0.27464
6	3.86	22.45	26.47	42.02	26.0	0.371462	0.0
7	2.54	12.03	26.36	39.83	27.3	0.633523	0.546511
8	2.32	8.2	26.37	34.71	26.0	0.530465	0.548701
9	2.18	8.3	26.76	34.6	26.7	0.454481	0.485259
10	2.93	18.08	26.87	44.45	25.3	0.563325	0.508014
11	2.96	15.9	26.9	42.27	25.7	0.467582	0.493898
12	3.26	21.72	26.34	46.13	26.3	0.479183	0.456949
13	2.62	23.55	25.95	41.19	18.3	0.493083	0.614323
14	2.53	14.2	27.49	31.58	27.3	0.22218	0.0
15	3.27	21.87	26.46	41.57	25.0	0.398176	0.443131
16	2.49	12.61	26.42	38.86	28.3	0.645387	0.459605
17	2.39	9.77	26.64	40.61	25.7	0.548137	0.620753
18	2.22	8.61	26.95	30.93	26.0	0.464681	0.0

Las metas de cada una de las respuestas actualmente están establecidas como:

- Viscosidad - minimizar
- YS - minimizar
- L - minimizar
- Dureza - maximizar
- T Partícula - minimizar

La salida muestra la función de 'deseabilidad' evaluada en cada punto del diseño. Entre los puntos de diseño, la 'deseabilidad' máxima se alcanza en la corrida 16. Para encontrar la combinación de factores que alcanza la 'deseabilidad' global óptima, seleccione Optimización del cuadro de diálogo de Opciones Tabulares.



Optimizar Deseabilidad

Valor óptimo = 0.640043

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Mezcla	10.0	90.0	10.0
% Cacao	60.0	80.0	69.7089

Respuesta	Óptimo
Viscosidad	2.54188
YS	14.2174
L	26.3568
Dureza	41.369
T Partícula	24.8975

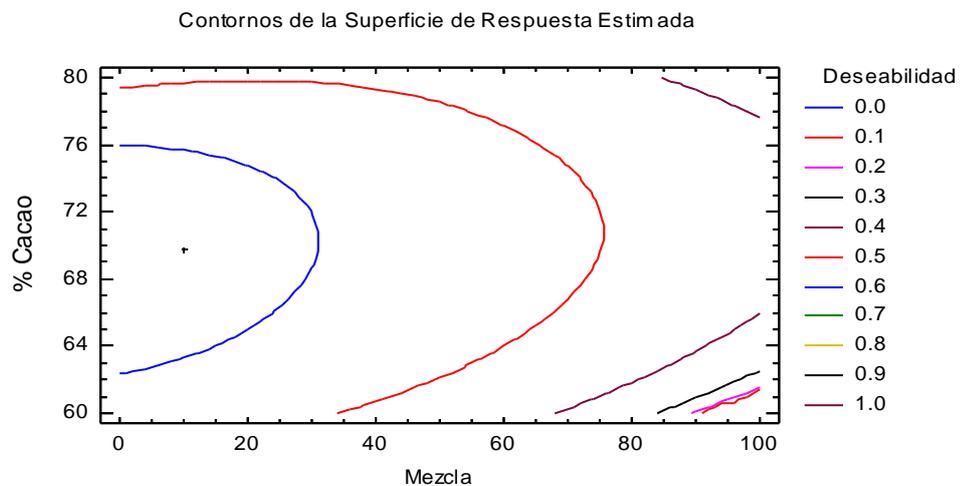
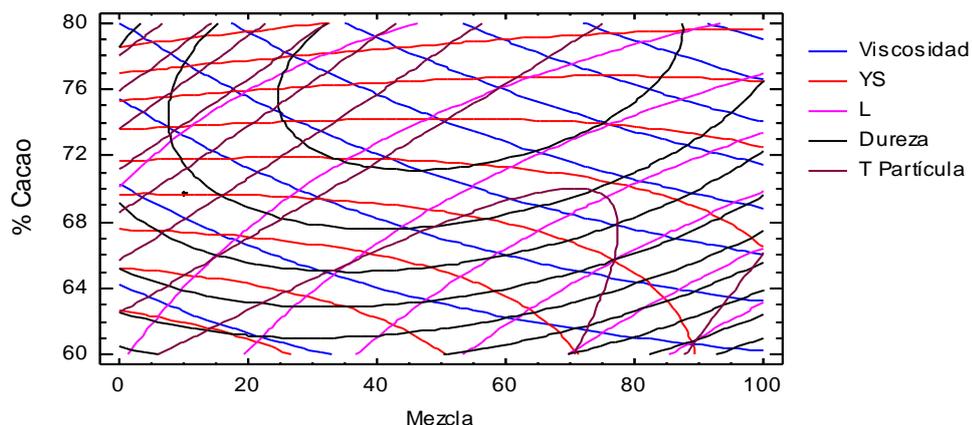


Gráfico Sobrepuesto



Analizar Experimento - Viscosidad

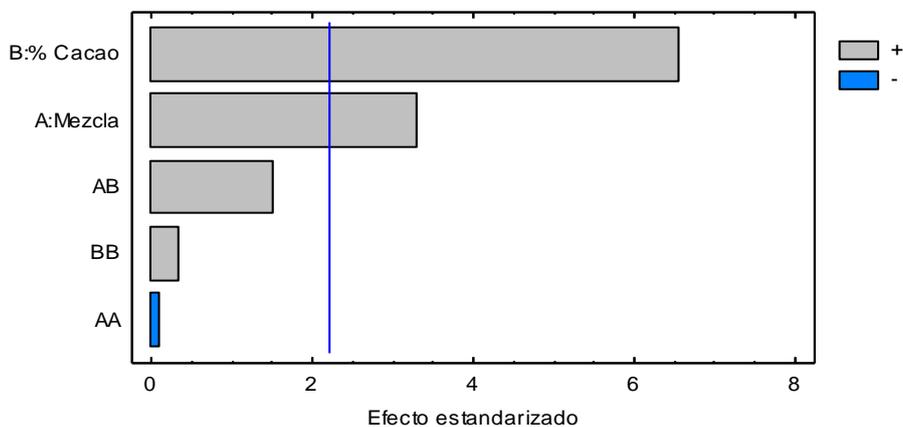
Nombre del archivo: C:\Program Files (x86)\Statgraphics\STATGRAPHICS Centurion XV.II\Data\Gabriela 1.sfx

Efectos estimados para Viscosidad

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	2.77056	0.115784	
A:Mezcla	0.418333	0.126835	1.0
B:% Cacao	0.833333	0.126835	1.0
AA	-0.0216667	0.219684	1.0
AB	0.235	0.15534	1.0
BB	0.0733333	0.219684	1.0
Bloque	-0.0933333	0.10356	1.0

Errores estándar basados en el error total con 11 g.l.

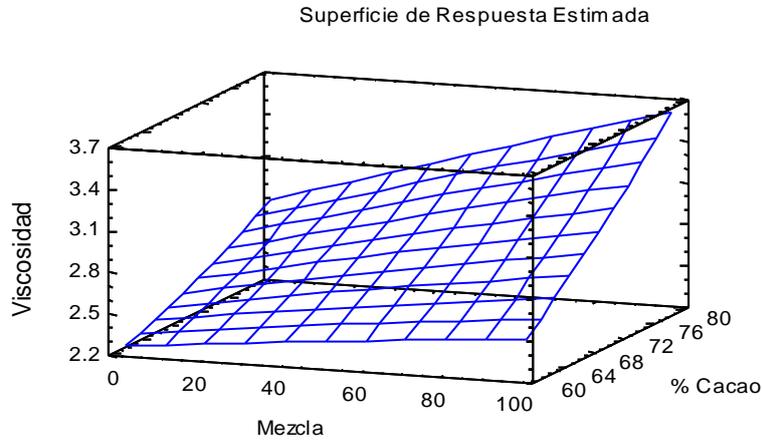
Diagrama de Pareto Estandarizada para Viscosidad



Análisis de Varianza para Viscosidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Mezcla	0.525008	1	0.525008	10.88	0.0071
B:% Cacao	2.08333	1	2.08333	43.17	0.0000
AA	0.000469444	1	0.000469444	0.01	0.9232
AB	0.11045	1	0.11045	2.29	0.1585
BB	0.00537778	1	0.00537778	0.11	0.7448
Bloques	0.0392	1	0.0392	0.81	0.3868
Error total	0.530872	11	0.0482611		
Total (corr.)	3.29471	17			

R-cuadrada = 83.8871 por ciento
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 77.1734 por ciento
 Error estándar del est. = 0.219684
 Error absoluto medio = 0.146204
 Estadístico Durbin-Watson = 2.359 (P=0.6277)
 Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.218912



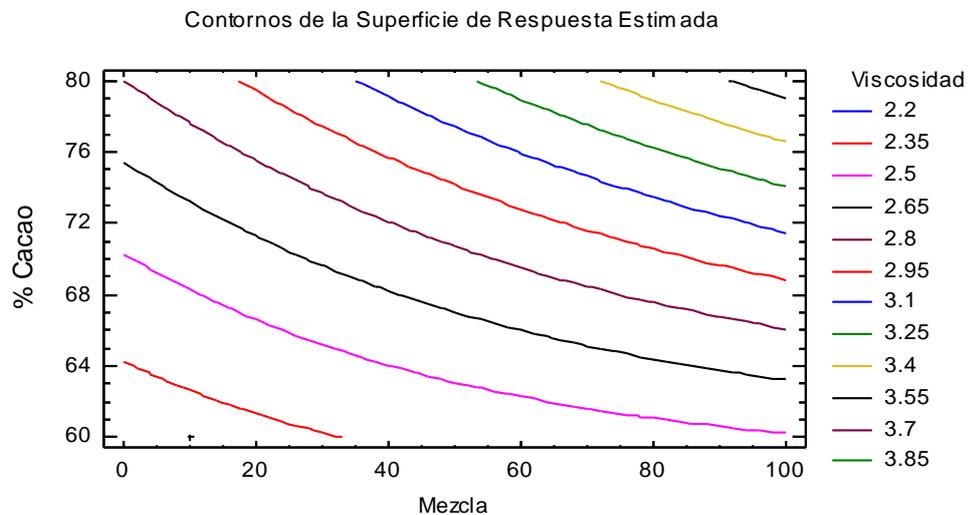
Coef. de regresión para Viscosidad

Coeficiente	Estimado
constante	2.4003
A:Mezcla	-0.0146563
B:% Cacao	-0.0243542
AA	-0.00000677083
AB	0.00029375
BB	0.000366667

La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Viscosidad} = 2.4003 - 0.0146563 * \text{Mezcla} - 0.0243542 * \% \text{ Cacao} - 0.00000677083 * \text{Mezcla}^2 + 0.00029375 * \text{Mezcla} * \% \text{ Cacao} + 0.000366667 * \% \text{ Cacao}^2$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.



Optimizar Respuesta

Meta: minimizar Viscosidad

Valor óptimo = 2.28806

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Mezcla	10.0	90.0	10.0
% Cacao	60.0	80.0	60.0

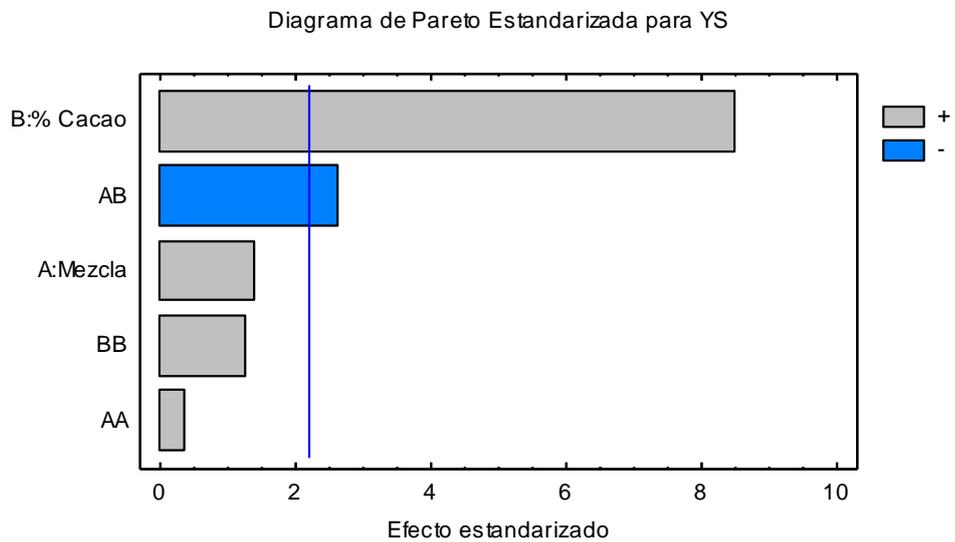
Analizar Experimento - YS

Nombre del archivo: C:\Program Files (x86)\Statgraphics\STATGRAPHICS Centurion XV.II\Data\Gabriela 1.sfx

Efectos estimados para YS

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	14.9839	1.28754	
A:Mezcla	1.95667	1.41042	1.0
B:% Cacao	12.0017	1.41042	1.0
AA	0.903333	2.44293	1.0
AB	-4.565	1.72741	1.0
BB	3.11833	2.44293	1.0
Bloque	-0.135556	1.15161	1.0

Errores estándar basados en el error total con 11 g.l.



Análisis de Varianza para YS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Mezcla	11.4856	1	11.4856	1.92	0.1928
B:% Cacao	432.12	1	432.12	72.41	0.0000
AA	0.816011	1	0.816011	0.14	0.7186
AB	41.6785	1	41.6785	6.98	0.0229
BB	9.724	1	9.724	1.63	0.2281
Bloques	0.0826889	1	0.0826889	0.01	0.9084
Error total	65.6468	11	5.9679		
Total (corr.)	561.554	17			

R-cuadrada = 88.3098 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 83.4389 por ciento

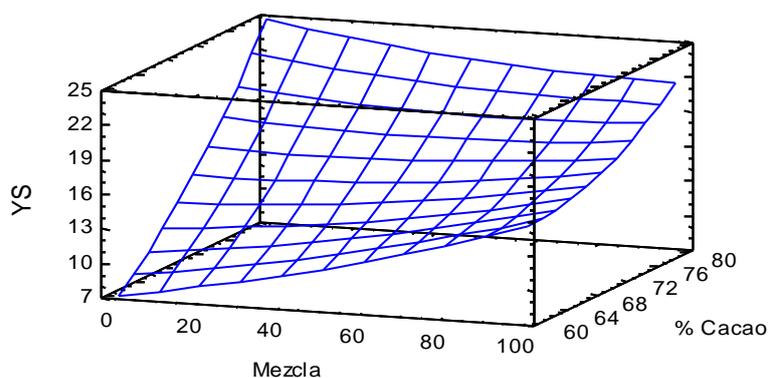
Error estándar del est. = 2.44293

Error absoluto medio = 1.60515

Estadístico Durbin-Watson = 2.43769 (P=0.6876)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.350627

Superficie de Respuesta Estimada



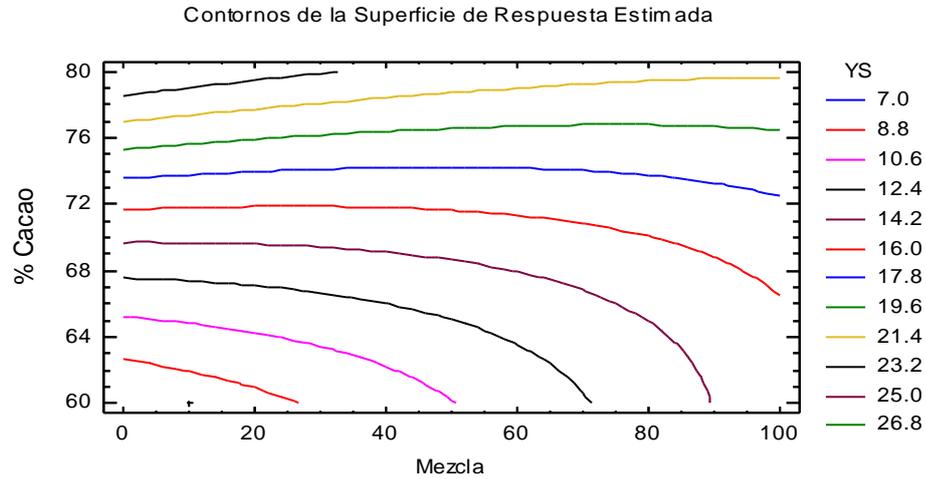
Coef. de regresión para YS

Coeficiente	Estimado
constante	28.8882
A:Mezcla	0.395667
B:% Cacao	-1.29744
AA	0.000282292
AB	-0.00570625
BB	0.0155917

La ecuación del modelo ajustado es

$$YS = 28.8882 + 0.395667 * Mezcla - 1.29744 * \% Cacao + 0.000282292 * Mezcla^2 - 0.00570625 * Mezcla * \% Cacao + 0.0155917 * \% Cacao^2$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.



Optimizar Respuesta

Meta: minimizar YS

Valor óptimo = 7.73306

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Mezcla	10.0	90.0	10.0
% Cacao	60.0	80.0	60.0

Analizar Experimento - L

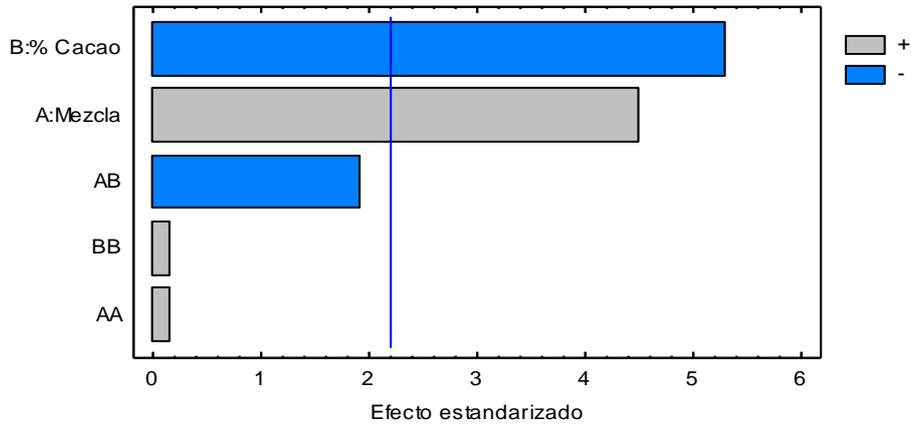
Nombre del archivo: C:\Program Files (x86)\Statgraphics\STATGRAPHICS Centurion XV.II\Data\Gabriela 1.sfx

Efectos estimados para L

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	26.5756	0.0962802	
A:Mezcla	0.475	0.10547	1.0
B:% Cacao	-0.558333	0.10547	1.0
AA	0.0283333	0.182679	1.0
AB	-0.2475	0.129174	1.0
BB	0.0283333	0.182679	1.0
Bloque	0.148889	0.0861157	1.0

Errores estándar basados en el error total con 11 g.l.

Diagrama de Pareto Estandarizada para L

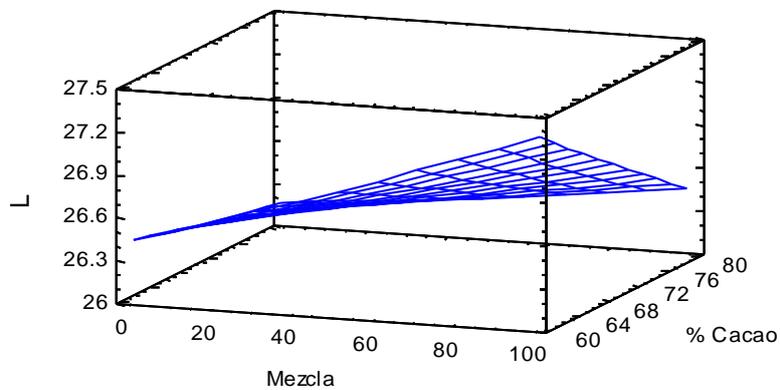


Análisis de Varianza para L

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Mezcla	0.676875	1	0.676875	20.28	0.0009
B:% Cacao	0.935208	1	0.935208	28.02	0.0003
AA	0.000802778	1	0.000802778	0.02	0.8796
AB	0.122512	1	0.122512	3.67	0.0817
BB	0.000802778	1	0.000802778	0.02	0.8796
Bloques	0.0997556	1	0.0997556	2.99	0.1117
Error total	0.367088	11	0.0333716		
Total (corr.)	2.20304	17			

R-cuadrada = 83.3373 por ciento
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 76.3945 por ciento
 Error estándar del est. = 0.182679
 Error absoluto medio = 0.106358
 Estadístico Durbin-Watson = 2.29867 (P=0.5800)
 Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.194075

Superficie de Respuesta Estimada



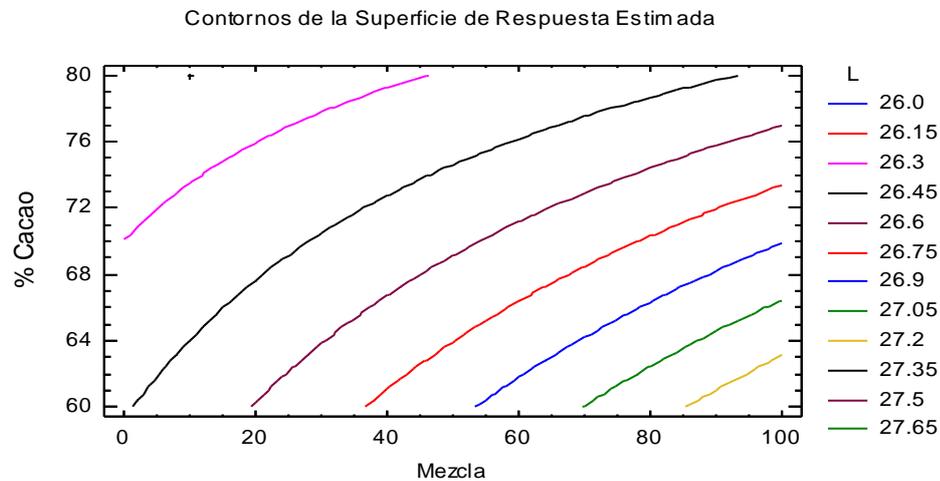
Coef. de regresión para L

Coeficiente	Estimado
constante	27.8663
A:Mezcla	0.0267083
B:% Cacao	-0.0322812
AA	0.00000885417
AB	-0.000309375
BB	0.000141667

La ecuación del modelo ajustado es

$$L = 27.8663 + 0.0267083 * \text{Mezcla} - 0.0322812 * \% \text{ Cacao} + 0.00000885417 * \text{Mezcla}^2 - 0.000309375 * \text{Mezcla} * \% \text{ Cacao} + 0.000141667 * \% \text{ Cacao}^2$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.



Optimizar Respuesta

Meta: minimizar L

Valor óptimo = 26.211

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Mezcla	10.0	90.0	10.0
% Cacao	60.0	80.0	80.0

Analizar Experimento - Dureza

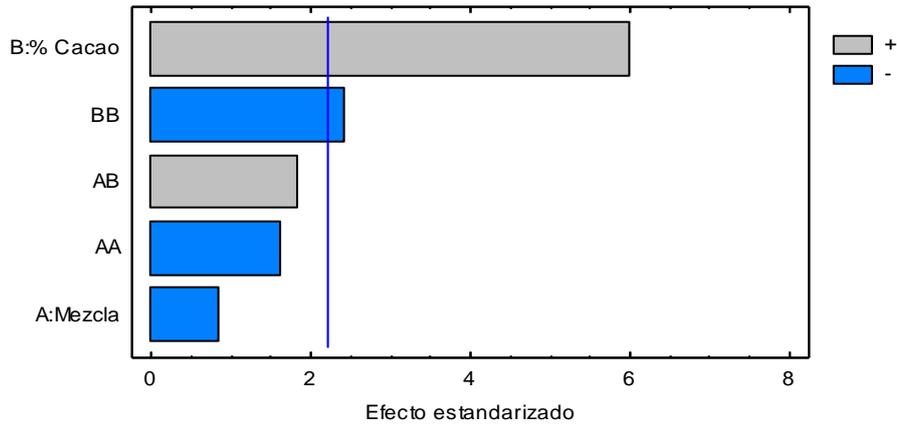
Nombre del archivo: C:\Program Files (x86)\Statgraphics\STATGRAPHICS Centurion XV.II\Data\Gabriela 1.sfx

Efectos estimados para Dureza

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	42.9206	1.34501	
A:Mezcla	-1.245	1.47338	1.0
B:% Cacao	8.855	1.47338	1.0
AA	-4.18167	2.55197	1.0
AB	3.3175	1.80452	1.0
BB	-6.16167	2.55197	1.0
Bloque	0.518889	1.20301	1.0

Errores estándar basados en el error total con 11 g.l.

Diagrama de Pareto Estandarizada para Dureza

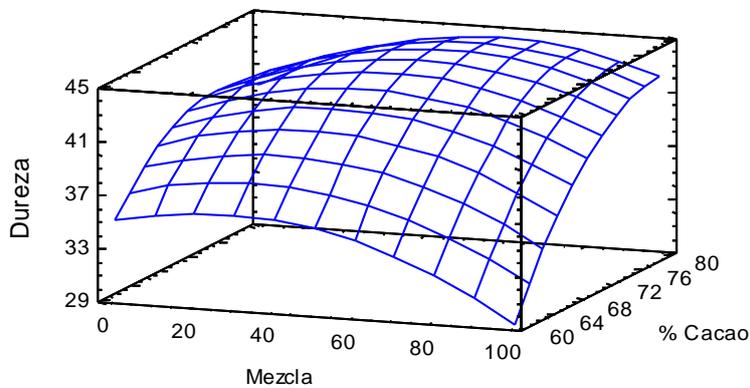


Análisis de Varianza para Dureza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Mezcla	4.65008	1	4.65008	0.71	0.4161
B:% Cacao	235.233	1	235.233	36.12	0.0001
AA	17.4863	1	17.4863	2.69	0.1296
AB	22.0116	1	22.0116	3.38	0.0931
BB	37.9661	1	37.9661	5.83	0.0343
Bloques	1.21161	1	1.21161	0.19	0.6746
Error total	71.6381	11	6.51256		
Total (corr.)	390.197	17			

R-cuadrada = 81.6405 por ciento
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 73.9907 por ciento
 Error estándar del est. = 2.55197
 Error absoluto medio = 1.48164
 Estadístico Durbin-Watson = 2.36541 (P=0.6327)
 Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.351224

Superficie de Respuesta Estimada



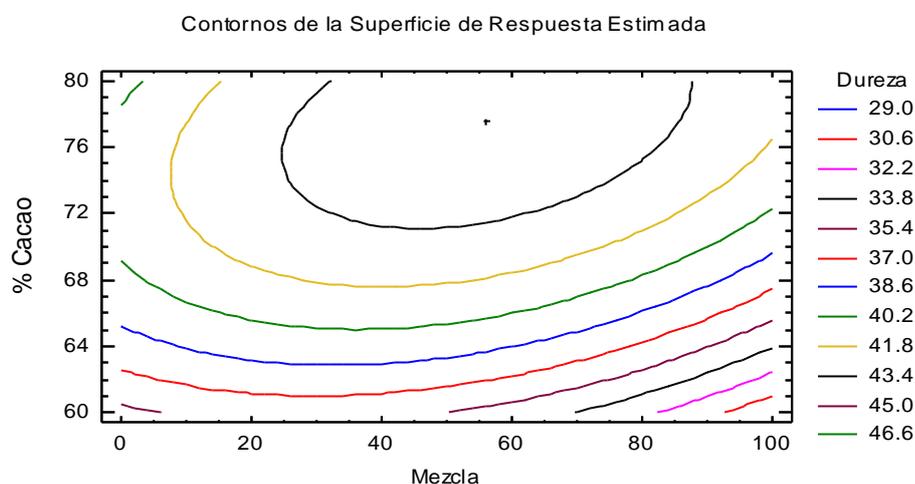
Coef. de regresión para Dureza

Coeficiente	Estimado
constante	-127.008
A:Mezcla	-0.175167
B:% Cacao	4.54857
AA	-0.00130677
AB	0.00414688
BB	-0.0308083

La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Dureza} = -127.008 - 0.175167 * \text{Mezcla} + 4.54857 * \% \text{ Cacao} - 0.00130677 * \text{Mezcla}^2 + 0.00414688 * \text{Mezcla} * \% \text{ Cacao} - 0.0308083 * \% \text{ Cacao}^2$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.



Optimizar Respuesta

Meta: maximizar Dureza

Valor óptimo = 44.5547

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Mezcla	10.0	90.0	56.092
% Cacao	60.0	80.0	77.5977

Analizar Experimento – Tamaño de Partícula

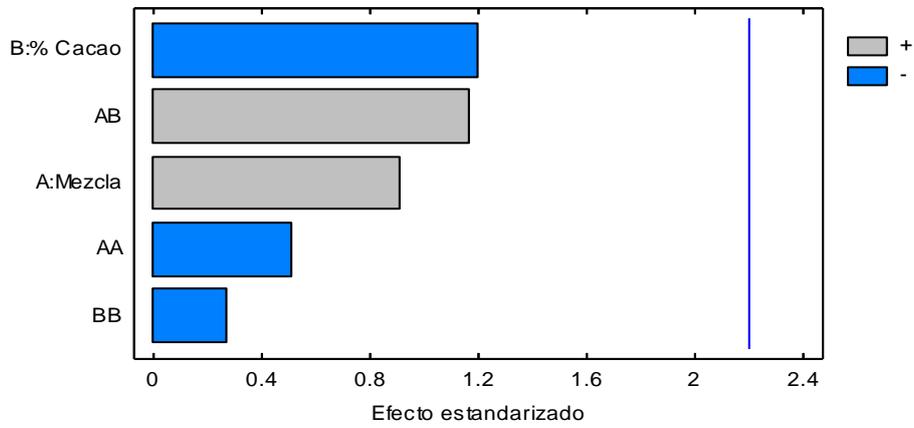
Nombre del archivo: C:\Program Files (x86)\Statgraphics\STATGRAPHICS Centurion XV.II\Data\Gabriela 1.sfx

Efectos estimados para Tamaño de Partícula

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	26.2222	1.40334	
A:Mezcla	1.4	1.53728	1.0
B:% Cacao	-1.85	1.53728	1.0
AA	-1.36667	2.66265	1.0
AB	2.2	1.88278	1.0
BB	-0.716667	2.66265	1.0
Bloque	-0.411111	1.25518	1.0

Errores estándar basados en el error total con 11 g.l.

Diagrama de Pareto Estandarizada para T Partícula

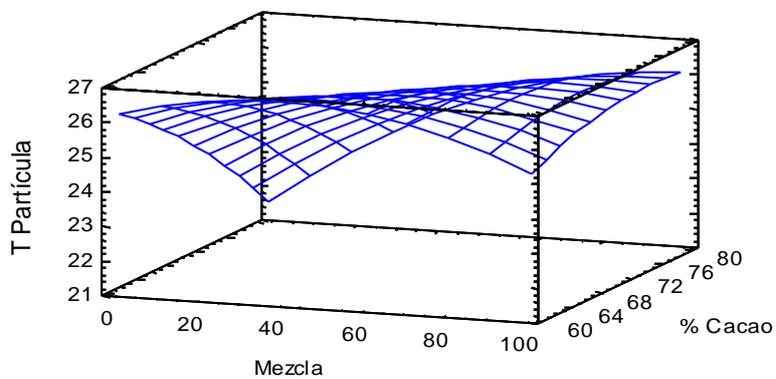


Análisis de Varianza para T Partícula

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Mezcla	5.88	1	5.88	0.83	0.3820
B:% Cacao	10.2675	1	10.2675	1.45	0.2541
AA	1.86778	1	1.86778	0.26	0.6179
AB	9.68	1	9.68	1.37	0.2673
BB	0.513611	1	0.513611	0.07	0.7928
Bloques	0.760556	1	0.760556	0.11	0.7494
Error total	77.9867	11	7.0897		
Total (corr.)	106.956	17			

R-cuadrada = 27.0854 por ciento
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 por ciento
 Error estándar del est. = 2.66265
 Error absoluto medio = 1.53704
 Estadístico Durbin-Watson = 2.41771 (P=0.6727)
 Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.320278

Superficie de Respuesta Estimada



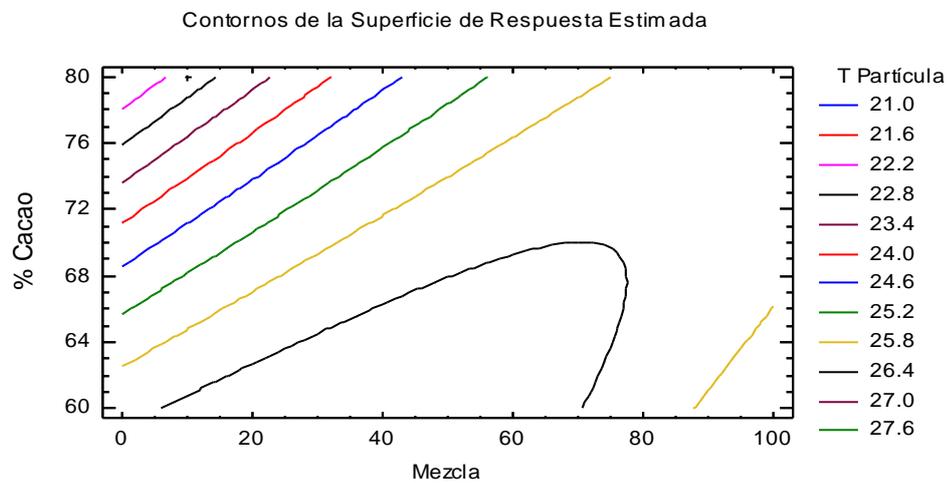
Coef. de regresión para T Partícula

Coeficiente	Estimado
constante	22.8212
A:Mezcla	-0.132292
B:% Cacao	0.271667
AA	-0.000427083
AB	0.00275
BB	-0.00358333

La ecuación del modelo ajustado es

$$T \text{ Partícula} = 22.8212 - 0.132292 * \text{Mezcla} + 0.271667 * \% \text{ Cacao} - 0.000427083 * \text{Mezcla}^2 + 0.00275 * \text{Mezcla} * \% \text{ Cacao} - 0.00358333 * \% \text{ Cacao}^2$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.



Optimizar Respuesta

Meta: minimizar T Partícula

Valor óptimo = 22.4556

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Mezcla	10.0	90.0	10.0
% Cacao	60.0	80.0	80.0

Anexo 11. Datos de las propiedades físicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.

Replica	Viscosidad de Casson (Pa.s)	Esfuerzo mínimo de fluencia de Casson (Pa)	L*	Dureza (N)	Tamaño de partícula (micras)
1	3.60	16.92	26.80	42.10	25.3
2	2.84	11.63	26.40	42.10	26.7
3	2.77	8.28	26.41	41.89	25.7

Anexo 12. Datos de propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.

Replica	Humedad (%)	Grasa cruda (%)	Proteína (cruda)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	Carbohidratos totales (%)	Actividad de agua
1	1.58	34,54	11,70	2,64	3,57	49,54	0,426
2	1.61	34,58	11,68	2,63	3,53	49,50	0,504
3	-	-	-	-	-	-	0,482

Anexo 13. Datos del contenido de sólidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.

Temperatura (°C)	Replica	Contenido de sólidos grasos (%)
0	1	89,86
5	1	88,61
10	1	84,12
15	1	79,50
20	1	75,86
25	1	70,30
30	1	56,23
35	1	4,07
40	1	1,67
0	2	89,90
5	2	88,30
10	2	83,40
15	2	78,20
20	2	74,30
25	2	68,60
30	2	54,50
35	2	3,49
40	2	0,69
0	3	89,46
5	3	88,13
10	3	83,31
15	3	77,15
20	3	75,02
25	3	68,47
30	3	55,34
35	3	3,83
40	3	1,25

Anexo 14. Relación del contenido de sólidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima con respecto a la temperatura.

Regresión Simple - Chocolate vs. Temperatura

Variable dependiente: Chocolate (% Sólidos grasos)

Variable independiente: Temperatura (°C)

Cuadrado Doble: $Y = \sqrt{a + b \cdot X^2}$

Coefficientes

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	7730.12	156.887	49.2718	0.0000
Pendiente	-5.31323	0.201011	-26.4325	0.0000

Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2.19562E8	1	2.19562E8	698.68	0.0000
Residuo	7.85634E6	25	314253.		
Total (Corr.)	2.27419E8	26			

Coefficiente de Correlación = -0.982575

R-cuadrada = 96.5454 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96.4072 por ciento

Error estándar del est. = 560.583

Error absoluto medio = 410.915

Estadístico Durbin-Watson = 2.46122 (P=0.8642)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0.276163

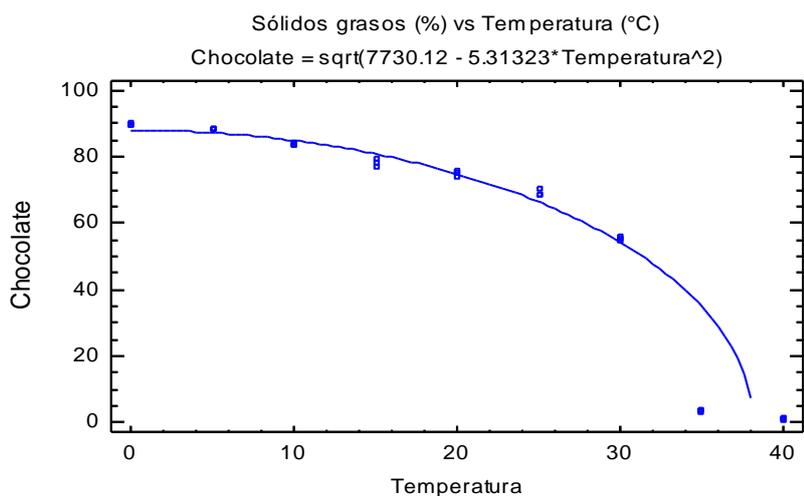
La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Chocolate} = \sqrt{7730.12 - 5.31323 \cdot \text{Temperatura}^2}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Chocolate y Temperatura con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 96.5454% de la variabilidad en Chocolate. El coeficiente de correlación es igual a -0.982575, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 560.583. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 410.915 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0.05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95.0%.



Comparación de Modelos Alternos

Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Cuadrado Doble	-0.9826	96.55%
Cuadrado de Y	-0.9605	92.26%
Cuadrado de X	-0.9592	92.00%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	-0.9316	86.79%
Log-Y Cuadrado-X	-0.8972	80.49%
Lineal	-0.8907	79.33%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	-0.8651	74.83%
Raíz Cuadrada de Y	-0.8383	70.27%
Exponencial	-0.7809	60.97%
Raíz Cuadrada de X	-0.7686	59.08%
Inversa-Y Cuadrado-X	0.7386	54.55%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	-0.6389	40.82%
Inversa de Y	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada Doble	<sin ajuste>	
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	<sin ajuste>	
Logaritmo de X	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada-Y Log-X	<sin ajuste>	
Multiplicativa	<sin ajuste>	
Inversa-Y Log-X	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Log-X	<sin ajuste>	
Inversa de X	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	<sin ajuste>	
Curva S	<sin ajuste>	
Doble Inverso	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Inversa de X	<sin ajuste>	
Logístico	<sin ajuste>	
Log probit	<sin ajuste>	

Anexo 15. Datos de la composición de ácidos grasos del chocolate oscuro elaborado con la formulación óptima.

Ácido Graso	Replica	Composición (g/100g)
C16:0 ácido palmítico	1	27,1
C18:0 ácido esteárico	1	32,0
C18:1 n9c ácido oleico	1	31,9
C18:2 n6c ácido linoleico	1	4,6
C20:0 ácido araquídico	1	1,4
C18:3 n3 ácido linolénico	1	0,4
Saturado	1	61,2
Monoinsaturado	1	32,1
Poliinsaturado	1	5,1
Insaturado	1	37,2
Ratio AGS:AGI	1	1,6
Ratio n6:n3	1	11,5
C16:0 ácido palmítico	2	26,1
C18:0 ácido esteárico	2	34,7
C18:1 n9c ácido oleico	2	33,2
C18:2 n6c ácido linoleico	2	3,4
C20:0 ácido araquídico	2	1,3
C18:3 n3 ácido linolénico	2	0,3
Saturado	2	62,6
Monoinsaturado	2	33,5
Poliinsaturado	2	3,6
Insaturado	2	37,1
Ratio AGS:AGI	2	1,7
Ratio n6:n3	2	11,3

Anexo 16. Datos de evaluación de aceptabilidad general del chocolate.

Consumidores Nacionales

#	Valor	#	Valor	#	Valor	#	Valor
1	4	41	4	81	4	121	5
2	4	42	3	82	4	122	5
3	5	43	4	83	4	123	5
4	5	44	5	84	4	124	5
5	5	45	4	85	4	125	5
6	5	46	3	86	4	126	5
7	3	47	4	87	4	127	5
8	5	48	3	88	4	128	5
9	5	49	5	89	4	129	5
10	4	50	5	90	4	130	5
11	3	51	5	91	4	131	5
12	3	52	5	92	4	132	5
13	4	53	4	93	4	133	5
14	5	54	5	94	4	134	5
15	4	55	5	95	4	135	5
16	3	56	5	96	4	136	5
17	5	57	2	97	4	137	5
18	3	58	3	98	4	138	5
19	5	59	3	99	4	139	5
20	3	60	3	100	4	140	5
21	4	61	3	101	4	141	5
22	5	62	3	102	4	142	2
23	5	63	3	103	4	143	2
24	5	64	3	104	4	144	3
25	5	65	3	105	4	145	3
26	5	66	3	106	5	146	3
27	5	67	3	107	5	147	3
28	4	68	3	108	5	148	3
29	4	69	3	109	5	149	4
30	3	70	3	110	5	150	4
31	5	71	3	111	5	151	4
32	3	72	3	112	5	152	4
33	3	73	3	113	5	153	4
34	4	74	4	114	5	154	4
35	5	75	4	115	5	155	4
36	4	76	4	116	5	156	4
37	3	77	4	117	5	157	4
38	3	78	4	118	5	158	4
39	2	79	4	119	5	159	5
40	5	80	4	120	5	160	5

Continua...

...Continuación Anexo 16

#	Valor	#	Valor	#	Valor	#	Valor
161	5	201	3	241	3	281	5
162	5	202	3	242	3	282	5
163	5	203	3	243	3	283	4
164	2	204	3	244	3	284	3
165	2	205	3	245	5	285	3
166	2	206	3	246	5	286	5
167	3	207	3	247	4	287	5
168	3	208	3	248	5	288	4
169	3	209	3	249	5	289	3
170	3	210	4	250	5	290	5
171	3	211	4	251	5	291	5
172	3	212	4	252	3	292	4
173	3	213	4	253	5	293	4
174	4	214	4	254	5	294	5
175	4	215	4	255	4	295	5
176	4	216	4	256	5	296	5
177	4	217	4	257	4	297	5
178	4	218	4	258	5	298	3
179	4	219	4	259	4	299	5
180	4	220	4	260	5	300	5
181	4	221	4	261	4	301	5
182	4	222	4	262	4	302	4
183	4	223	4	263	3	303	5
184	5	224	5	264	3	304	4
185	5	225	5	265	4	305	4
186	5	226	5	266	5	306	4
187	5	227	5	267	4	307	3
188	5	228	5	268	3	308	4
189	4	229	5	269	5	309	3
190	5	230	5	270	5	310	4
191	4	231	5	271	5	311	4
192	3	232	5	272	5	312	5
193	2	233	4	273	4	313	5
194	2	234	5	274	4	314	5
195	2	235	5	275	5	315	3
196	2	236	5	276	5	316	5
197	3	237	5	277	4	317	5
198	3	238	3	278	4		
199	3	239	4	279	4		
200	3	240	4	280	3		

Continua...

... Continuación Anexo 16

Resultados estadísticos:

Moda	5
Mediana	4
Media	4.09

Consumidores Extranjeros

#	Valor	#	Valor
1	3	27	3
2	5	28	1
3	2	29	3
4	4	30	5
5	5	31	5
6	1	32	5
7	3	33	1
8	3	34	5
9	3	35	5
10	3	36	4
11	3	37	4
12	3	38	5
13	3	39	5
14	3	40	5
15	3	41	5
16	4	42	5
17	4	43	2
18	4	44	3
19	4	45	3
20	5	46	3
21	4	47	3
22	2	48	3
23	1	49	3
24	3	50	2
25	3	51	3
26	4	52	1

Resultados estadísticos:

Moda	3
Mediana	3
Media	3.40

Anexo 17. Resultados de aceptabilidad general procesado por grupos.

Consumidores nacionales

Puntaje	Frec	Sexo	Edad				Preferencia			Frecuencia de consumo		
		M	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	11	7	10	1	0	0	1	8	2	4	7	0
3	71	35	45	10	10	6	24	37	10	22	41	8
4	111	58	65	22	12	12	37	62	12	40	64	7
5	124	59	54	19	20	31	78	40	6	45	68	11
Total	317	159	174	52	42	49	140	147	30	111	180	26
Porcentaje de consumidores que otorgaron calificativo superior a 4 = 74,1%												

Leyenda:

Frec. = frecuencia, M = sexo masculino. Edad: A (20 a 30 años), B (31 a 40 años), C (41 a 50 años), D (mayor a 50 años). Preferencia A (chocolate oscuro), B (chocolate de leche), C (chocolate blanco). Frecuencia de consumo A (mensual), B (semanal) y C (diario).

Consumidores extranjeros

Puntaje	Frec	Sexo	Edad				Preferencia			Frecuencia de consumo		
		M	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C
1	5	2	0	2	1	2	1	4	0	2	3	0
2	4	2	0	3	0	1	1	3	0	1	2	1
3	21	11	6	8	4	3	13	7	1	3	12	6
4	9	4	0	5	1	3	6	3	0	1	7	1
5	13	9	3	5	3	2	5	8	0	4	6	3
Total	52	28	9	23	9	11	26	25	1	11	30	11
Porcentaje de consumidores que otorgaron calificativo superior a 4 = 42,3%												

Leyenda:

Frec. = frecuencia, M = sexo masculino. Edad: A (20 a 30 años), B (31 a 40 años), C (41 a 50 años), D (mayor a 50 años). Preferencia A (chocolate oscuro), B (chocolate de leche), C (chocolate blanco). Frecuencia de consumo A (mensual), B (semanal) y C (diario).