

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



PROPIEDADES REOLÓGICAS Y CALIDAD SENSORIAL DE LOS CHOCOLATES
ELABORADOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUÁNUCO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

YODY LUCAS OLAZA SALAZAR

Promoción 2018-II

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fiia@unas.edu.pe

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 001-2022

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público en forma virtual a las 9:00 horas del día 25 de enero del 2022, en el equipo: Sustentación de Tesis de Pregrado FIIA-UNAS en la Plataforma Ms Teams, para calificar la tesis presentada por el Bach. **YODY LUCAS OLAZA SALAZAR**, titulada:

PROPIEDADES REOLÓGICAS Y CALIDAD SENSORIAL DE LOS CHOCOLATES ELABORADOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**, en consecuencia, el sustentante, queda apto para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso “k” y 135 inciso “f” del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 25 de enero del 2022

Ing. Washington Paredes Pereda
Presidente

Ing. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Miembro

Ing. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro

Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Asesora

Ing. Hans Joan Tafur Pereda
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



PROPIEDADES REOLÓGICAS Y CALIDAD SENSORIAL DE LOS
CHOCOLATES ELABORADOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO –
HUÁNUCO

Autor	: Yody Lucas, Olaza Salazar
Asesores de Tesis	: Ing. Msc. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo Ing. Msc. Hans Joan Tafur Pereda Ing. Katty Giovanna Natividad Barreto
Programa de Investigación	: Ingeniería de alimentos
Línea de Investigación	: Ingeniería de alimentos
Eje Temático de Investigación	: Propiedades termofísicas y reológicas
Lugar de Ejecución	: Laboratorios FIIA – UNAS – CITE Agroindustrial Huallaga (ITP)
Duración	: Fecha de Inicio : 15/01/2020 Fecha de Término : 05/01/2022
Financiamiento	: Propio

Tingo María – Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail;
fiia@unas.edu.pe

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 001-2022

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público en forma virtual a las 9:00 horas del día 25 de enero del 2022, en el equipo: Sustentación de Tesis de Pregrado FIIA-UNAS en la Plataforma Ms Teams, para calificar la tesis presentada por el Bach. **YODY LUCAS OLAZA SALAZAR**, titulada:

PROPIEDADES REOLÓGICAS Y CALIDAD SENSORIAL DE LOS CHOCOLATES ELABORADOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**, en consecuencia, el sustentante, queda apto para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 25 de enero el 2022

Ing. Washington Paredes Pereda
Presidente

Ing. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Miembro

Ing. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro

Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Asesora

Ing. Hans Joan Tafur Pereda
Asesor

DEDICATORIA

A **DIOS** omnipotente, por darme la vida, fuerza y sabiduría, guiándome e iluminando todos mis pasos, por ser mi ayuda en todo momento y en su bondad en el futuro poder seguir cumpliendo mis metas propuestas.

A mi madre **Carmen H. Salazar Fonseca**, por todo su apoyo, comprensión, sacrificio, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos **Dadfeny Olaza Salazar, Edgar Olaza Salazar, Jhon Olaza Salazar** quienes siempre estuvieron junto a mí brindándome apoyo.

AGRADECIMIENTOS

- A mi DIOS por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi carrera profesional, a mi madre Carmen H. Salazar Fonseca y mis hermanos por su apoyo incondicional.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por impulsar mis conocimientos para mi formación profesional, en especial a la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias docentes y administrativos quienes compartieron sus conocimientos conmigo.
- Al CITE Agroindustrial Huallaga - Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), por haberme brindado el apoyo en la presente investigación, facilitándome todos los recursos necesarios.
- A mis asesores Ing. Msc. Ramírez Trujillo, Yolanda Jesús; a la Ing. Natividad Barreto, Katty Giovanna; al Ing. Tafur Pereda, Hans Joan; gracias por sus orientaciones y por hacer posible el desarrollo de este trabajo de investigación.
- A la Ing. Lidia Yessenia Saavedra Gómez por brindarme sus conocimientos para la presente investigación.
- Al Dr. Roberto Dávila Trujillo por facilitarme el laboratorio de Ingeniería de Alimentos.
- Al Sr. Celedonio Yacha técnico del laboratorio de Química por brindarme su apoyo con los materiales necesarios.
- A los Jurados de tesis: Ing. Washington Paredes Pereda, al Ing. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz, a la Ing. Milagros Follegati Romero por sus orientaciones.
- A todas aquellas personas que contribuyeron en la realización de este trabajo de investigación.

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de estudiar las propiedades reológicas y la calidad sensorial de chocolates elaborados en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco. Se recabaron 11 muestras de chocolates al 60%, se determinó el esfuerzo de corte (τ) y la velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) y mediante la Ley de Potencia, el índice reológico (n) y el índice de consistencia (k); la evaluación sensorial fue realizada por 3 catadores expertos, se evaluó el color $CEL^*a^*b^*$ de los chocolates. Según los resultados, el índice reológico (n) estuvo entre 0,34 a 0,64 y índice de consistencia, K (10,3887- 40,163 Pa. s⁻¹), con comportamiento pseudoplástico que requiere un esfuerzo de corte inicial. El chocolate Milan presentó mayor consistencia ($K= 40,163\pm0,51$ Pa. s⁻¹) estadísticamente diferente a las otras muestras y menores valores, Choco Pasión ($K=10,3887\pm0,06$) y Katalu ($K=10,3887\pm0,06$) estadísticamente iguales. De la evaluación sensorial, el mayor puntaje en aroma, Aucacoop (7,33 $\pm$ 0,57), “aroma bueno”; en los atributos: acidez, amargor, astringencia y pos gusto, no hubo diferencia estadística significativa entre las muestras, calificados como “regular”; en defectos el mayor puntaje fue para Shanenly (18 $\pm$ 3,46) y Aucacoop (18 $\pm$ 2,00), “menor defecto” y con menor puntaje, Shaukely (11,33 $\pm$ 1,15), “mayor defecto”; en el sabor con mayor e igual puntaje resultaron Shanenly y Aucacoop (13,33 $\pm$ 1,15) con “sabor bueno”. Choco Pasión presenta mejor apariencia (más oscura) con $L^*= 28,23$, para croma a^* , el mayor valor para Milán ($a^*=11,53\pm0,17$) y el menor, DIV ($a^*=9,70\pm0,06$); para croma b^* , el mayor valor, Milán ($b^*=12,21\pm0,23$) y el menor, Choco Tingo ($b^*=7,73\pm0,13$).

Palabras claves: Productos de cacao, Semilla de cacao, Chocolate.

ABSTRACT

The research was done with the objective of studying the rheological properties and the sensory qualities of chocolates elaborated in the Leoncio Prado province of Huanuco, Peru. Eleven samples of 60% chocolate were collected, and the shear stress (τ) and strain rate ($\dot{\gamma}$) were determined, as well as the rheological index (n) and the consistency index (k), through the use of the power law. The sensory evaluation was done by three expert tasters and the color (CEL a^*b^*) of the chocolates was evaluated. According to the results, the rheological index (n) was between 0.34 and 0.64 and the consistency index (K) was 10.3887- 40.163 Pa. s⁻¹, behaving like a pseudo plastic, which requires an initial shear stress. The Milan chocolates presented the greatest consistency ($K= 40.163\pm0.51$ Pa. s⁻¹), which was statistically different from the other samples with lesser values: Choco Pasión ($K=10.3887\pm0.06$) and Katalu ($K=10.3887\pm0.06$), which were statistically the same. For the sensory evaluation, the greatest score for aroma was Aucacoop (7.33 $\pm$ 0.57) with “good aroma.” For the attributes of acidity, bitterness, astringency, and aftertaste, there was no significant statistical difference between the samples, which were classified as “regular.” For the defects, the greatest scores were for Shanenly (18 $\pm$ 3.46) and Aucacoop (18 $\pm$ 2.00), classifying as “least defective” and the lowest score was Shaukely (11.33 $\pm$ 1.15), classifying as “most defective.” For the flavor, the greatest score was the same for both Shanenly and Aucacoop (13.33 $\pm$ 1.15), with “good flavor.” Choco Pasión had the best appearance (darkest) with $L^*= 28.23$; for the a^* chrome, Milan had the greatest value ($a^*=11.53\pm0.17$) and DIV had the least value ($a^*=9.70\pm0.06$); for the b^* chrome, Milan had the greatest value ($b^*=12.21\pm0.23$) and Choco Tingo had the least value ($b^*=7.73\pm0.13$).

Keywords: cacao products, cacao beans, chocolate.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Generalidades del cacao	3
2.3. Chocolate.....	3
2.3.1. Definición del chocolate	3
2.3.2. Ingredientes del chocolate	4
2.3.3. Composición química del chocolate	4
2.3.4. Principales tipos de chocolates	5
2.3.5. Proceso de elaboración del chocolate	6
2.4. Análisis Sensorial del chocolate.....	8
2.5. Color del chocolate	10
2.6. Reología	10
2.7. Viscosidad.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Lugar de ejecución	17
3.2. Material de análisis	17
3.3. Equipos y materiales	17
3.4. Métodos de análisis	19
3.5. Metodología experimental	19
3.6. Diseño Experimental.....	21
3.7. Análisis Estadístico	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Evaluación reológica de los chocolates comerciales	26
4.2. Evaluación sensorial de los chocolates	28
4.3. Parámetros de color de los chocolates comerciales	
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. PROPUESTAS A FUTURO	40
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXO	50

ÍDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Composición promedio del chocolate en 100 g.....	5
Tabla 2. Modelo reológico para los fluidos	16
Tabla 3. Empresa y marca del chocolate comercializado en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.....	18
Tabla 4. Resultado de la evaluación sensorial de los chocolates comercializados en la provincia de Leoncio Prado	30
Tabla 5. Parámetros de color (L^* , a^* , b^*) de los chocolates	34
Tabla 6. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Alto Hualлага.....	54
Tabla 7. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Aucacopp	54
Tabla 8. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Choco Pasión	55
Tabla 9. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Choco Tingo	55
Tabla 10. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Chocolates DIV	56
Tabla 11. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Katalu	56
Tabla 12. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Kimpito.....	57
Tabla 13. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Milán.....	57
Tabla 14. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Ovaldizan.....	58
Tabla 15. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Shanenly	58
Tabla 16. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Shaukely	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Flujograma proceso de elaboración del chocolate	6
Figura 2. Clasificación de los fluidos	13
Figura 3. Fluido Newtoniano	13
Figura 4. Fluidos no Newtonianos	14
Figura 5. Diseño experimental para la evaluación reológica de los chocolates comercializados en la Provincia de Leoncio Prado – Huánuco.....	21
Figura 6. Diseño experimental para la evaluación de la calidad sensorial de los chocolates comercializadas en la Provincia de Leoncio Prado – Huánuco.	22
Figura 7. Diseño experimental para la evaluación de los parámetros de color de los chocolates comercializados en la Provincia de Leoncio Prado – Huánuco.....	23
Figura 8. Esfuerzo de corte versus velocidad de deformación	26
Figura 9. Viscosidad aparente versus velocidad de deformación	27
Figura 10. Perfil sensorial de los chocolates al 60 % comercializados en la provincia de Leoncio Prado.	33
Figura 11. Parámetro de color L^* de los chocolates.....	34
Figura 12. Parámetro de croma a^* de los chocolates.....	36
Figura 13. Parámetro de croma b^* de los chocolates	37

I. INTRODUCCIÓN

Los granos de cacao son obtenidos de diferentes espacios geográficos y al ser llevados a la industrialización proporcionan diversas características físicas y calidad sensorial, desconociéndose el nivel de calidad sensorial del chocolate de cacao producido y las características reológicas de éstas.

Es importante conocer los datos reológicos de alimentos ya que por medio de ellos se puede determinar cuan funcionales son los ingredientes para la elaboración de productos alimenticios, para el control de la calidad ya sea en el producto final o en el intermedio, para la determinación de la vida útil y para hacer cálculos en los procesos en los que se utilizan una diversidad de equipos (mezcladoras, conchadoras, molidoras, bombas, intercambiadores de calor, etc.); por lo que es necesario conocer las propiedades reológicas del chocolate de cacao de las diferentes marcas que son comercializadas en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.

Según datos del año 2013, el mercado del chocolate, que se encontraba en 110,000 millones de dólares, iba en crecimiento en más de 6% anualmente (Petroff, 2013)

A nivel nacional se han incrementado el desarrollo de industrias dedicadas a la producción de chocolates especialmente en la provincia de Leoncio Prado, cuyas características reológicas y sensoriales no han sido estudiadas.

De esta interrogante, nace el interés por investigar las propiedades reológicas y las características sensoriales de los chocolates; por lo que, para esta investigación se tomaron muestras de chocolates comerciales con 60% de cacao y se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar las propiedades reológicas: índice de comportamiento de flujo (n) e índice de consistencia (k) de los chocolates elaborados en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.
- Evaluar la calidad sensorial de los chocolates elaborados en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.
- Evaluar los parámetros de color CIE L* (blanco y negro) a* (verde y rojo) b* (Amarillo y azul) de los chocolates elaborados en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Mejía et al. (2021) evaluaron las características químicas y sensoriales de cacaos y chocolates nativos peruanos de las regiones de Bagua (Amazonas) y Quillabamba (Cusco); determinaron que las muestras de Quillabamba se diferencian de las de Bagua principalmente por tener mayor contenido de grasa y menor contenido de teobromina, los principales atributos sensoriales detectados para las de Bagua fueron el afrutado y el ácido.

Vásquez et al. (2019) realizaron un estudio reológico detallado en cuatro muestras de chocolate comercial de las cuales se tuvieron dos muestras de chocolates negros con diferente contenido de cacao, un chocolate sin azúcar y un chocolate con leche. Concluyeron que el modelo Carreau proporcionó los mejores ajustes en el rango más amplio de velocidad de corte y las muestras de chocolate con leche mostraron una dependencia de frecuencia muy pequeña que se asemeja al comportamiento de un gel fuerte.

Hernández & Quintero (2016) evaluaron el color y características sensoriales de chocolates de mesa adicionadas con azúcar de caña refinada y no refinada. Los resultados indicaron que al adicionar azúcar refinada en los chocolates presenta diferencias significativas en los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) y se perciben en los chocolates con azúcar refinada.

Gao et al. (2015) estudiaron las propiedades reológicas de cuatro tipos de chocolates oscuros (Dove, Leconte, Toblerone y Cote Dor), donde determinaron que las muestras de masa fundida tienen un comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento y son tixotrópicas. Además, Toblerone y Cote Dor tienen una mayor proporción de ingredientes pegajosos por las propiedades sensoriales, Dove y Leconte tienen una mayor aceptabilidad general.

Fernandes et al. (2011) evaluaron el efecto del porcentaje de cacao (60%, 70% y 75%). en un chocolate artesanal en cuanto a sus propiedades reológicas, así como en la cinética de cristalización. Los resultados mostraron que diferentes temperaturas y tiempos de cristalización el chocolate influye en el proceso de cristalización y producen un comportamiento viscoelástico, incorporar partículas sólidas en el producto produce aumento de la viscosidad.

2.2. Generalidades del cacao

2.2.1. Origen y propagación geográfica

El cacao es una planta alimenticia que ha sido domesticada por los mesoamericanos y propagada a los países europeos en 1502. Originario de las selvas tropicales neotropicales, sus frutos se llaman "vainas" y contienen "granos de cacao" con una pulpa dulce muscular circundante; estos granos son uno de los productos más consumidos en el mundo obteniendo como producto final el chocolate, para ello las semillas de cacao deben someterse a varios procesos, como fermentación, secado y tostado (Jean-Marie et al., 2021).

2.2.2. Clasificación taxonómica

Torres (2021) indica lo siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malvales
Familia	: Sterculiaceae
Género	: Theobroma
Especie	: <i>T. cacao</i>

2.3. Chocolate

2.3.1. Definición del chocolate

El chocolate es una suspensión semisólida en las que se aprecian partículas dispersas muy finas de azúcar y cacao en una fase continua de grasa, el mismo que se preparan con los granos molidos de cacao (Huayanay & Andrea, 2018).

El Chocolate es el nombre genérico de los productos que se obtiene a través de un proceso de fabricación con cacao al que se pueden mezclar con otros productos (lácteos, azúcares o edulcorantes u otros aditivos). Las adiciones permitidas para la combinación deben ser máximo del 40% del peso total del producto terminado y se puede adicionar grasa vegetal que no sea manteca de cacao en cantidad que no debe exceder del 5% del producto terminado, luego de deducir el peso total de otro producto alimenticio comestible que se añada, sin reducirse el contenido mínimo de cacao. Cuando lo exijan las autoridades competentes, las grasas vegetales permitidas se prescribirán en la legislación correspondiente (NTP-CODEX STAN 87: 2017).

2.3.2. Ingredientes del chocolate

Pasta de cacao: Es el producto obtenido por la molienda o trituración del grano de cacao tostado, descascarillado y sin germen, sin quitar ni añadir ningún ingrediente, también el Codex Alimentarius, define al cacao en pasta como el producto que se obtiene del cacao sin cáscara ni germen a partir de vainas de cacao de calidad comercial, limpias y sin cáscara obtenida de modo técnicamente y lo más complejo posible (Gómez, 2018).

Manteca de cacao: La manteca de cacao es un fluido complejo que exhibe tixotropía, adelgazamiento por cizallamiento y un equilibrio cristal-fundido. Es la grasa más importante en la industria de la confitería y ha atraído la atención de los científicos durante los últimos 50 años debido a su comportamiento polimórfico único (Mishra et al., 2021).

Azúcar: Es el segundo ingrediente en el chocolate negro y es parte sustancial de muchos chocolates con leche y blancos. El propósito de este ingrediente es proporcionar dulzura al cacao que es amargo. Si bien las regulaciones de la FDA indican que se puede usar cualquier edulcorante nutritivo para fabricar chocolates, la sacarosa cristalina obtenida de la caña de azúcar o la remolacha azucarera es el más utilizado. El azúcar en la elaboración del chocolate no se disuelve, sólo se refina hasta llegar a partículas muy finas que crean una suave sensación suave (Trelles, 2018). El cristal de azúcar tiene que ser medio fino para la elaboración de chocolates y debe de estar seco y sin azúcar invertido, algunos grados de azúcar blanquecino, se aplican en la elaboración del chocolate. Los cristales de azúcar son extremadamente puros, con pureza mayor de 99,9 % y en raras ocasiones inferior a 99,7 % (Cavero, 2017).

2.3.3. Composición química del chocolate

El Chocolate es un alimento nutricionalmente completo, contiene materia grasa (30%), proteínas (6%), carbohidratos (61%), humedad (3%), contiene minerales (P, Ca, Fe), vitaminas A y del complejo B. El chocolate es un alimento muy energético, siendo un suplemento nutricional muy excelente para atletas, o en personas con elevada actividad física, que requieren poseer reservas energéticas adicionales; 100 g de chocolate proporcionan 500 kcal (Tafurt et al., 2020). Asimismo, el chocolate es una fuente de compuestos antioxidantes (polifenoles), que pueden combinarse con otros productos como lácteos, frutos secos, azúcares y/o edulcorantes, posee ácidos grasos predominantes saturados (18-25%), esteárico y palmítico, y alta cantidad de ácido oleico de 7-13% con una pequeña proporción de poliinsaturados como ácido linoleico (<1,5%) (Ramírez, 2018). Los valores nutricionales para el chocolate se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición promedio del chocolate en 100 g.

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Agua	1,30 g	Cobre	2,1 mg
Calorías	522 kcal	Zinc	4,0 mg
Grasa	55,30 g	Selenio	7,5 mg
Proteínas (N x 6,25)	10,30 g	Magnesio	1,918 mg
Hidratos de Carbono	28,30 g	Vitamina A	98 UI
Fibra	15,4 g	Vit. B1 (Tiamina)	0,080 mg
Potasio	833 mg	Vit. B2 (Riboflavina)	0,167 mg
Fósforo	417 mg	Vit. B3 (Niacina)	1,114 mg
Hierro	6,32 mg	Vit. B6 (Piridoxina)	0,095 mg
Magnesio	50 - 90 mg	Vitamina E	1,230 mg
Calcio	80 - 150 mg	Ácido Fólico	7 mcg

Fuente: Ramírez (2018)

2.3.4. Principales tipos de chocolates

Chocolate oscuro: También conocido como chocolate negro, semidulce, oscuro o chocolate fondant, su característica esencial es su sabor amargo o puro, debido a su composición, contiene mínimo, un 35 % de extracto seco total de cacao, del que el 18% cuanto menos es manteca de cacao y 14 % de extracto seco magro de cacao (Cajo, 2021).

Chocolate con leche: El chocolate con leche debe contener, mínimo 25 % de extracto seco de cacao (del cual por lo menos 2,5 % debe ser extracto seco magro de cacao) y mínimo de extracto seco de leche especificado de 12 % y 14 % (debiendo incluir, por lo menos, 2,5 % y 3,5 % de grasa de la leche) (Cajo, 2021).

Chocolate blanco: El chocolate blanco es aquel que contiene no menos de 20 % de manteca de cacao, y de este como mínimo debe contener 14 % de extracto seco de leche e incluirse un contenido mínimo de grasa de leche (1,2 % y el 3,5 %), de acuerdo a lo que determine la autoridad competente, según la legislación aplicable). Es preciso indicar que el extracto seco de la leche es referido a adicionar ingredientes lácteos en las proporciones naturales (Cajo, 2021).

2.3.5. Proceso de elaboración del chocolate

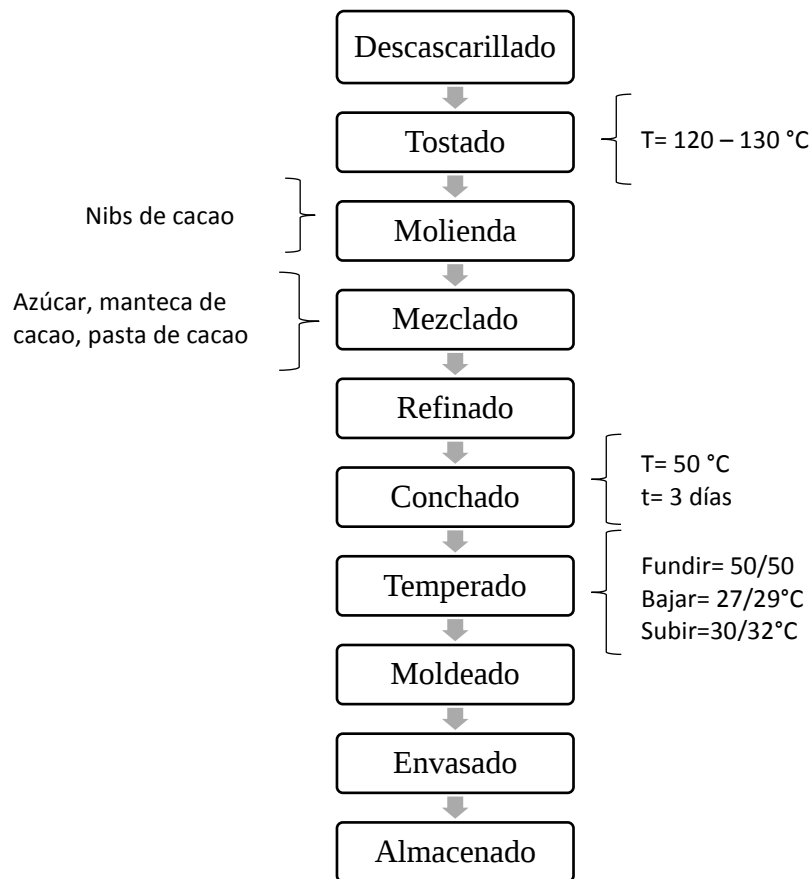


Figura 1. Flujograma proceso de elaboración del chocolate

Descascarillado: Es la eliminación de la cascara la cual se realiza basada en la diferencia de densidades de la cascara y el grano (Medina & Ordoñez 2018).

Tostado: El proceso de tostado es fundamental en la producción de licor de cacao porque allí se define el gusto y el aroma que posteriormente se resaltará en el chocolate. En este proceso se oscurece el color del cacao, facilitando el desprendimiento de la cascarrilla y alcanza la textura ideal para el quebrantamiento del grano (Medina & Ordoñez 2018).

Mezclado: En esta fase del proceso se utiliza un mezclador. Equipo que permite homogeneizar la pasta de cacao, manteca de cacao, azúcar y la leche adicionada de acuerdo con el tipo de chocolate que se quiere elaborar. Finalizada esta operación debe de obtenerse una mezcla homogénea (Burgos, 2021).

Refinado: El objetivo de esta operación es reducir el tamaño de las partículas del azúcar hasta obtener una finura adecuada. Además, a través de esta operación se eliminan los aglomerados que pudieron haberse formado, muele las partículas mayores y proporciona una masa consistente cuya textura es adecuada, para lograr este objetivo la refinadora posee 5 rodillos para lograr reducir el tamaño de la partícula de acuerdo con lo que el cliente lo especifique (Silva, 2020).

Conchado: El conchado es el paso de procesamiento en el que el chocolate se somete a un tratamiento térmico a largo plazo, fuerzas mecánicas, adición de grasa y emulsionantes. Existe una relación importante entre el sabor del chocolate y el tipo de proceso de conchado. Sin embargo, es un paso de procesamiento costoso debido a la larga duración de la aplicación a alta temperatura (Toker et al., 2019).

Temperado: El temperado es un proceso en donde la masa de chocolate se trata por medios térmicos para producir pequeñas fracciones dispersas homogenizadas, altamente estables de cristales de grasa del tamaño y tipo correcto la cual esto permitirá, que se ajuste la viscosidad para la etapa de moldeado, tenga mayor estabilidad del flujo del chocolate para la etapa de moldeado, como también buen brillo y color en la superficie (Castillo, 2021). El temperado viene a ser el tratamiento térmico proporcionado al chocolate para mejorar el color así como las características de dureza, de manipulación, de acabado y de conservación, para lograr un buen temperado, es necesario contar con una excelente manteca de cacao, es decir que está formada por triglicéridos con la composición especificada; con una estructura de glicerol con ácidos de tres tipos (1,3 dipalmito 2 oleina, 1 palmito 3 estearo 3 oleina, 1,3 diestearo 2 oleina) (Gómez et al., 2020).

Moldeado: El moldeado es un procedimiento por el cual se da forma al chocolate en moldes de plástico que son ligeros y flexibles para el desmoldado, aunque anteriormente y por varios años se ha utilizado moldes de metal. Es necesario que el chocolate se extienda uniformemente en el molde para eliminar el aire mediante vibraciones (Guamán & Ramírez, 2020).

Envasado: El envasado y el empaque del producto es una forma importante de comunicación de marketing. Al comprar alimentos o bebidas cotidianos, los consumidores basan su decisión de compra en las características extrínsecas del producto y su apariencia. Se presenta una diferencia respecto a la forma en la que los consumidores perciben las señales intrínsecas presente en el producto (sabor, aroma, textura) y en el modo en que se perciben las señales extrínsecas del producto (material de empaque, la información proporcionada y la marca), por ejemplo: material con que está elaborado el empaque, la

información, nombre de marca, el precio, etc. Las señales intrínsecas están asociadas a los sistemas sensoriales y perceptivos y las señales extrínsecas en cómo se procesan a través de los mecanismos cognitivos y los psicológicos (Gunaratne et al., 2019).

Almacenado: El chocolate tiene una vida útil de aproximadamente 12 a 24 meses; a medida que se almacena el chocolate se producen cambios estructurales. El almacenamiento inadecuado del chocolate los cambios pueden magnificarse, lo que provoca aumento del tamaño de las partículas, que es muy importante para la sensación que proporciona el chocolate en la boca. Los tamaños de partículas mínimos que son detectados por la lengua de la persona son de 20 a 30 μm ; es esencial controlar el tamaño de las partículas para proporcionar una suave sensación en boca, una fusión que se uniforme y una liberación de volátiles en forma apropiada. Algunas malas prácticas de almacenamiento pueden conducir a la presencia de floración de grasa o de azúcar, los que influyen en la calidad visual y en la textura. El Bloom es la causa principal de pérdida de la calidad en la industria del chocolate (Nightingale et al., 2011).

2.4. Análisis Sensorial del chocolate

2.4.1. Aroma

El aroma de los alimentos que se representan como características sensoriales de su olor, están dados por los ésteres, que al combinarse con otras moléculas generan compuestos volátiles, como el aroma de frutas. Las moléculas responsables del sabor que son percibidas por los sentidos del olfato y del gusto son los aldehídos y las cetonas; y en el caso de cacaos especiales son los que favorecen su calidad. Como principal sistema sensorial para la toma de la primera decisión en los alimentos es el olfato que son los responsables de la percepción de los aromas que son las moléculas volátiles de los alimentos y que determinan la decisión de consumirlos o no (Quintana & García, 2021).

2.4.2. Acidez

Viene a ser la sensación que es activada por la presencia de ácidos volátiles y no volátiles, este sabor ácido se genera en los granos de cacao que tuvieron un proceso violento de secado. Existen distintos tipos de acidez entre las que se encuentran el agradable (cítrica), indeseable (acética) y agrio (láctico). Al oler los granos de cacao se detectan la presencia de ácido acético, pero la acidez que es provocada por el ácido láctico solo puede ser detectada catando el licor de cacao o el chocolate que ha sido elaborado bajo esas condiciones,

un nivel alto de acidez está asociado con un pH de 5 o menos presente en los granos secos de cacao (Cajo, 2021).

2.4.3. Amargor

Es definido por un sabor fuerte y amargo debido a una falta de fermentación; esta sensación es percibida en la parte posterior de la lengua o en la garganta, cuya referencia es: café, cerveza, toronja (Yucra & Ramos, 2018).

2.4.4. Astringencia

Descrita como un sabor fuerte ocasionado por falta de fermentación; es expresado como sequedad en la boca como producto de la precipitación de proteínas al contacto con la saliva; lo que ocasiona un aumento de salivación; esta sensación es percibida en toda la boca, en la lengua, en la garganta y hasta en los dientes. Tiene como referencia: cacao no fermentado, mango verde, hojas de plátano, carambola pintona (Yucra & Ramos, 2018).

2.4.5. Defectos

Se describe como la floración de grasa en el chocolate por la cual es un problema sustancial para la industria, ya que afecta las características sensoriales del chocolate como el sabor y la apariencia. La floración de grasa puede tener diferentes apariencias dependiendo de los componentes, las condiciones de fabricación y las condiciones de almacenamiento. El mecanismo tradicionalmente aceptado para la floración de grasa visual es la consecuencia de la separación de la manteca de cacao de la matriz en la superficie del chocolate (Sato et al., 2021).

2.4.6. Sabor

El sabor del chocolate viene a partir de una mezcla compleja de numerosos componentes químicos, con un número estimado de más de 600 productos químicos diferentes asociados con sabor a chocolate. Las principales clases de químicos involucrados con el sabor del chocolate incluyen pirazinas, ésteres, aminas y amidas, ácidos e hidrocarburos, aunque muchas otras clases químicas (alcoholes, aldehídos, furanos, cetonas, piridinas, pirrones, pirroles y compuestos de azufre) identificados en el sabor del chocolate (Hartel et al., 2018).

2.4.7. Post gusto

Viene a estar descrito como un sabor de gran duración (prolongado) que se mantiene en el fondo de la lengua lo que favorece su intensidad y el recuerdo sensorial, también vienen a ser las sensaciones gustativas percibidas por la vía retronasal, y que permanece finalizada la cata, cuando la muestra ha sido disuelta completamente y pueden ser agradables o bien, desagradables (Quispe, 2019).

2.5. Color del chocolate

La textura, el sabor y el aroma característico del cacao, así como el color atractivo, hacen del chocolate un producto elaborado a partir del cacao más popular. Por lo que se podría decir que un buen chocolate comienza con el árbol de cacao, continuando con la cosecha, el beneficio y todas las distintas del procesamiento que están involucradas en el desarrollo de este. Durante estas operaciones del procesamiento actúan diferentes factores que son las que influyen en su calidad sensorial (Muñoz et al., 2012).

2.5.1. Color CELab

En tecnología alimentaria, el color es comúnmente expresado en el espacio de color CIELAB o CIE 1976 $L^* a^* b^*$, donde L^* es la luminosidad, a^* tiende al enrojecimiento (de verde a rojo), y b^* es el color amarillo (de azul a amarillo), sin embargo, esto a menudo se determina usando colorímetros, que miden la luz reflejada de una superficie en condiciones de iluminación estándar, las cuales estas mediciones se pueden realizar fácilmente para alimentos sólidos opacos, donde se refleja la mayor parte de la luz (Segura et al., 2017). El color es un atributo de calidad sensorial muy importante en la industria de alimentos y bioprocesos que influye en la elección y preferencia del público consumidor. Asimismo, el color de los alimentos es el resultado de los cambios químicos, bioquímicos, microbianos y físicos que ocurren durante las fases del desarrollo, maduración, manipulación poscosecha y el procesamiento, por otro lado, la medición del color de los productos alimenticios es utilizado como una medida indirecta de otros atributos de calidad, como el sabor y el contenido de pigmentos, ya que es un método más simple, rápida y puede ser correlacionada bien con las otras propiedades fisicoquímicas (Pathare et al., 2013).

2.6. Reología

La reología, ciencia del flujo y de la deformación de la materia, describe la interrelación producida entre la fuerza, deformación, temperatura y tiempo, que proporciona

información sobre el comportamiento y la estabilidad de un fluido, que puede estar en estado líquido, sólido o gaseoso. Los fluidos se clasifican en dos clases: Newtonianos: aquellos que tienen una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, en estos, la viscosidad solo depende de la temperatura y presión; y no newtonianos: aquellos cuyo comportamiento no es lineal en las condiciones impuestas, siendo los más comunes los fluidos pseudoplásticos y dilatadores, en los que los valores de viscosidad disminuyen y aumentan a medida que aumenta la velocidad de corte, respectivamente (Silva et al., 2021).

La caracterización reológica se lleva a cabo generalmente mediante mediciones en flujo de cizallamiento oscilatorio lineal, flujo de cizallamiento constante y flujo de cizallamiento transitorio. Los modelos reológicos se utilizan para caracterizar fluidos de acuerdo con su comportamiento reológico y, por lo general, utilizan expresiones matemáticas que correlacionan el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. El modelo de Newton proporciona una ecuación que describe el flujo ideal, con el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación proporcionalmente constantes, una relación característica de los fluidos newtonianos. Modelos de Bingham, Ostwald-de Waele, Herschell-Buckley, Arrhenius, entre otros; proporcionan ecuaciones que describen fluidos no newtonianos, como: suspensiones coloidales, soluciones de polímeros, pasta, gel y otros. Así, los modelos reológicos permiten simular la respuesta del fluido y predecir el comportamiento reológico en relación a la composición y las condiciones del proceso (Silva et al., 2021).

La reología alimentaria se enfoca en las propiedades de flujo de los elementos individuales que son suministrados, que exhiben ya una respuesta reológica compleja, el flujo de una matriz que está compuesta de alimentos al que se suma el procesamiento influyen en la estructura de los alimentos y sus propiedades. Para alimentos procesados, su composición y la incorporación de ingredientes para obtener un determinado alimento de calidad y el rendimiento del producto requiere de un conocimiento profundo de la reológica de los ingredientes individuales y en relación con el procesamiento de los alimentos y el producto final (Pisco, 2019).

2.7. Viscosidad

Es la resistencia que proporciona un fluido a las deformaciones graduales producidas por un esfuerzo de corte. La viscosidad efectiva es un parámetro de mucha importancia en los cálculos tecnológicos que están relacionados con el transporte de fluidos no-Newtonianos (Becerra, 2017). La viscosidad representa la resistencia de un fluido a deformarse bajo esfuerzo cortante. Define la resistencia interna de un fluido a fluir y puede

considerarse como las fuerzas de fricción que actúan dentro de un fluido en movimiento. La viscosidad también se define como la relación esfuerzo de corte versus velocidad de deformación (Springer, 2015).

2.7.1. Viscosidad absoluta o dinámica

La viscosidad absoluta o dinámica es una propiedad de los fluidos caracterizada por su resistencia a fluir, es el equivalente al rozamiento entre los sólidos debido principalmente a las fuerzas de adhesión y cohesión que existe entre las moléculas que los componen y las del contenedor. El conocimiento de esta propiedad del fluido es muy importante en los procesos industriales, físicos y en los biológicos. Considerando también la escasez de experimentos que permitan determinar la viscosidad de líquidos con bajos coeficientes (Delugo et al., 2021).

2.7.2. Viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática se define como la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad. Su unidad es el stoke = $\frac{cm^2}{segundo}$; en la práctica es utilizado el centistoke, que viene a ser la centésima parte de un stoke. Por analogía la viscosidad cinemática está referida a la difusividad del fluido (López, 2018).

2.7.3. Viscosidad aparente

Constituye el cociente entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación, es medida a una determinada velocidad de corte y a una temperatura fija en unidades de centipoises. Este término se utiliza cuando se trata de viscosidad en fluidos no newtonianos (Bustos, 2017).

2.7.4. Tipos de fluidos

Los fluidos se clasifican en: Newtonianos, no newtonianos y viscoelástico, como se manifiesta en la Figura 2 (López, 2018).

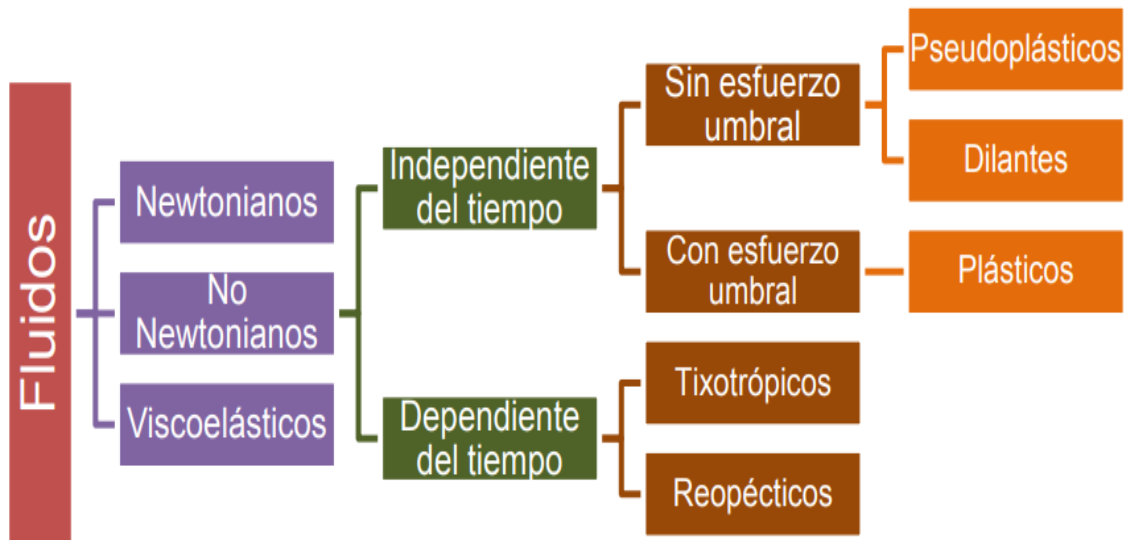


Figura 2. Clasificación de los fluidos

Fluido Newtonianos: Llamado también fluido viscoso lineal, en este tipo de fluido, la viscosidad es constante para cualquier valor de τ , es decir, su representación gráfica es una línea recta que pasa por el origen como se muestra en la Figura 3.

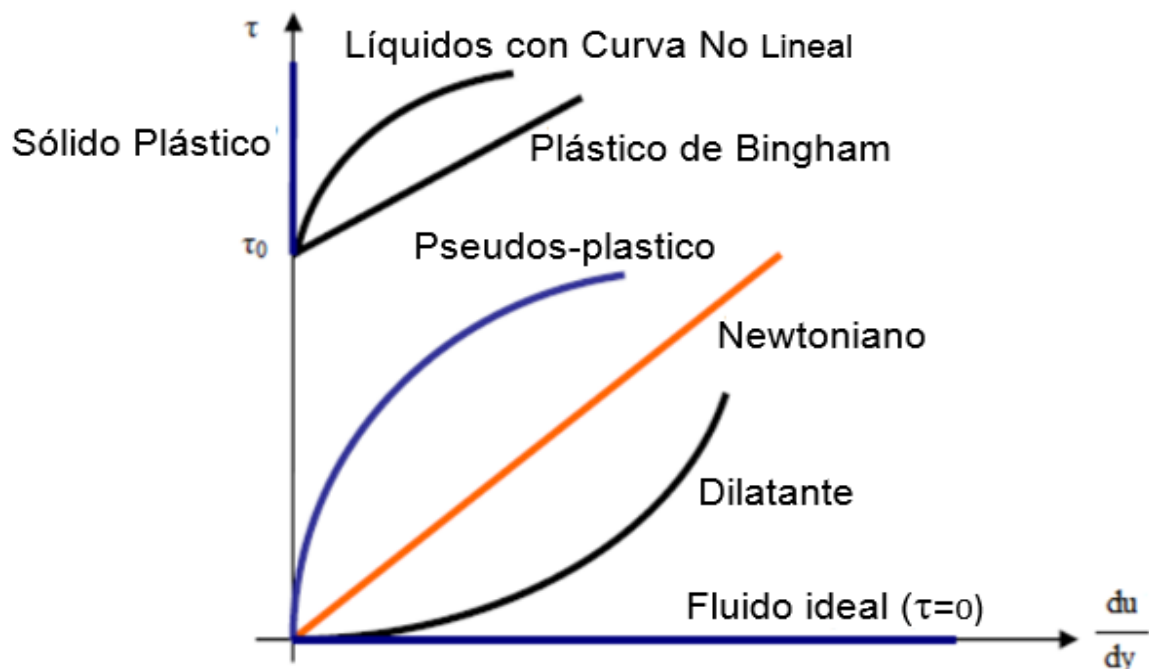


Figura 3. Fluido Newtoniano

Fluidos no Newtonianos: Los líquidos no newtonianos se clasifican como: independiente del tiempo y dependiente del tiempo (Figura 4). Los independientes del tiempo responden inmediatamente al flujo cuando se aplica una pequeña cantidad de esfuerzo de cizallamiento. La relación entre tensión de cizallamiento y velocidad de cizallamiento es no lineal. Se tienen dos tipos importantes de líquidos no newtonianos independientes del tiempo: líquidos de corte adelgazadores y líquidos de estrechamiento por cizalladura (Becerra, 2017). Son aquellos en los que la viscosidad del líquido está en función del esfuerzo cortante (τ), presión, temperatura y tiempo de exposición a este esfuerzo. En un gráfico cuyas coordenadas (x, y) sean velocidad de corte o cizallamiento (γ) contra esfuerzo cortante se puede observar el comportamiento del fluido al ser expuesto a un movimiento rotacional, como se presenta en la Figura 4 (Bustos, 2017).

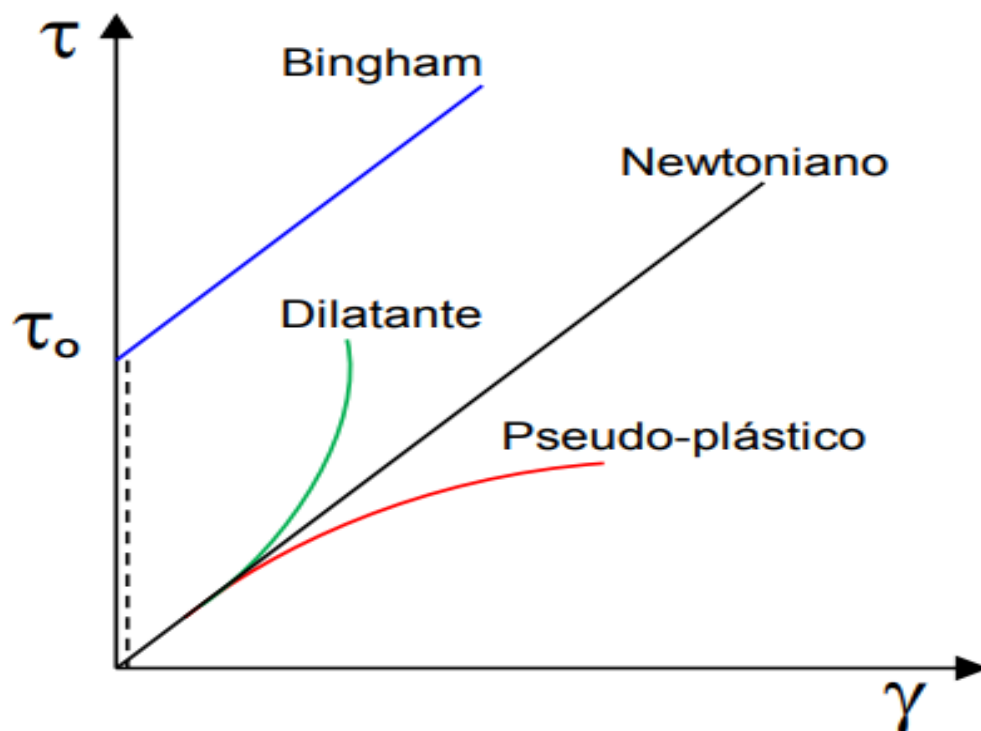


Figura 4. Fluidos no Newtonianos

2.7.5. Modelos reológicos

Los modelos reológicos son relaciones matemáticas que permiten caracterizar las características reológicas de un fluido, estudiando deformación a una tasa de corte específica. Existen varias ecuaciones que permiten describir el comportamiento no newtoniano del material, de ellos, los más utilizados en la industria alimentaria son: Ley de

potencia Ostwald de Welle y Casson (Ramos, 2013). Los modelos reológicos para los fluidos se aprecian en la Tabla 2.

Modelo de Ostwald de Waelle (Ley de potencia): Es un modelo que considera dos parámetros, para ello, la viscosidad absoluta disminuye a medida que la tasa de corte aumenta, la relación entre la tasa de corte y el esfuerzo de corte está dada por la ecuación 1 (Ramos, 2013).

$$\tau = KY^n \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

τ : esfuerzo cortante (Pa)

Y: velocidad de deformación (s^{-1})

K: Índice de consistencia ($Pa \cdot s^n$)

n: Índice de comportamiento de flujo (adimensional)

Bajo este modelo los fluidos comienzan a fluir a una tasa de corte cero. Si en la ecuación, el índice de comportamiento reológico n es >1 , el fluido es dilatante, la viscosidad del fluido aumenta a medida que aumenta la velocidad de cizalladura. Si $n < 1$, el fluido es pseudoplástico (Ramos, 2013).

Modelo de Casson: Este modelo permite una buena descripción de las características reológicas de los fluidos de perforación. A altas temperaturas y bajas presiones la aproximación se hace más pobre, está representada por la Ecuación 2.

$$\tau^{1/2} = \tau_y + (nD)^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

τ = esfuerzo cortante (Pa)

τ_y = límite de fluencia (s^{-1})

n = viscosidad plástica

D = gradiente de velocidad

Tabla 2. Modelo reológico para los fluidos

Modelo de Flujo	Ecuación
Newtoniano	$\tau = \eta \dot{\gamma}$
Bingham	$\tau = \eta_0 + \eta \dot{\gamma}$
Casson	$\tau^{0.5} = \tau_0^{0.5} + \eta \tau_\infty^{0.5} \dot{\gamma}^{0.5}$
Potencia	$\tau = K \dot{\gamma}^n$
Herschel – Bulkley	$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^n$
Sisko	$\eta = \eta_\infty + K \dot{\gamma}^n$
Williamson	$\eta = \eta_\infty + \frac{(\eta_0 - \eta_\infty)}{1 + \frac{\tau}{\tau_m}}$
Cross	$\eta = \eta_\infty + \frac{(\eta_0 - \eta_\infty)}{1 + \alpha \dot{\gamma}^n}$
Carreau – Yassuda	$\eta = \eta_\infty + \frac{(\eta_0 - \eta_\infty)}{1 + (\dot{\gamma} \lambda)^a]^{\frac{n-1}{a}}}$

Fuente: Ahmed (2021).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación fue realizado en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) y en las instalaciones del CITE Agroindustrial Huallaga en Jr. Piura 1076, ambos ubicados en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; altitud 660 m.s.n.m., 09° 17' 08" Latitud Sur y 75° 59' 52" Latitud Oeste, clima tropical húmedo, humedad relativa media 84% y temperatura media anual de 24 °C.

3.2. Material de análisis

Muestras de chocolate con 60% de cacao recabadas de las pequeñas empresas y cooperativas que elaboran sus productos y están ubicados en la provincia de Leoncio Prado - Huánuco, según se muestra en la Tabla 3.

3.3. Equipos y materiales

3.3.1. Equipos

Balanza digital marca SM capacidad 10 Kg; Baño maría modelo YCW – 010E (GEMMYCO); Viscosímetro de Brookfield DVIII Ultra; Colorímetro modelo Chroma meters CR-400 (Konica minolta), 50-60 Hz, 0.4 A. Termómetro modelo marca Ebro, modelo TLC 730.

3.3.2. Materiales

Recipientes de acero inoxidable de 0,5 y 1 L, espátulas, cuchara, envases de vidrio de 250 mL, envases de plástico de 500 mL, tazones, papel toalla, tecnopor.

Tabla 3. Empresa y marca del chocolate comercializado en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.

MUESTRA	MARCA	RAZON SOCIAL	RUC	DIRECCIÓN	PORCENTAJE DE CACAO
M1	Shanenly	Inversiones YESHVIT S.A.C	20603769741	Jr. Huánuco 175	60%
M2	Chocolates DIV	Fundo Jireh IRL	20489639786	Venenillo	60%
M3	Choco Pasión	CAI Bella	20600668430	Car. Monzón Mz. C Lote 0	60%
M4	Milán	Agroindustrial Milán S.A.C	20601143551	Jr. Víctor Raúl H.T. Mz I Lote 15	60%
M5	Ovaldizan	Divisoria Trading S.R. L	20573243332	Caserío Huayhuante Mz. 1 Lote 5	60%
M6	Shaukely	D' Tinguito E.I.R. L	20603258119	Jr. Tocache N° 155	60%
M7	Choco Tingo	Chocolate Artesanal RyA	10406773723	Jr. Miguel Grau - Laureles	60%
M8	Alto Huallaga	Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga	20528976612	Jr. Víctor Raúl H.T N° 246 Castillo Grande	60%
M9	Aucacopp	Cooperativa Agraria Aucayacu	20573260008	Carretera Marginal S/N Aucayacu	60%
M10	Kimpito	Navinttato S.A.C	2060583579	Pj. Las Violetas	60%
M11	Katalu	Inversiones Katalu	20605405372	Castillo Grande	60%

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Evaluación reológica de las muestras de chocolate

Se realizó con la ayuda del viscosímetro Brookfield DVIII ultra. Tres repeticiones por cada tratamiento, a diferentes velocidades de rotación.

3.4.2. Evaluación sensorial

Se realizó mediante el protocolo de prueba utilizando el formato de catación de análisis sensorial de cacao ficha de catación de Investiga Innova Cacao Chocolate que utilizan las cooperativas de cacao (Anexo I) (APPCACAO, 2015).

3.4.3. Análisis del color

Evaluación de los parámetros del color CIEL*a*b* utilizando el colorímetro SPECTROPHOTOMETER CM-5 (Konica Minolta) software CM-S100w Spectral Magic NX (Konica Minolta, 2016).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Evaluación reológica

Utilizándose el viscosímetro Brookfield RV DV-III Ultra, con el spindle N° 06 a temperatura de 45 °C de donde se obtuvieron la viscosidad a velocidades de rotación de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 rpm, se determinó el esfuerzo de corte (τ) y la velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) y mediante la Ley de Potencia, se obtuvieron el índice reológico (n) y el índice de consistencia (k).

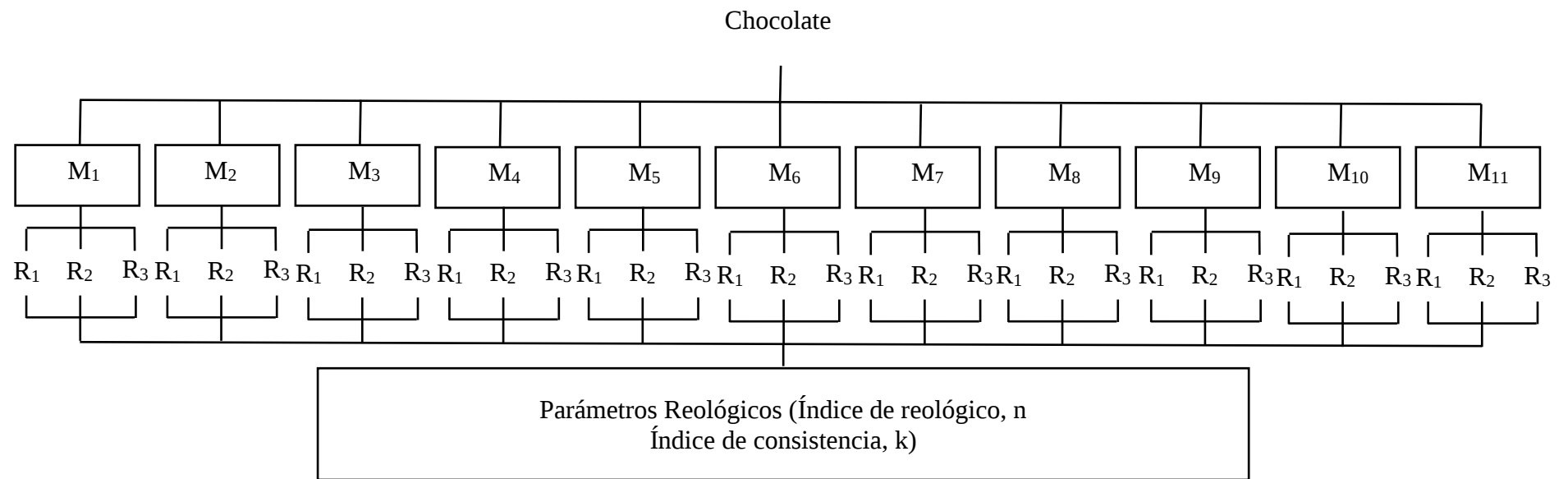
3.5.2. Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial se obtuvieron muestras de chocolate al 60% de las distintas empresas productoras de la provincia de Leoncio Prado. La evaluación sensorial fue realizada por 3 catadores expertos en el rubro de cacao (Ing. Zara Elizabeth Saavedra Gómez; Ing. Lidia Yessenia Saavedra Gómez; Juan Francisco Iman Diaz) quienes midieron, analizaron e interpretaron las características del chocolate percibidas por los sentidos de la vista, olfato y gusto (aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos, sabor, pos-gusto), determinándose los perfiles organolépticos de la muestra, para lo cual utilizaron la Ficha de catación APPCACAO (Anexo A1), en ella la intensidad va de 0 a 5 diferenciado por tonalidades, la descripción (atributos o defectos encontrados), la calidad (0 = pésimo y 10 = excelente), el puntaje por cada categoría y el puntaje final obtenida por muestra.

3.5.3. Análisis del color

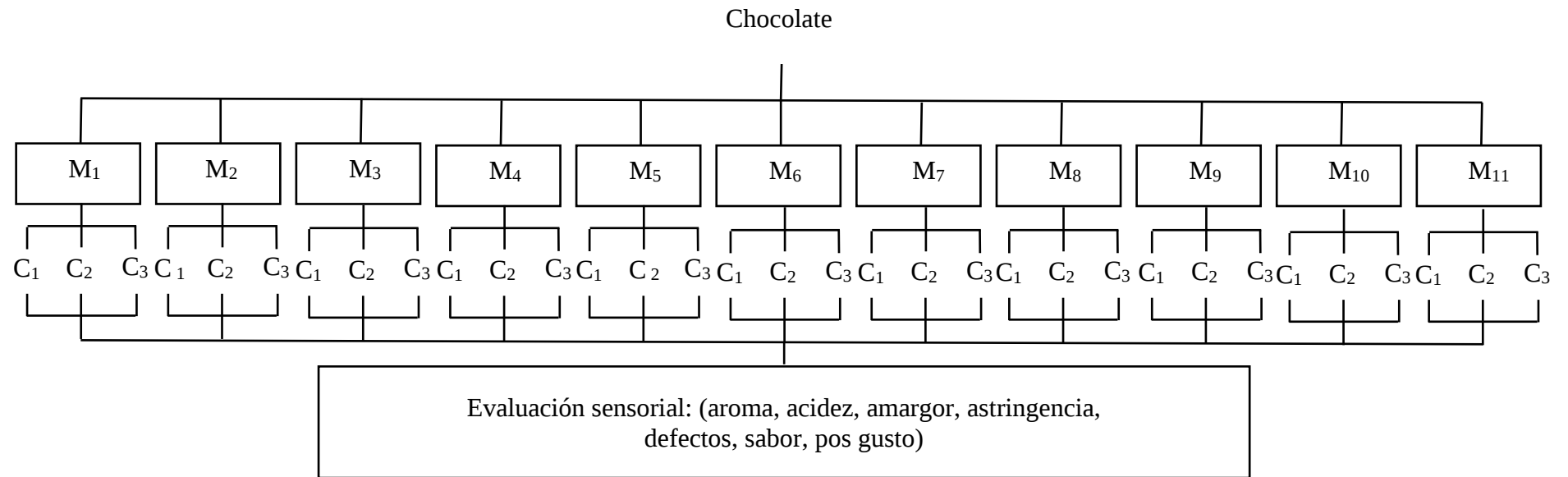
Se utilizó el colorímetro modelo SPECTROPHOTOMETER CM-5 (Konica Minolta) software CM-S100w Spectral Magic NX, calibrando con un patrón de referencia luz blanca y luz oscura, las imágenes en color de las superficies de chocolate se convirtieron al sistema CIELAB: L^* , luminancia que varía de 0 (negro) a 100 (blanco); y a^* (verde a rojo) y b^* (azul a amarillo) con valores de -120 a +120. Los valores L^* , a^* , b^* se tomaron por triplicado y se calcularon e informaron los valores de promedio (Konica Minolta, 2016).

3.6. Diseño Experimental



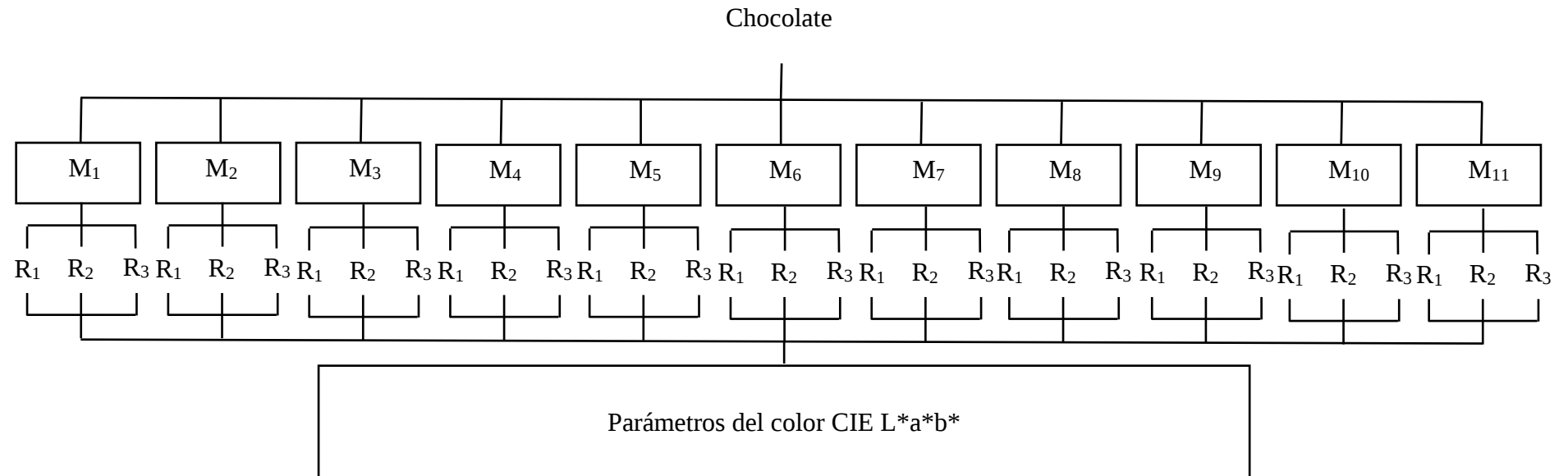
$M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7, M_8, M_9, M_{10}, M_{11}, M_{12}, M_{13}$ = Muestras de Chocolates R_1, R_2 y R_3 = Repeticiones

Figura 5. Diseño experimental para la evaluación reológica de los chocolates elaborados en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.



M₁, M₂, M₃, M₄, M₅, M₆, M₇, M₈, M₉, M₁₀, M₁₁, M₁₂, M₁₃ = Muestras de Chocolates C₁, C₂ y C₃ = Catadores

Figura 6. Diseño experimental para la evaluación de la calidad sensorial de los chocolates elaborados en la Provincia de Leoncio Prado – Huánuco.



$M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7, M_8, M_9, M_{10}, M_{11}, M_{12}, M_{13}$ = Muestras de Chocolates R_1, R_2 y R_3 = Repeticiones

Figura 7. Diseño experimental para la evaluación de los parámetros de color de los chocolates elaborados en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco.

3.7. Análisis Estadístico

3.7.1. Evaluación de la calidad reológica del chocolate

Los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante un diseño completo al azar DCA; con tres repeticiones cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}	=	Resultado de los parámetros reológicos.
μ	=	Efecto de la media general de las evaluaciones.
α_i	=	Efecto de los tratamientos.
E_{ij}	=	Error experimental.

Variables independientes: Marcas de chocolate

Variables dependientes: Resultados del parámetro reológicos (Índice reológico, n. Índice de consistencia, k. Si hubiese significancia entre tratamientos, se utilizó la prueba Tuckey, a un nivel de significación del 5%. El análisis estadístico se realizó con el software STATGRAPHICS CENTURION, versión 16.103.

3.7.2. Evaluación de la calidad sensorial atributos en catación y calidad sensorial del chocolate de las diferentes marcas

Los resultados de la evaluación sensorial fueron evaluados estadísticamente mediante un diseño completo al azar DCA; con tres repeticiones para lo cual se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}	=	Resultados de la evolución sensorial.
μ	=	Efecto de la media general de las evaluaciones.
α_i	=	Efecto de los tratamientos.
E_{ij}	=	Error experimental.

Variables independientes: marcas de chocolate

Variables dependientes: características sensoriales.

Si hubiera significancia entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis con un nivel de significación del 5%. El análisis estadístico se realizó mediante el software STATGRAPHICS CENTURION, versión 16.103.

3.7.3. Evaluación de parámetros de color de las diferentes marcas de chocolate

Los resultados fueron evaluados estadísticamente empleando un diseño completo al azar DCA; con tres repeticiones cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Resultados de los parámetros de color de los chocolates.

μ = Efecto de la media general de las evaluaciones.

α_i = Efecto de los tratamientos.

E_{ij} = Error experimental.

Variables independientes: marcas de chocolate

Variables dependientes: resultados de parámetro de color CIE L*a*b* de los chocolates.

De existir significancia entre los tratamientos, se evaluó con la prueba Tuckey, con un nivel de significación del 5%. El análisis estadístico se realizó con el software STATGRAPHICS CENTURION, versión 16.103.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación reológica de los chocolates comerciales

Los datos tomados de las diferentes lecturas con el Viscosímetro Brookfield DVIII- ultra, (10 – 100 rpm) se presentan en el Anexo III. Las gráficas: Esfuerzo de corte versus velocidad de deformación (Figura 8), indican que, cuanto más gruesos son los chocolates generalmente necesitan fuerzas iniciales más altas para iniciar el flujo. La gráfica viscosidad aparente en función del esfuerzo de corte (Figura 9), indica una disminución gradual de la viscosidad aparente en todas las muestras a medida que aumenta la velocidad de deformación.

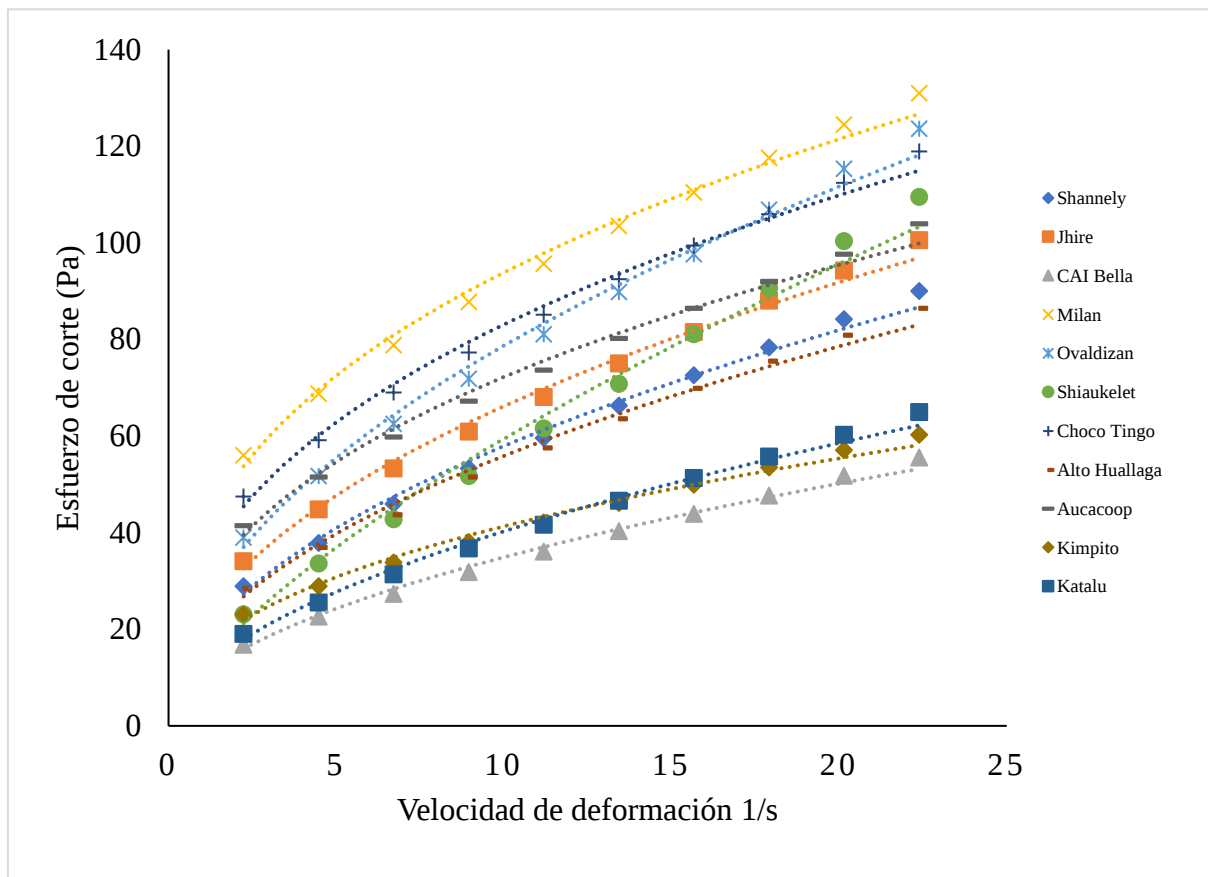


Figura 8. Esfuerzo de corte versus velocidad de deformación

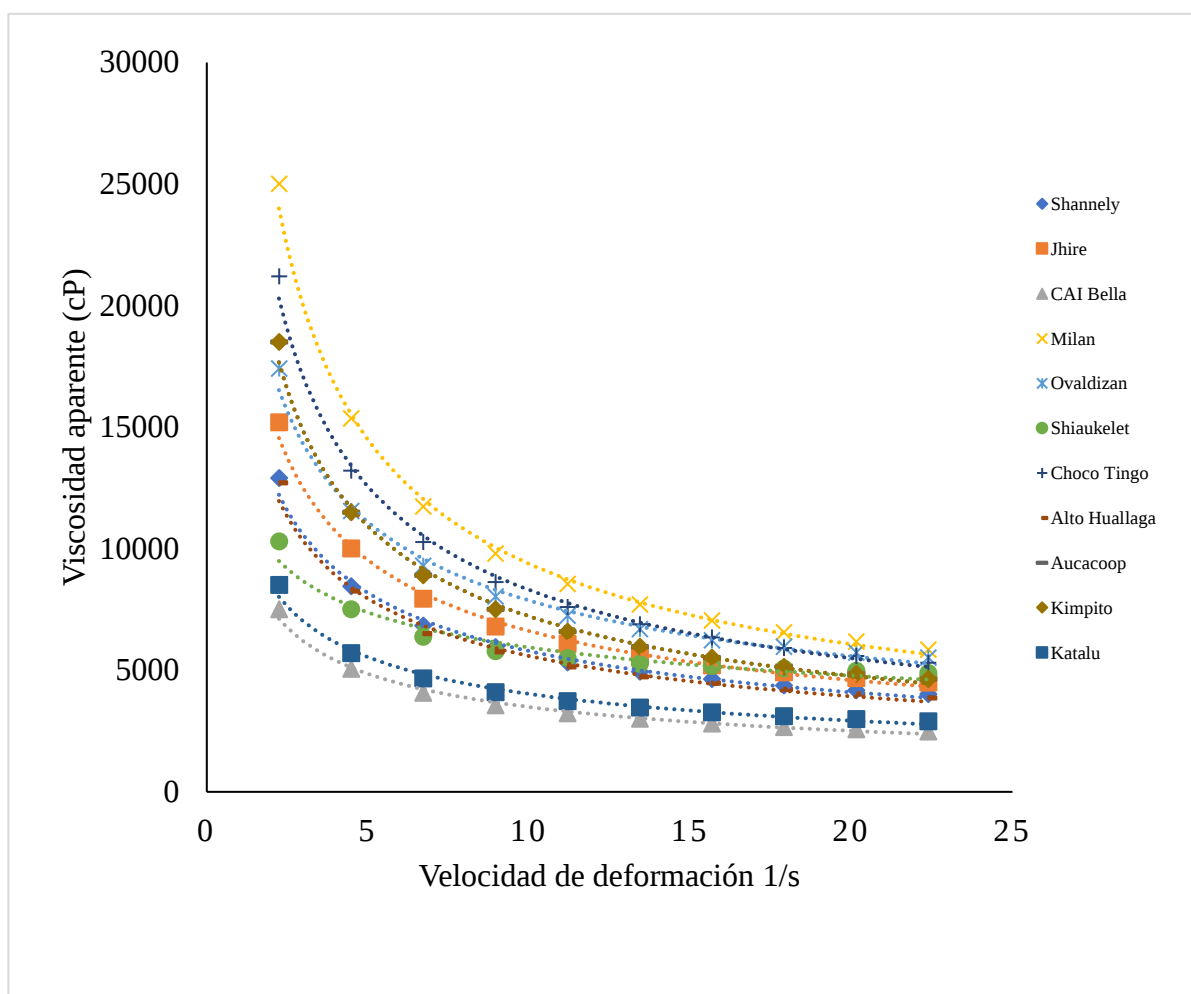


Figura 9. Viscosidad aparente versus velocidad de deformación

Los resultados de los parámetros reológicos determinados por la ley de potencia: índice de consistencia (k) e índice reológico (n) se muestra en la Tabla 3

Según los resultados obtenidos, los chocolates presentan un comportamiento pseudoplástico (índice reológico $n < 1$).

Los valores de índice de consistencia (k) oscilan entre $10,3887 \pm 0,06 \text{ Pa.s}^{-1}$ a $40,163 \pm 0,51 \text{ Pa.s}^{-1}$ para las diferentes muestras, el índice de flujo (n) presenta valores de $0,3433 \pm 0,02$ a $0,6403 \pm 0,04$; estos resultados pueden deberse a factores como el tiempo de conchado, tostado y formulación de cada chocolate. Por otro lado, Vásquez et al. (2019) quienes estudiaron las propiedades reológicas del chocolate indican que el modelo Carreau proporcionó los mejores ajustes en el rango más amplio de velocidad de deformación.

Tabla 3. Parámetros reológicos de las diferentes marcas de chocolate.

Marca de chocolate	Muestra	Parámetro Reológico	
		K (Pa.s ⁻¹)	n
Shanenly	M1	17,929±0,31 ^d	0,4797±0,02 ^{ab}
Chocolates DIV	M2	21,764±0,47 ^e	0,6264±0,31 ^{ab}
Choco Pasión	M3	10,3887±0,06 ^a	0,4855±0,03 ^{ab}
Milán	M4	40,163±0,51 ⁱ	0,3433±0,02 ^a
Ovaldizan	M5	25,472±0,82 ^f	0,4614±0,03 ^{ab}
Shaukely	M6	13,4447±0,40 ^b	0,6403±0,04 ^b
Choco Tingo	M7	31,7683±0,61 ^h	0,3756±0,02 ^{ab}
Alto Huallaga	M8	18,5647±0,54 ^d	0,4548±0,03 ^{ab}
Aucacoop	M9	29,1087±0,51 ^g	0,3722±0,02 ^{ab}
Kimpito	M10	15,6793±0,11 ^c	0,4046±0,02 ^{ab}
Katalu	M11	11,5793±0,05 ^a	0,506±0,03 ^{ab}

Parámetros reológicos, índice de consistencia k, e índice reológico n, con diferente superíndice indican diferencia significativa por la prueba de Tukey (P<0,05).

El mayor valor obtenido en el parámetro reológico índice de consistencia correspondió a la muestra M4 (Milan) con $K=40,163\pm0,51 \text{ Pa.s}^{-1}$ estadísticamente diferentes a las demás marcas. El menor valor de índice de consistencia fue para la muestra M3 (Choco Pasion) con $k=10,38\pm0,06 \text{ Pa.s}^{-1}$ estadísticamente igual a M11 (Katalú) con $11,5793\pm0,05 \text{ Pa.s}^{-1}$.

El mayor valor obtenido en el parámetro reológico índice de flujo correspondió a la muestra M6 (Shaukely) con $n=0,6403\pm0,04$ estadísticamente igual a las demás marcas excepto M3 (Milan) con $n=0,3433\pm0,02$.

Tolve et al. (2021) estudiaron la aceptabilidad fisicoquímica y sensorial de la pasta de chocolate sin azúcar, utilizando la ley de potencia obtuvieron valores para índice de consistencia e índice de flujo ($K=46,38\pm1,08 \text{ Pa.s}^{-1}$; $n=0,00$), sostienen que el modelo Casson sería el método oficial para interpretar los datos de flujo del chocolate, considerando el modelo de ley de potencia como información adicional sobre el comportamiento de flujo.

Ceballos (2016) indican que el comportamiento reológico del chocolate fundido depende de varios factores interdependientes, como el nivel de humedad, los ingredientes (contenido de grasa, tipo de emulsionante y concentración), así como también la distribución del tamaño de las partículas, forma de las partículas y estrategia de procesamiento. Además,

Fernandes et al. (2011) manifiestan que la incorporación de partículas sólidas (azúcar) produce aumento de la viscosidad en muestras de chocolate.

Ashkezary et al. (2018) estudiaron las características reológicas y texturales de los chocolates compuestos, cuyos valores fueron $k = 17,49 \text{ Pa.s}^{-1}$ y $n = 0,999$, asimismo manifiestan que, la adición de emulsionante al chocolate provoca un cambio en el índice de consistencia y no afecta al índice de flujo. Por otra parte, Palomo (2016) menciona que los parámetros reológicos del chocolate se ven influenciados por la composición de los ingredientes del chocolate.

4.2. Evaluación sensorial de los chocolates

Los resultados de la evaluación de las características sensoriales de los chocolates (color, acidez, amargor, astringencia, defectos, sabor, post gusto) se muestran en la Tabla 4 y el QDA en la Figura 10. Los resultados, sometidos al análisis de varianza con la prueba de Kruskal-Wallis, mostraron:

Con respecto al **atributo aroma** el que tuvo mayor puntaje fue M9 (Aucacoop) con un calificativo de $7,33 \pm 0,57$ “aroma bueno”, sin embargo si presenta diferencia significativa en este atributo con las otras marcas, excepto con M5 (Ovaldizan) y M10 (Kimpito), el mayor calificativo puede deberse a factores como, secado, tostado, conchado tal como lo indica Saputro et al. (2018), el aroma volátil del chocolate está muy influenciado por el manejo de postcosecha, fermentación, secado y el procesamiento de (tostado, conchado) en los granos de cacao. Con respecto a este mismo atributo las muestras M5 y M10 tuvieron el menor puntaje con un calificativo de 5,66 esto puede deberse a lo citado por Delgado (2019), que los granos al no estar bien fermentados desarrollan poco sabor y aroma a chocolate después de haber sido tostados, asimismo indican que los cacaos sin fermentar generan chocolates con aromas poco intensos y con poco sabor a cacao, con sabor amargo y astringente y poco ácido y con aroma afrutado. Liu et al. (2017) sostienen que los factores que afectan el aroma del chocolate son: el origen del grano, el procesamiento postcosecha (fermentación y secado), el tostado y el almacenamiento; entre ellos, el origen del grano de cacao es el factor más importante que determina el aroma de todos los productos, y está relacionado tanto con factores genéticos como ambientales; mientras que Voigt (2012) menciona que el aroma específico de chocolate y cacao se forma durante el tostado, pero no de cacao sin fermentar, por lo cual los componentes esenciales del aroma específico de chocolate y cacao se generan mediante reacciones de Maillard inducidas por el calor de aminoácidos libres y péptidos con azúcares reductores.

Tabla 4. Resultado de la evaluación sensorial de los chocolates comercializados en la provincia de Leoncio Prado

Marca de chocolate	Muestra	Atributos						
		Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Sabor	Pos gusto
Shanenly	M1	6,33±0,57 ^{ab}	6,00±00 ^a	6,33±0,57 ^a	6,67±0,57 ^a	18,00±3,46 ^b	13,33±1,15 ^a	6,00±00 ^a
Chocolates DIV	M2	7,00±00 ^{ab}	6,00±00 ^a	6,33±0,57 ^a	5,67±0,57 ^a	15,33±2,30 ^{ab}	12,67±1,15 ^a	6,33±0,57 ^a
Choco Pasión	M3	6,00±00 ^{ab}	5,66 ±0,57 ^a	5,66±1,15 ^a	5,33±0,57 ^a	14,67±1,15 ^{ab}	11,33±1,15 ^a	5,67±0,57 ^a
Milán	M4	7,00±00 ^{ab}	6,33±0,57 ^a	6,33±0,57 ^a	6,33 ± 0,57 ^a	16,00 ±2,00 ^{ab}	12,67 ± 1,15 ^a	6,00±00 ^a
Ovaldizan	M5	5,66±0,57 ^a	6,00±00 ^a	6,00±00 ^a	5,33 ± 0,57 ^a	14,67±1,15 ^{ab}	11,33±1,15 ^a	5,67±0,57 ^a
Shaukely	M6	6,00±00 ^{ab}	5,66±0,57 ^a	5,33±0,57 ^a	5,33±0,57 ^a	11,33±1,15 ^a	11,33±1,15 ^a	5,33±0,57 ^a
Choco Tingo	M7	6,66±0,57 ^{ab}	6,33±0,57 ^a	6,00±1,0 ^a	5,67±1,15 ^a	15,33±1,15 ^{ab}	11,33±1,15 ^a	5,67±0,57 ^a
Alto Huallaga	M8	6,33±0,57 ^{ab}	6,33±0,57 ^a	6,33±0,57 ^a	5,33±0,57 ^a	16,00±2,00 ^{ab}	12,67±1,15 ^a	6,33±0,57 ^a
Aucacoop	M9	7,33±0,57 ^b	6,33±0,57 ^a	6,67±0,57 ^a	6,33±0,57 ^a	18,00±2,00 ^b	13,33±1,15 ^a	6,67±0,57 ^a
Kimpito	M10	5,66±0,57 ^a	5,66±0,57 ^a	5,33±0,57 ^a	5,33±0,57 ^a	12,67±1,15 ^{ab}	10,67±1,15 ^a	5,33±0,57 ^a
Katalu	M11	6,66 ±0,57 ^{ab}	6,00±00 ^a	6,00±00 ^a	5,67±1,15 ^a	14,67±1,15 ^{ab}	12,67±2,30 ^a	5,67±0,57 ^a

Resultados de la misma columna con super índice diferente presentan diferencia estadísticamente ($P < 0,05$).

Con respecto al **atributo Acidez**, los puntajes fueron estadísticamente iguales con un calificativo promedio de $6,33 \pm 0,57$ “acidez regular”. La acidez también está influenciado por el secado de los granos, tal como indica CAOBISCO ECA FCC (2015) un secado adecuado reduce la acidez en los granos fermentados, si el secado es demasiado rápido la acidez persiste durante el proceso de elaboración, el ácido acético que está presente en los granos secos se reduce a nivel bajo, pero el ácido láctico por no ser volátil sigue estando presente, lo que provoca un sabor indeseado en el chocolate, además, la acidez excesiva no permite el desarrollo del sabor del chocolate. García & Martínez (2018) mencionan que la presencia de ácido acético puede ser detectado fácilmente al oler los granos, pero la acidez que es provocada por el ácido láctico sólo es detectada cuando se cata el chocolate ya elaborado.

Para los **atributos amargor y astringencia** no existe diferencia significativa entre todas las marcas evaluadas, el calificativo promedio fue de $6,33 \pm 0,57$ “amargor regular” y para astringencia con un calificativo promedio de $5,33 \pm 0,57$ “astringencia regular”. Voigt (2012) indica que estos sabores fuertes y amargos pueden ser debido a la falta de fermentación, siendo clave en la etapa de procesamiento que provoca la muerte del frijol y facilita la remoción de la pulpa y posterior secado. Durante esta etapa, se inicia la formación del aroma, el desarrollo del color y reducción significativa del amargor. Rojas y Rojas (2018) indican que el grado de astringencia en el chocolate lo determinan los compuestos polifenólicos y el grado de amargura las purinas (cafeína y teobromina), por otro lado, el complejo polipéptidos fenoles y pirazinas, participan en el sabor a dulce y a nuez del chocolate; Moreno Martínez et al. (2019) manifiestan que los granos del clon CCN 51, presentan bajo porcentaje de fermentación y alta acidez, amargor y una sensación de astringencia para la elaboración del chocolate.

Para el **atributo defectos**, los catadores calificaron con mayor puntaje de $18 \pm 3,46$ M1 (Shanenly) y $18 \pm 2,00$ M9 (Aucaoop) “menor defecto” y son estadísticamente iguales a las otras marcas excepto M6 (Shaukely) con $11,33 \pm 1,15$ puntos “mayor defecto”; cabe recalcar que si hubo diferencia estadística con respecto a la calificación de los chocolates, esto puede atribuirse a la mala fermentación de los granos de cacao, tal como indican Vera et al. (2020), que los defectos indican presencia de sabores defectuosos no característicos del cacao, el cual está asociado generalmente al deterioro del producto, los defectos más comunes son: guardado, tierra mojada, lodo, polvo, húmedo y arcilla. De Pelsmaecker et al. (2018) indican que las características sensoriales del chocolate también están influenciadas por los ingredientes utilizados junto a los granos de cacao, el cacao tiene un sabor amargo natural causado por la presencia de polifenoles y alcaloides. Zambrano et al. (2018) sostienen que, el aire y la luz pueden causar descomposición de las grasas en el chocolate, el proceso de oxidación provoca

un cambio de sabor y el desarrollo de un olor desagradable, la manteca de cacao absorbe aromas fuertes y, por lo tanto, no es aconsejable almacenar el chocolate junto con productos de olor fuerte.

En el **atributo Sabor**, los evaluadores calificaron con mayor puntaje $13,33 \pm 1,15$ para las muestras M1 (Shanenly) y M9 (Aucaoop) “sabor bueno”, no hubo diferencia estadística con las otras marcas; el sabor del chocolate puede deberse al tipo de grano de cacao, genética, procesamiento industrial. Engeseth et al. (2018) indican que el desarrollo del sabor en el chocolate depende en gran medida de múltiples factores, incluidas las condiciones de crecimiento del cacao, suelo, clima, genética, manejo, procesamiento post cosecha, formulación real y procesamiento del chocolate y por otro lado Toker et al. (2019) mencionan que hay varios compuestos clave (compuestos químicos no volátiles y volátiles) que especifican el carácter final del sabor, así mismo sostienen que los factores químicos, biológicos y físicos afectan la formación y el desarrollo del sabor, la fermentación del grano de cacao es necesaria para la formación de precursores clave del sabor que contribuyen a los caracteres del chocolate; Barišić et al. (2019) manifiestan que el tostado se realiza a altas temperaturas, los precursores obtenidos por degradación de las proteínas durante la fermentación, son sometidas a reacciones químicas, dentro de ellas, la más importante, la reacción de Maillard (grupo carbonilo de los azúcares reductores y grupo amino de los aminoácidos o proteínas) y por medio de estas reacciones el cacao logra proporcionar ese aroma y sabor característicos al chocolate.

Para el **atributo post gusto**, los evaluadores calificaron con puntajes similares en las muestras con un calificativo promedio de 6,33 “Post gusto regular”, no hubo diferencia estadística entre las marcas; este comportamiento puede deberse a que pueden esconder muchos sabores como: vinoso, lechoso, vinoso seco. Aidoo et al. (2011) indican que el sabor persistente se percibe inmediatamente después de comer chocolate, conocido como “pos gusto”, es una parte importante de la degustación ya que muchos sabores pueden estar enmascarados por otros ingredientes en el chocolate, asimismo manifiestan que el chocolate negro contiene sólidos de cacao de hasta el 80% del peso total y manteca de cacao; indican Montagna et al. (2019) que las características del aroma intenso y persistente del chocolate es fundido en la boca proporcionando un pos gusto agradable y a la vez amargo, pero que la calidad del chocolate depende del porcentaje de cacao utilizado, la mayoría de los beneficios atribuidos al chocolate para la salud del consumidor se asocian al consumo del chocolate oscuro.

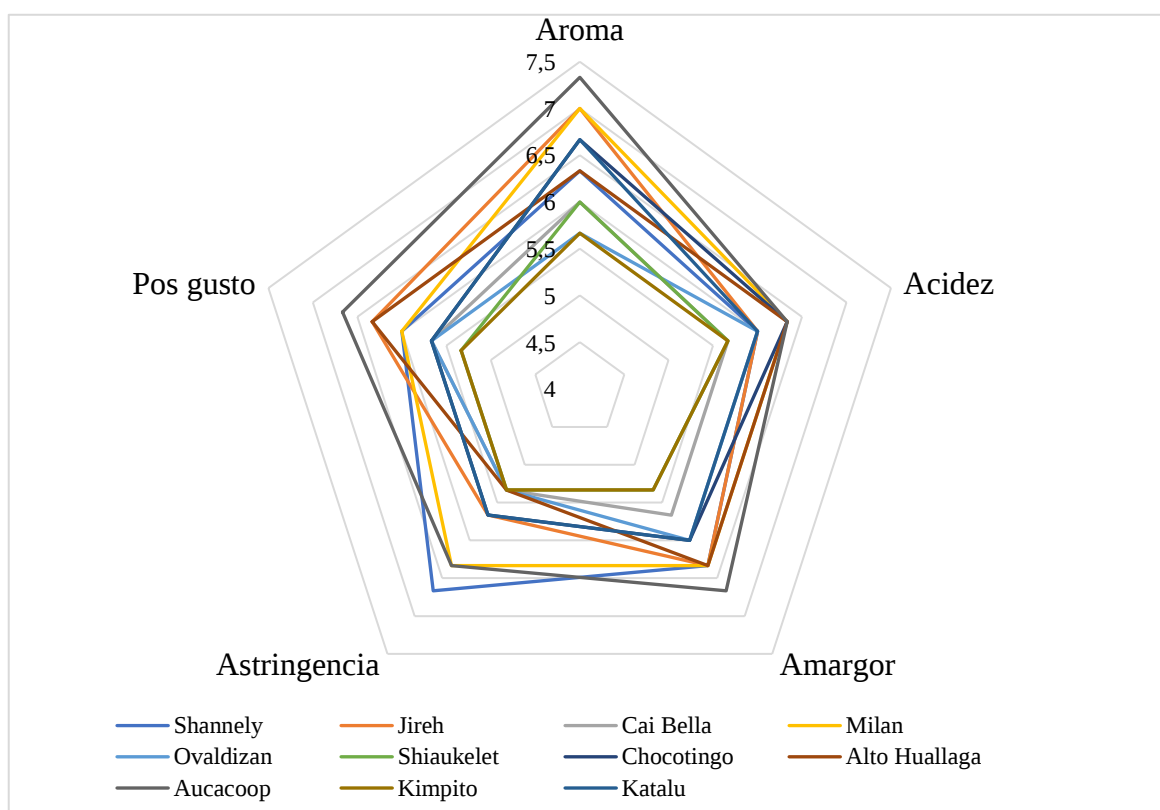


Figura 10. Perfil sensorial de los chocolates al 60 % comercializados en la provincia de Leoncio Prado.

4.3. Parámetros de color de los chocolates comerciales

Los resultados de la evaluación del color CIE L^* a^* b^* de los chocolates comerciales se muestran en la Tabla 5, estos sometidos al análisis de varianza con la prueba de tukey indican que existe diferencia significativa entre ellos.

Hernández & Quintero (2016) mencionan que el color es uno de los atributos clave para la aceptación comercial, es el resultado de la interacción compleja que produce la luz incidente en el producto que inciden en sus características ópticas y en la percepción, los cambios de color en el chocolate a menudo son atribuidos a factores como la composición y el procesamiento; por otro lado, Ueda et al. (2017) mencionan que la apariencia del color de la imagen de un chocolate es muy importante para que se vea deliciosa, muchas imágenes de chocolates adquiridas en entornos con poca iluminación no dan impresiones deliciosas debido al deterioro de su apariencia de color.

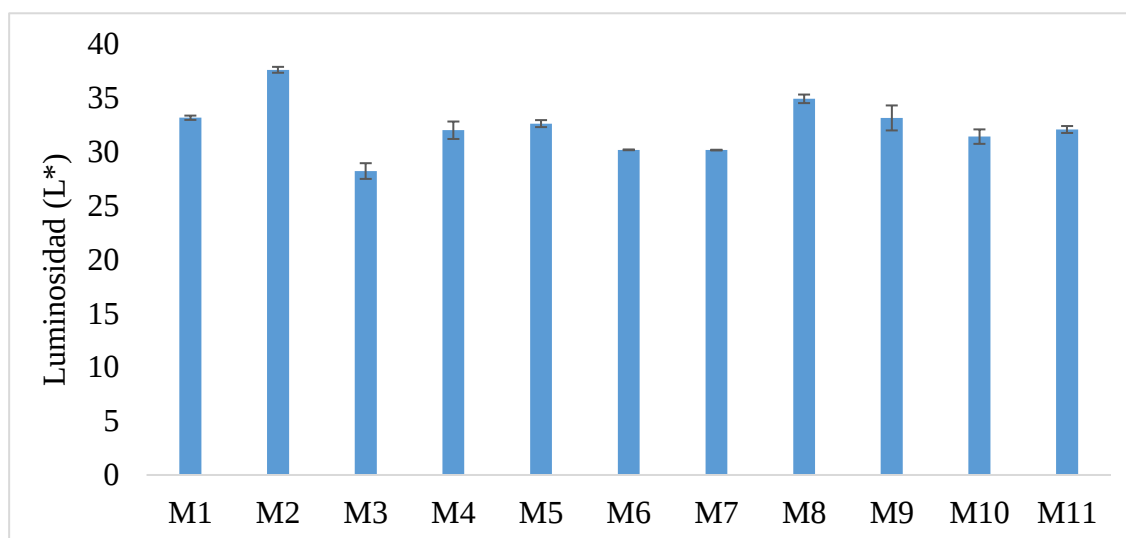
Tabla 5. Parámetros de color (L^* , a^* , b^*) de los chocolates

Marca de chocolate	Muestra	Parámetros del color		
		L^*	a^*	b^*
Shanenly	M1	33,18±0,19 ^e	11,09±0,24 ^{cd}	10,51±0,21 ^{ef}
Chocolates DIV	M2	37,63±0,27 ^g	9,70±0,06 ^a	9,06±0,02 ^{bc}
Choco Pasión	M3	28,23±0,73 ^a	10,22±0,19 ^{ab}	8,53±0,23 ^b
Milán	M4	32,02±0,81 ^{cd}	11,53±0,17 ^d	12,21±0,23 ^g
Ovaldizan	M5	32,64±0,32 ^{de}	9,96±0,08 ^a	9,66±0,06 ^{cd}
Shaukely	M6	30,20±0,03 ^b	10,07±0,09 ^{ab}	8,35±0,06 ^{ab}
Choco Tingo	M7	30,18±0,03 ^b	9,83±0,09 ^a	7,73±0,13 ^a
Alto Huallaga	M8	34,94±0,39 ^f	10,27±0,37 ^{ab}	9,66±0,38 ^{cd}
Aucacoop	M9	33,16±1,16 ^e	11,03±0,54 ^{cd}	11,14±0,42 ^f
Kimpito	M10	31,43±0,67 ^c	10,73±0,38 ^{bc}	9,95±0,41 ^{de}
Katalu	M11	32,09±0,32 ^{cd}	9,96±0,07 ^a	8,47±0,09 ^b

Resultados en la misma columna con super índice diferentes presentan diferencia significativa por la prueba de Tukey ($P<0,05$).

4.3.1. Luminosidad (L^*)

Como resultado del análisis estadístico, se encontró que existe diferencia significativa en la luminosidad de las muestras (Anexo XXII).

**Figura 11.** Parámetro de color L^* de los chocolates.

Efectuada la comparación de medias por la prueba de Tukey:

Valores mayores se presentaron en las muestras M2 y M8 ($L^*=37,63\pm0,27$ y $L^*=34,94\pm0,39$) respectivamente, estos resultados están por encima de los valores reportado por Chire-Fajardo et al. (2017) quienes encontraron $L^*=30,45\pm0,20$ para un chocolate negro; estos valores están asociados con la luminosidad (L^*).

Aidoo et al. (2016) manifiestan que la adición de polisacáridos en chocolates acelera la caramelización y reacción de Maillard y, por tanto, acelera la formación del color del chocolate, asimismo sostienen que tienden a ser el más bajo el valor de L^* registrados para chocolates con polímeros de carbohidratos. Por otro lado, Afoakwa (2008) indica, que el color del chocolate parece más claro por la presencia de los tamaños de partículas finas, asimismo manifiestan que las interacciones entre partículas tienden a ser más densas, se dispersan más a la luz y parecen más livianos más saturados que los con partículas más gruesas (35–50 μm), tales cambios dan como resultado coeficientes de dispersión elevados, con posterior palidez y valores L^* más altos.

El menor valor de luminosidad fue para M3 con $L^*=28,23\pm0,73$ un chocolate con tendencia más oscura, esto va a depender de factores como, el tostado, tipo de grano, fermentación. Al respecto, Chire Fajardo et al. (2019) indican, que el color marrón del chocolate oscuro tiene valores bajos de L^* , esto puede deberse a factores como: el color de grano, tiempos de tostado, temperatura, la formulación, conchado, buen atemperado. Por otro lado, Shourideh et al. (2012) reportan muestras del chocolate con 25% de inulina las cuales fueron las más marrones con $L^*=22,17\pm0,12$ este valor fue bajo en comparación la presente investigación.

4.3.2. Croma (a^*)

Los resultados de la evaluación del croma (a^*) de los chocolates, se presentan en la Tabla 5 y la Figura 12, según estos, existe diferencia estadística significativa entre el croma de las muestras de chocolates (Anexo XXIV).

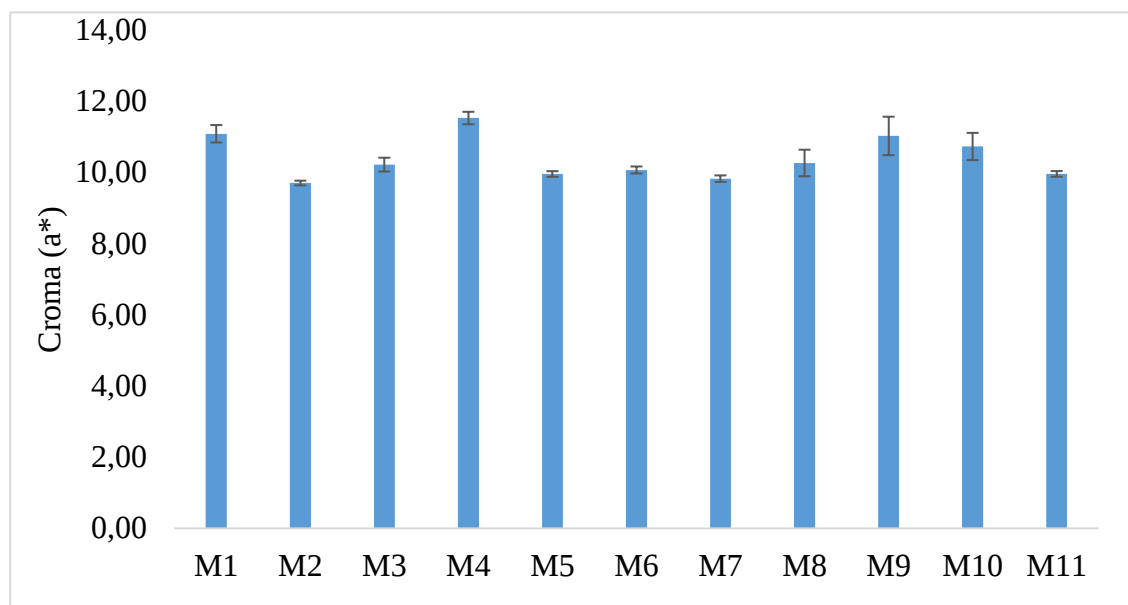


Figura 12. Parámetro de croma a* de los chocolates

El menor croma fue para la muestra M2 ($9,70 \pm 0,06$), valor mayor a los resultados de Jahangir et al. (2018) quienes reportan croma a* de $8,12 \pm 0,16$ quienes determinaron un chocolate amargo almacenado a distintas temperaturas y distintos grados de humedad relativa. Cikrikci et al. (2016) sostienen que el color es uno de los factores clave para la aceptación del consumidor, las variaciones de color en el chocolate a menudo se relacionan con los parámetros de procesamiento durante la producción y composición del producto. Por otra parte, Rettig & Kong (2014) manifiestan que la cromaticidad representa la pureza espectral del color, cuyos tonos van de los grises, pálidos, apagados a los tonos más fuertes y vivos.

EL mayor croma a* se encontró en la muestra M4 con un valor de $11,53 \pm 0,17$ mayor a lo encontrado por Chire-Fajardo et al. (2017) quienes reportan un croma a* de $8,55 \pm 0,43$) en donde evaluaron la calidad física y fisicoquímico de los principales chocolates comercializados en el Perú, asimismo sostienen que los valores de L* serán mayores en chocolate con leche que en las coordenadas de croma a* y b* de los chocolates negros, Gunaratne et al. (2019) sostienen que el croma a* representa el rojo y verde en positivo y valores negativos respectivamente. Por otro lado, Hussain et al. (2018) quienes compararon las características de calidad entre chocolate con leche compuesto y puro, sus resultados de croma osciló a* de ($5,17 \pm 0,09$ a $8,32 \pm 0,14$) asimismo, señalan que las diferencias de color en las muestras con diferentes formulaciones con grasas influyen en el color del compuesto y del chocolate puro.

4.3.3. Cromo b*

La cromaticidad b* varía del azul (valor negativo) al amarillo (valor positivo), cuyas coordenadas son obtenidas directamente en el equipo de medición (Mendoza & Borges, 2015). En la Tabla 5 y la Figura 13 se registran los resultados del color con respecto al croma b*, según el análisis estadístico se encontró diferencia significativa en el croma b* de las muestras (Anexo XXVI).

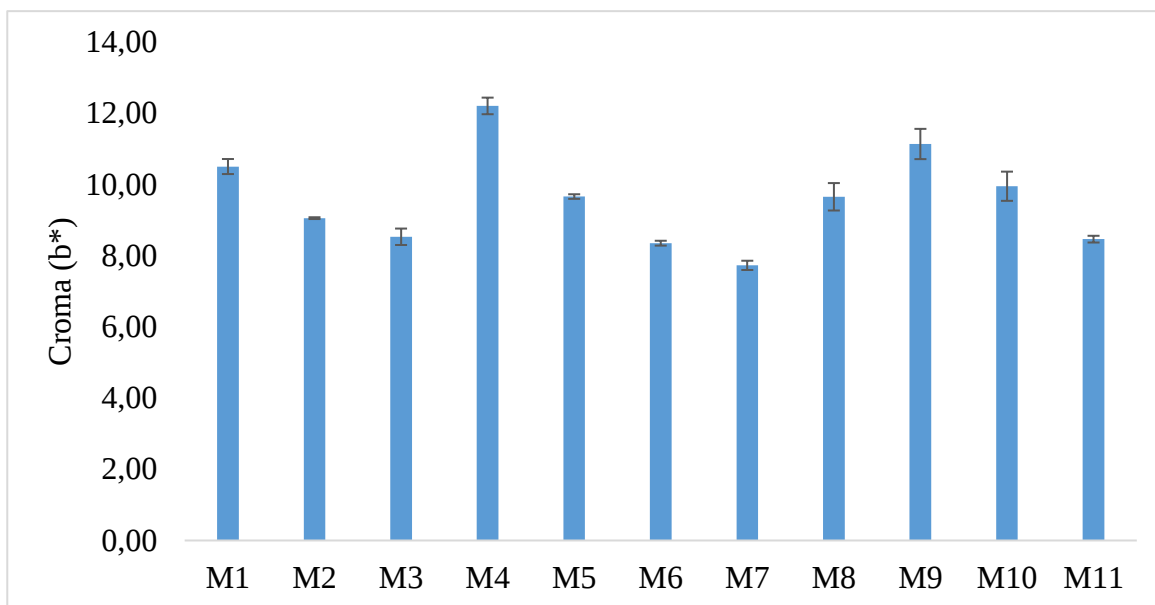


Figura 13. Parámetro de croma b* de los chocolates

El mayor valor correspondió a M4 ($12,21 \pm 0,23$); mayor a lo encontrado por Saputro et al. (2018) con croma b* de $6,84 \pm 0,74$ y $9,07 \pm 1,31$ en chocolates con diferentes proporciones de sacarosa de palma, asimismo indican el que valor de croma b* tiene una tendencia a disminuir a medida que se incrementa la proporción de azúcar de palma, por lo tanto, la sacarosa de palma y el azúcar influyen en el desarrollo del color del chocolate. Sin embargo, Tolve et al. (2021) obtuvieron valores mayores a la investigación presente croma b* de $13,42 \pm 1,69$ en los chocolates comerciales, asimismo, los investigadores sostienen que estos resultados pueden ser afectados por la formulación, tipo de ingredientes, parámetros de procesamiento durante la producción y el tiempo de almacenamiento.

El menor valor correspondió a la muestra M7 ($7,73 \pm 0,13$) que indicaría poca presencia de color amarillo en la muestra, los valores encontrados son mayores a los reportados por Hernández & Quintero (2016) quienes indican valores de b* $6,63 \pm 0,16$ para chocolate con incorporación de azúcar refinado con 64 % de cacao, sostienen que el tipo y

proporción de azúcar refinada y no refinada influyen en el color y en los atributos sensoriales. Depoortere (2011) reporta valores de croma b^* de 4,16 a 4,48 para chocolates comerciales con diferentes concentraciones de manteca de cacao. Sin embargo, Kumbár et al. (2021) mencionan que para tener un buen chocolate se debe tener mucho cuidado en el templado la cual es crucial, es ahí donde influirá las características del producto como el color, dureza y la vida útil del producto.

V. CONCLUSIONES

- Las muestras de chocolate al 60% de cacao elaborados en la provincia de Leoncio Prado presentan un índice reológico (n) de 0,34 a 0,64 y un índice de consistencia (k) de 10,3887 Pa.s⁻¹ a 40,163 Pa.s⁻¹, lo que evidencia un comportamiento pseudoplástico que requiere de un esfuerzo de corte inicial. El chocolate Milan presenta el mayor valor en índice de consistencia ($K= 40,163\pm0,51$ Pa.s⁻¹) estadísticamente diferente a las otras muestras y los menores valores fueron para el Chocolate Choco Pasión ($K=10,3887\pm0,06$) y Katalu ($K=10,3887\pm0,06$) estadísticamente iguales.
- De las 11 muestras de chocolates al 60%, el mayor puntaje en el atributo aroma fue para la marca Aucacoop ($7,33\pm0,57$) calificado como “aroma bueno”; en los atributos: acidez, amargor, astringencia y pos gusto, todas las muestras no presentaron diferencia estadística significativa, calificándolos como “regular”; en defectos el mayor puntaje fue para las marcas Shanenly ($18\pm3,46$) y Aucacoop ($18\pm2,00$) calificados como “menor defecto” y con menor puntaje en defectos, la marca Shaukely ($11,33\pm1,15$) calificado como “mayor defecto”; en el atributo sabor con mayor e igual puntaje resultaron las marcas Shanenly y Aucacoop ($13,33\pm1,15$) calificados como “sabor bueno”.
- La muestra de chocolate Choco Pasión presenta una mejor apariencia (más oscura) con un valor de luminiscencia ($L^*= 28,23$), para el parámetro de color croma a^* que refleja los colores verdes (-) y rojo (+) el mayor valor fue para la marca Milán ($a^*=11,53\pm0,17$) y menor croma para la marca DIV ($a^*=9,70\pm0,06$); para el croma b^* que refleja el color Amarillo (+) y azul (-) el mayor valor fue para la marca Milán ($b^*=12,21\pm0,23$) mientras que el menor valor fue para la marca Choco Tingo ($b^*=7,73\pm0,13$).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

De acuerdo con los resultados obtenidos en las evaluaciones de chocolates al 60% comercializados en la provincia de Leoncio Prado se plantea la siguiente propuesta a futuro:

- Determinar las propiedades reológicas en chocolates con diferentes porcentajes de cacao al 60% y 70% utilizando otros modelos reológicos y a diferentes temperaturas.
- Evaluar la calidad sensorial de los chocolates comerciales con diferentes adiciones de frutas, chocolate con leche etc.
- Evaluar la preferencia de los consumidores de los chocolates comerciales con diferentes porcentajes de cacao.
- Evaluar las características del color CIEL*a*b* en chocolate del 60% y 70%, determinando el índice de blancura en cada muestra.

VII. REFERENCIAS

- Ahmed, J. (2021). Rheology and Rheological Measurements. En *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 1-70. doi.org/10.1002/0471238961.1808051519030815.a01.pub3.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & 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. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.11.0.
- Aidoo, H., Sakyi-Dawson, E., Abbey, L., Tano-Debrah, K., & Saalia, F. K. (2011). Optimization of chocolate formulation using dehydrated peanut-cowpea milk to replace dairy milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(2), 224–231. doi:10.1002/jsfa.4563.
- Aidoo, R. P., Appah, E., Van Dewalle, D., Afoakwa, E. O. & Dewettinck, K. (2016). Functionality of inulin and polydextrose as sucrose replacers in sugar-free dark chocolate manufacture - effect of fat content and bulk mixture concentration on rheological, mechanical and melting properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(1), 282–290. doi:10.1111/ijfs.13281.
- Ashkezary, M. R., Yeganehzad, S., Vatankhah, H., Todaro, A., & Maghsoudlou, Y. (2018). Effects of different emulsifiers and refining time on rheological and textural characteristics of compound chocolate. *Italian Journal of Food Science*, 30(1). doi.10.14674/IJFS-759.
- APPCACAO (2015). Manual de la Ficha de Catación de cacao, 36. (7 de abril de 2021) Perú. <http://appcacao.org/publicaciones/>.
- Barišić, V., Kopjar, M., Jozinović, A., Flanjak, I., Ačkar, Đ., Miličević, B., ... Babić, J. (2019). *The Chemistry behind Chocolate Production*. *Molecules*, 24(17), 3163. doi:10.3390/molecules24173163.
- Becerra R, E. (2017). *Optimización del secado por aspersion del mucilago de linaza (Linum usitatissimum L.) y evaluación de sus propiedades reológicas* [Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1273/BRE_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Bustos, E. A. (2017). *Modelo Matemático para estimar la viscosidad de crudos pesados* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Villahermosa] http://itvillahermosa.edu.mx/docs/departamentos/tesis/repositorio_de_tesis_2014-2020/Tesis%20Edel%20Antonio%20Bustos.pdf
- Burgos, C. (2021). *Estudio técnico económico para la instalación de una planta procesadora de chocolate artesanal en el cantón El Triunfo* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil] Repositorio. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52487>.
- CAOBISCO ECA FCC (2015) *Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements*. September End, M.J. and Dand, R., Editors.
- Castillo, C. (2021). *Redistribución y acondicionamiento en estaciones de trabajo para la certificación Kosher Pareve, en una planta procesadora de chocolate* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala] Repositorio. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/16090/1/Cecilia%20Mar%C3%ADa%20Castillo%20Cabrera.pdf>.
- Cavero, B. (2017). *Desarrollo y costeo de cobertura sabor a chocolate para aplicación industrial en galletas*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3279>.
- Cajo, M. (2021). *Control de calidad en chocolate*. Barreto SAC. <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/705>.
- Ceballos, M. R. (2016). *Estudio de los efectos de modificadores del comportamiento reológico y del estado sólido en chocolate y sus ingredientes* (Tesis Doctoral, Universidad Católica de Córdoba). http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1373/1/TD_Ceballos.pdf.
- Cikrikci, S., Yucekutlu, M., Mert, B., & Oztop, M. H. (2016). Physical characterization of low-calorie chocolate formulations. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(1), 41–49. doi:10.1007/s11694-016-9369-1.
- Chire-Fajardo, G. C., Valdivia-Arrunategui, R. A., Orihuela-Rivera, C. A., & Ureña-Peralta, M. O. (2017). Assessment of physical and physicochemical quality of main chocolates traded in Peru. *Acta Agronómica*, 66(2), 164-171. doi.org/10.15446/acag.v66n2.53779.
- Chire Fajardo, G. C., Ureña Peralta, M., García Torres, S. M., & Hartel, R.W., (2019). Optimización de la formulación de chocolate oscuro a partir de la mezcla de granos de cacao y contenido de cacao aplicando método de superficie de respuesta. *Enfoque UTE*, 10(3), 42-54.

- Delugo, L., Cabrera, C. A., & Provasi, P. F. (2021). Flujo viscoso: diseño y construcción de un dispositivo para determinar el coeficiente de viscosidad dinámica del agua. *Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica*, 7(0), 1-108. <http://dx.doi.org/10.30972/eitt.704769>.
- De Pelsmaecker, S., De Clercq, G., Gellynck, X., & Schouteten, J. J. (2018). Development of a sensory wheel and lexicon for chocolate. *Food Research International*. doi: 10.1016/j.foodres.2018.09.063.
- Delgado V. J. (2016). *Evaluación de polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante y sensorial en chocolate “Bitter” con “nibs” fermentados y no fermentados*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva] http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1264/DVJD_2016.pdf.
- Depoortere, L. (2011). *The use and applicability of cocoa butter equivalents (CBEs) in chocolate products*. *Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen*. [Tesis de grado, Universiteit Gent]. https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/789/812/RUG01-001789812_2012_0001_AC.pdf.
- Engeseth, N., J. & Ac Pangan, MF (2018). Contexto actual sobre el desarrollo del sabor del chocolate: una revisión. *Current Opinion in Food Science*, 21, 84–91. doi: 10.1016 / j. cof.2018.07.002
- Fernandes, V., Müller, A. J., & Sandoval, A. J. (2011). Evaluación de las propiedades reológicas y térmicas de diferentes composiciones de chocolate. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 0(0), 12–13. <https://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/200>.
- Gao, X., Guo, T., Han, F., Tian, Y., & Zhang, Z. (2015). Rheological and sensory properties of four kinds of dark chocolates. *American journal of analytical chemistry*, 06(13), 1010–1018. doi: 10.4236/ajac.2015.613096.
- García, H., & Martínez, R. (2018). *Determinación del perfil de sabor de doce cacaos autóctonos (Theobroma cacao L.) producidos en siete fincas cacaoteras de el Salvador*. [Tesis Doctoral Universidad de El Salvador]. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16512/1/13191670.pdf>.
- Gómez, R., P. (2018). *“Proyecto de prefactibilidad para la instalación de una planta de industrialización de pasta de cacao (Theobroma cacao) y exportación a Estados Unidos de Norte América”*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga] Repositorio <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3330>.

- Gómez, M. N. M., Hinojosa, L. C., & Ramírez, H. R. (2020). Elaboración de rodajas a base de banano y recubiertas con chocolate. *Revista Pertinencia Académica*. ISSN 2588-1019, 4(5), 190–196. Doi: [org/10.5281/zenodo.4599286](https://doi.org/10.5281/zenodo.4599286).
- Guamán C. G. L., & Ramírez C. R. V. (2020). *Obtención de chocolate para cobertura a partir de la combinación de las variedades de Cacao CCN51 y Súper Árbol*. [Tesis de grado, Universidad Estatal Amazónica. Ecuador] Repositorio <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/886>.
- Gunaratne, Gonzalez Viejo, Gunaratne, Torrico, Dunshea, & Fuentes. (2019). Chocolate Quality Assessment Based on Chemical Fingerprinting Using Near Infra-red and Machine Learning Modeling. *Foods*, 8(10), 426. doi:10.3390/foods8100426.
- Hartel, R. W., Von Elbe, J. H., & Hofberger, R. (2018). *Confectionery Science and Technology*. Springer International Publishing. 423–484. doi:10.1007/978-3-319-61742-8_15.
- Hernández, M., & Quintero C., Juan. (2016). Caracterización mediante colorimetría triestímulo de chocolate de mesa adicionado con azúcares de caña no refinados. *Agronomía Colombiana*. 1. Suplemento. doi: 10.15446/agron.colomb.sup.
- Huayanay, A., & Andrea, G. (2018). *Análisis del consumo de chocolate fino en Lima*. [Tesis Licenciado en Agronegocios, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)] <http://hdl.handle.net/10757/623808>.
- Hussain, N., Agus, B. A. P., Rahim, S. N. F. A., & Halim, H. A. (2018). Comparison of quality characteristics between compound and pure milk chocolate. *MOJ Food Process Technol*, 6(3), 292-296. doi: 10.15406 / mojftp.2018.06.00178.
- Jahangir, M. A., Shehzad, A., Butt, M. S., & Bashir, S. (2018). Influence of supercritical fluid extract of *Cinnamomum zeylanicum* bark on physical, bioactive and sensory properties of innovative cinnamaldehyde-enriched chocolates. *Czech Journal of Food Sciences*, 36(1), 28-36.
- Jean-Marie, E., Bereau, D., & Robinson, J.-C. (2021). Benefits of polyphenols and methylxanthines from cocoa beans on dietary metabolic disorders. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(9), 2049. Doi:10.3390/foods10092049.
- Konica Minolta, (2016). Manual de instrucciones SpectraMagic NX- Color data software CM-S100w. https://www.konicaminolta.com/instruments/download/instruction_manual/software/pdf/smnx_27x_instruction_spa.pdf.
- Kumbár, V., Kouřilová, V., Dufková, R., Votava, J., & Hřivná, L. (2021). Rheological and Pipe Flow Properties of Chocolate Masses at Different Temperatures. *Foods*, 10(11), 2519. <https://doi.org/10.3390/foods10112519>.

- Liu, M., Liu, J., He, C., Song, H., Liu, Y., Zhang, Y., Wang, Y., Guo, J., Yang, H. y Su, X. (2017). Caracterización y comparación de compuestos aromáticos clave de licores de cacao de cinco áreas diferentes. *Revista Internacional de Propiedades de los Alimentos*, 20 (10), 2396-2408. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1238929>.
- López, S., L. E. (2018). *Representación gráfica del comportamiento de la viscosidad cinemática en emulsiones de crudos pesados*. [Tesis Ingeniero en Petróleo, Universidad Estatal Península de Santa Elena] Repositorio <http://repositorio.upse.edu.ec:8080/jspui/handle/46000/4612>.
- Mejía, A., Meza, G., Espichán, F., Mogrovejo, J., & Rojas, R. (2021). Chemical and sensory profiles of Peruvian native cocoas and chocolates from the Bagua and Quillabamba regions. *Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1590/fst.08020>.
- Mendoza, Z. M., & Borges, P. H. (2015). Análisis colorimétrico del extracto acuoso de hojas de teca1. *Revista Árvore*, 39, 953-961. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500018>.
- Medina, C. Y. P., & Ordoñez V, J. C. (2018). *Proyecto de Pre inversión para la Creación de una Empresa productora de Confites a Base de Almendra de Cacao en el Municipio de Cumaral-Meta*. [Tesis Título de Administrador de Empresas, Universidad de los Llanos]. <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle>
- Mishra, K., Kohler, L., Kummer, N., Zimmermann, S., Ehrenguber, S., Kämpf, F., Dufour, D., Nyström, G., Fischer, P., & Windhab, E. J. (2021). Rheology of cocoa butter. *Journal of Food Engineering*, 305(110598). doi: 10.1016 / j.jfoodeng.2021.110598.
- Moreno Martínez, E., Gavanzo-Cárdenas, O. M., & Rangel-Silva, F. A. (2019). Evaluación de las características físicas y sensoriales de licor de cacao asociadas a modelos de siembra. *Ciencia y Agricultura*, 16(3), 75-90. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9890>.
- Montagna, MT, Diella, G., Triggiano, F., Caponio, GR, Giglio, OD, Caggiano, G., Portincasa, P. (2019). Chocolate, “comida de los dioses”: historia, ciencia y salud humana. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 16 (24), 4960. doi: 10.3390 / ijerph16244960. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.01.19.5692>.
- Muñoz, y. G., sira, G. P., & Camargo, c. p. (2012). Factores que inciden en la calidad sensorial del chocolate Factors influencing the sensory quality of chocolate. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. 13(4). <https://docplayer.es/21002070-Factores-que-inciden-en-la-calidad-sensorial-del-chocolate.html>.

- Nightingale, L. M., Lee, S.-Y., & Engeseth, N. J. (2011). Impact of storage on dark chocolate: texture and polymorphic changes. *Journal of Food Science*, 76(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01970.x>.
- NTP Codex Stan 87:2017. (2017). Norma para el chocolate y los productos del chocolate. (07 de junio) <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>.
- Palomo, A. (2016). *Estudio de la viscosidad de distintos tipos de chocolate durante la etapa de conchado líquido*. [Tesis Maestría, Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de ingeniería Agraria] <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/20845>.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and bioprocess technology*, 6(1), 36-60.
- Petroff, A. (2013). El precio del chocolate en el mundo podría aumentar. *Revista digital Expansión*. <https://expansion.mx/salud/2013/10/14/el-precio-del-chocolate-en-el-mundo-podria-aumentar>
- Pisco, C. J. W. (2019). *Caracterización reológica de una bebida elaborada con exudado de cacao (Theobroma cacao L.) CCN51 y suero láctico*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la selva] Repositorio. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/166.1>
- Quintana, F. L. F., & García, J. A. (2021). *Evaluación integral de la calidad sensorial del cacao*. Editorial UNAD/2021. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente -ECAPMA. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article>
- Quispe, C. Y. (2019). *Polifenoles, antocianinas y caracterización sensorial de nibs y licor de cacao chuncho, clon shu-1 fermentados tradicionalmente y por microfermentación*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1480>.
- Ramírez, B. (2018). *Desarrollo y evaluación de chocolate edulcorado con panela y relleno con nuez de nogal (Junglas neotropica)*. [Tesis, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <http://repositorio.unrtm.edu.pe/handle/UNTRM/1355>.
- Ramos, Q., J. (2013). *Influencia de la molienda en las propiedades reológicas del licor de cacao*. [Tesis, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/523>.
- Rettig, M., K. & Kong, A. H. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro sur*, 42(2), 57-66. doiI:10.4206/agrosur. 2014.v42n2-07.
- Rojas, J. M., & Rojas, E. D. (2018). *Aprovechamiento del mucílago de cacao (Theobroma cacao) en la formulación de una bebida no alcohólica*. [Tesis Ingeniero en Industrias

- Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] Repositorio. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2684/BC-1532>.
- Shourideh, M., Taslimi, A., Azizi, M. H., & Mohammadifar, M. A. (2012). Effects of D-Tagatose and inulin on some physicochemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2(5), 314.
- Sato, S., Hondoh, H., & Ueno, S. (2021). Fat bloom caused by partial DE-oiling on chocolate surfaces after high-temperature exposure. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 98(3), 269–280. <https://doi.org/10.1002/aocs.12447>.
- Saputro, A. D., Van de Walle, D., Hinneh, M., Van Durme, J., & Dewettinck, K. (2018). Aroma profile and appearance of dark chocolate formulated with palm sugar–sucrose blends. *European Food Research and Technology*, 244(7), 1281–1292. doi:10.1007/s00217-018-3043-2.
- Segura, L. I., Salvadori, V. O., & Goñi, S. M. (2017). Characterization of liquid food colour from digital images. *International journal of food properties*, 20(sup1), S467-S477.: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1299758>.
- Silva, A. (2020). *Diagnóstico del proceso de refinado y mezclado en la elaboración del chocolate en una empresa de la ciudad de Lima*. [Trabajo de Grado Bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad Señor de Sipán. Pimentel]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7127>.
- Silva, M. M. Da, Lemos, B. R. S., & Viana, M. M. (2021). Estudio das propriedades reológicas de nanofluidos à base de etilenoglicol e óxido de grafeno. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(2). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620210002.1273>.
- Springer, (2015). Viscosidad. En: Li D. Eds. *Encyclopedia of Microfluidics and Nanofluidics*. Springer, Nueva York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5491-5_200303.
- Suárez Guevara, I. C. (2019). Estrategias para la producción más limpia en el sector de cacao y caña panelera en el Valle del Cauca bajo el marco del Plan Nacional de Negocios Verdes en Colombia [Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente].
- Tafurt, G., Suarez, O., Lares, M., Álvarez, C. y liconte, N. (2020). Capacidad antioxidante de un chocolate oscuro de granos cacao orgánico sin fermentar. *Revista Digital de Postgrado*, 10 (1). doi: 10.37910 / rdp.2021.10.1.e280.
- Trelles, C. D. (2018). *Grasas, polifenoles totales y capacidad antioxidante (dp_{ph} y abts) en chocolates comerciales*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad

- Nacional Agraria de la Selva] Repositorio.
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1495>.
- Torres, A. (2021). *Evaluación de extractos etanólicos de canela en el control de la Moniliophthora Roreri en cacao a nivel in vitro*. [Tesis Ingeniería Agrónoma, Universidad Técnica de Machala] Repositorio.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16572>.
- Toker, O.S., Palabiyik, I. y Konar, N. (2019). Chocolate de calidad y conchado. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 446–453. doi: 10.1016 / j.tifs.2019.07.047.
- Tolve, R., Tchienbou-Magaia, F. L., Verderese, D., Simonato, B., Puggia, D., Galgano, F., Zamboni, A., & Favati, F. (2021). Physico-chemical and sensory acceptability of no added sugar chocolate spreads fortified with multiple micronutrients. *Food Chemistry*, 364(130386), 130386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130386>.
- Ueda, C., Azetsu, T., Suetake, N. y Uchino, E. (2017). Mejora de la luminosidad y el croma para imágenes de alimentos considerando el efecto Helmholtz-Kohlrausch. *Optical Review*, 24 (3), 301–309. doi: 10.1007 / s10043-017-0320-4.
- Vásquez, C., Henríquez, G., López, J. V., Penott-Chang, E. K., Sandoval, A. J., & Müller, A. J. (2019). The effect of composition on the rheological behavior of commercial chocolates. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie Food Science and Technology*, (0)(111), 744-750. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.101>.
- Vera, J., Osorio, A., Mantilla, Y. (2020) Características sensoriales de granos y licor de cacao por un panel de jueces en entrenamiento. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5 (1), 27-42. doi: <http://doi.org/10.23850/23899573>.
- Voigt, J. (2012). *Aroma de Chocolate y Cacao. El chocolate en la salud y la nutrición*, 89–101. doi: 10.1007 / 978-1-61779-803-0_7. (11 de setiembre de 2021), https://www.researchgate.net/publication/233883823_Chocolate_and_Cocoa_Aroma
- Yucra C, S. & Ramos C., E. (2018). *Determinación del tiempo optimo en el proceso de conchado en diferentes formulaciones de cobertura Bitter de copoazú (Theobroma grandiflorum), y sus efectos en la calidad sensorial*. [Tesis Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/521>.
- Zambrano, S. M. T., Chang, J. V., Choez, S. E. O., Freire, G. F. S., Montúfar, G. H. V., & Zambrano, J. E. R. (2018). Elaboración de chocolate de siete genotipos experimentales de cacao (*Theobroma cacao L.*) seleccionados en la Finca Experimental La

Represa. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(2), 39-45.
doi: <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.257>

ANEXO

A-I Ficha de catación para cacao y chocolate



ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

Ficha de Catación

MUESTRA _____

CATADOR _____

FECHA _____

CATEGORÍAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma					X1 =
Acidez					X1 =
Amargor	INTENSIDAD 0 a 2.5: > 5 en calidad 2.5 a 5: < 5 en calidad				X1 =
Astringencia					X1 =
Defectos					X2 =
Sabor	Cocoa/Cacao				X2 =
	Dulce				
	Nuez				
	Frutas secas				
	Frutas frescas				
	Floral				
	Especies				
	Otros				
Pos gusto					X1 =
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATADOR		X1 =
				PUNTAJE FINAL	

ESCALA DE INTENSIDAD



ESCALA DE CALIDAD



TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS

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

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



License Creative Commons Atribución NoComercial CompartirIgual. No se permite un uso comercial de la obra ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Proyecto de Desarrollo de Cooperativas USAID Equal Exchange (C3H), Versión 2017

A-II Vistas fotográficas



Fundido y evaluación reológica de los chocolates comerciales



Análisis sensorial de los chocolates comerciales, por la Ing. Zara Elizabeth Saavedra Gómez



Evaluación sensorial de los chocolates comerciales, por la Ing. Lidia Yessenia Saavedra Gómez



Evaluación de los parámetros de color de los chocolates comerciales

A-III Datos de la evaluación reológica de los chocolates

Tabla 6. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Alto Huallaga

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	12700	12,7	28,4319
20	2,0944	4,47746	8250	8,25	36,9390
30	3,1416	6,71619	6500	6,5	43,6552
40	4,1888	8,95492	5750	5,75	51,4908
50	5,236	11,19364	5140	5,14	57,5353
60	6,2832	13,43237	4733	4,733	63,5754
70	7,3304	15,67110	4457	4,457	69,8461
80	8,3776	17,90983	4213	4,213	75,4541
90	9,4248	20,14856	4011	4,011	80,8159
100	10,472	22,38729	3860	3,86	86,4149

Tabla 7. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Aucacopp

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	18500	18,5	41,4165
20	2,0944	4,47746	11500	11,5	51,4908
30	3,1416	6,71619	8900	8,9	59,7741
40	4,1888	8,95492	7500	7,5	67,1619
50	5,236	11,19364	6580	6,58	73,6542
60	6,2832	13,43237	5967	5,967	80,1510
70	7,3304	15,67110	5514	5,514	86,4105
80	8,3776	17,90983	5137	5,137	92,0028
90	9,4248	20,14856	4844	4,844	97,5996
100	10,472	22,38729	4640	4,64	103,8770

Tabla 8. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Choco Pasión

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	7500	7,5	16,7905
20	2,0944	4,47746	5050	5,05	22,6112
30	3,1416	6,71619	4067	4,067	27,3147
40	4,1888	8,95492	3550	3,55	31,7899
50	5,236	11,19364	3220	3,22	36,0435
60	6,2832	13,43237	3000	3	40,2971
70	7,3304	15,67110	2800	2,8	43,8791
80	8,3776	17,90983	2662	2,662	47,6760
90	9,4248	20,14856	2567	2,567	51,7214
100	10,472	22,38729	2480	2,48	55,5205

Tabla 9. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Choco Tingo

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	21200	21,2	47,4610
20	2,0944	4,47746	13200	13,2	59,1024
30	3,1416	6,71619	10267	10,267	68,9551
40	4,1888	8,95492	8625	8,625	77,2361
50	5,236	11,19364	7600	7,6	85,0717
60	6,2832	13,43237	6883	6,883	92,4550
70	7,3304	15,67110	6343	6,343	99,4018
80	8,3776	17,90983	5912	5,912	105,8829
90	9,4248	20,14856	5578	5,578	112,3887
100	10,472	22,38729	5310	5,31	118,8765

Tabla 10. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Chocolates DIV

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	15200	15,2	34,0287
20	2,0944	4,47746	10000	10	44,7746
30	3,1416	6,71619	7933	7,933	53,2795
40	4,1888	8,95492	6800	6,8	60,8934
50	5,236	11,19364	6080	6,08	68,0574
60	6,2832	13,43237	5583	5,583	74,9929
70	7,3304	15,67110	5200	5,2	81,4897
80	8,3776	17,90983	4912	4,912	87,9731
90	9,4248	20,14856	4678	4,678	94,2550
100	10,472	22,38729	4490	4,49	100,5189

Tabla 11. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Katalu

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	8500	8,5	19,0292
20	2,0944	4,47746	5700	5,7	25,5215
30	3,1416	6,71619	4667	4,667	31,3444
40	4,1888	8,95492	4100	4,1	36,7152
50	5,236	11,19364	3720	3,72	41,6404
60	6,2832	13,43237	3467	3,467	46,5700
70	7,3304	15,67110	3271	3,271	51,2602
80	8,3776	17,90983	3112	3,112	55,7354
90	9,4248	20,14856	2989	2,989	60,2240
100	10,472	22,38729	2900	2,9	64,9231

Tabla 12. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Kimpito

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	10300	10,3	23,0589
20	2,0944	4,47746	6450	6,45	28,8796
30	3,1416	6,71619	5033	5,033	33,8026
40	4,1888	8,95492	4250	4,25	38,0584
50	5,236	11,19364	3760	3,76	42,0881
60	6,2832	13,43237	3433	3,433	46,1133
70	7,3304	15,67110	3186	3,186	49,9281
80	8,3776	17,90983	2987	2,987	53,4967
90	9,4248	20,14856	2833	2,833	57,0809
100	10,472	22,38729	2690	2,69	60,2218

Tabla 13. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Milán

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	25000	25	55,9682
20	2,0944	4,47746	15350	15,35	68,7290
30	3,1416	6,71619	11733	11,733	78,8010
40	4,1888	8,95492	9800	9,8	87,7582
50	5,236	11,19364	8540	8,54	95,5937
60	6,2832	13,43237	7700	7,7	103,4293
70	7,3304	15,67110	7043	7,043	110,3716
80	8,3776	17,90983	6563	6,563	117,5422
90	9,4248	20,14856	6178	6,178	124,4778
100	10,472	22,38729	5850	5,85	130,9656

Tabla 14. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Ovaldizan

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	17400	17,4	38,9539
20	2,0944	4,47746	11550	11,55	51,7146
30	3,1416	6,71619	9300	9,3	62,4605
40	4,1888	8,95492	8025	8,025	71,8632
50	5,236	11,19364	7240	7,24	81,0420
60	6,2832	13,43237	6683	6,683	89,7685
70	7,3304	15,67110	6229	6,229	97,6153
80	8,3776	17,90983	5963	5,963	106,7963
90	9,4248	20,14856	5722	5,722	115,2901
100	10,472	22,38729	5520	5,52	123,5778

Tabla 15. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Shanenly

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	12200	12,2	27,3125
20	2,0944	4,47746	7950	7,95	35,5958
30	3,1416	6,71619	6567	6,567	44,1052
40	4,1888	8,95492	5650	5,65	50,5953
50	5,236	11,19364	5080	5,08	56,8637
60	6,2832	13,43237	4717	4,717	63,3605
70	7,3304	15,67110	4417	4,417	69,2193
80	8,3776	17,90983	4188	4,188	75,0064
90	9,4248	20,14856	4000	4	80,5942
100	10,472	22,38729	3850	3,85	86,1911

Tabla 16. Datos de la evaluación reológica del chocolate marca Shaukely

RPM	Velocidad Angular (rad/s)	Velocidad de deformación (1/s)	Viscosidad aparente (cP)	Viscosidad aparente (Pa.s)	Esfuerzo de corte (Pa)
10	1,0472	2,23873	11200	11,2	25,0738
20	2,0944	4,47746	8050	8,05	36,0435
30	3,1416	6,71619	6833	6,833	45,8917
40	4,1888	8,95492	6150	6,15	55,0727
50	5,236	11,19364	5920	5,92	66,2664
60	6,2832	13,43237	5650	5,65	75,8929
70	7,3304	15,67110	5557	5,557	87,0843
80	8,3776	17,90983	5450	5,45	97,6086
90	9,4248	20,14856	5378	5,378	108,3589
100	10,472	22,38729	5310	5,31	118,8765

A-IV Análisis estadístico de los resultados de la evaluación reológica

ANOVA para INDICE DE CONSISTENCIA (K) por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2608.4	10	260.84	1195.89	0.0000
Intra grupos	4.79849	22	0.218113		
Total (Corr.)	2613.2	32			

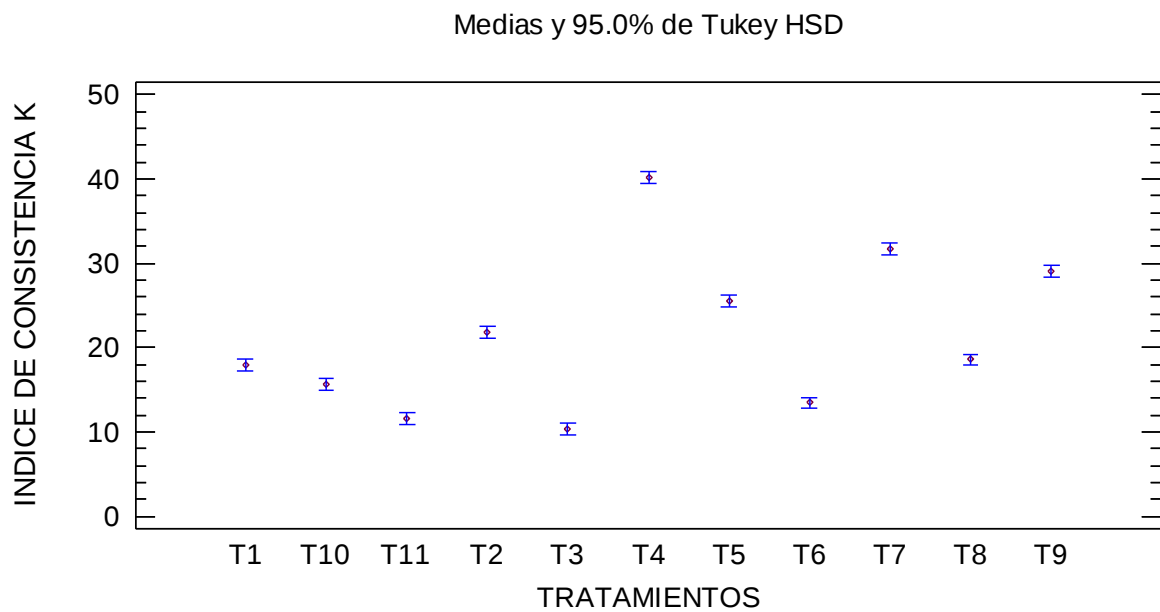


Gráfico de medias para índice de consistencia (k) de las marcas de chocolate

ANOVA para INDICE DE FLUJO n por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.282426	10	0.0282426	2.77	0.0221
Intra grupos	0.224004	22	0.010182		
Total (Corr.)	0.50643	32			

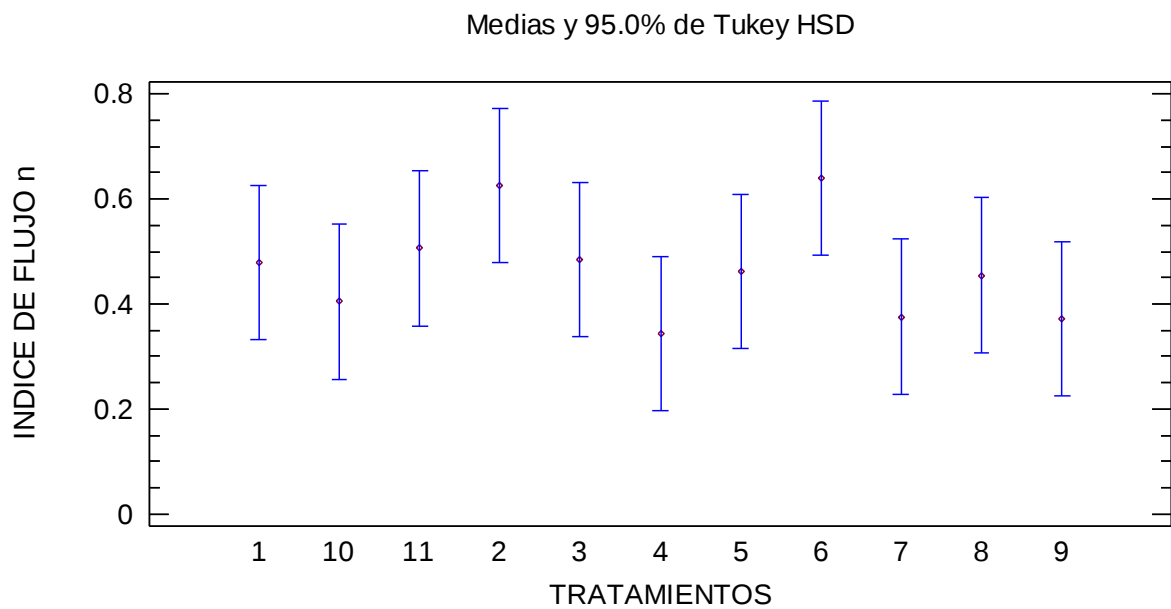


Gráfico de medias para índice de flujo (n) de las marcas de chocolate

A- V. Evaluación estadística de los datos de la evaluación sensorial

ANOVA para AROMA por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9.39394	10	0.939394	4.43	0.0017
Intra grupos	4.66667	22	0.212121		
Total (Corr.)	14.0606	32			

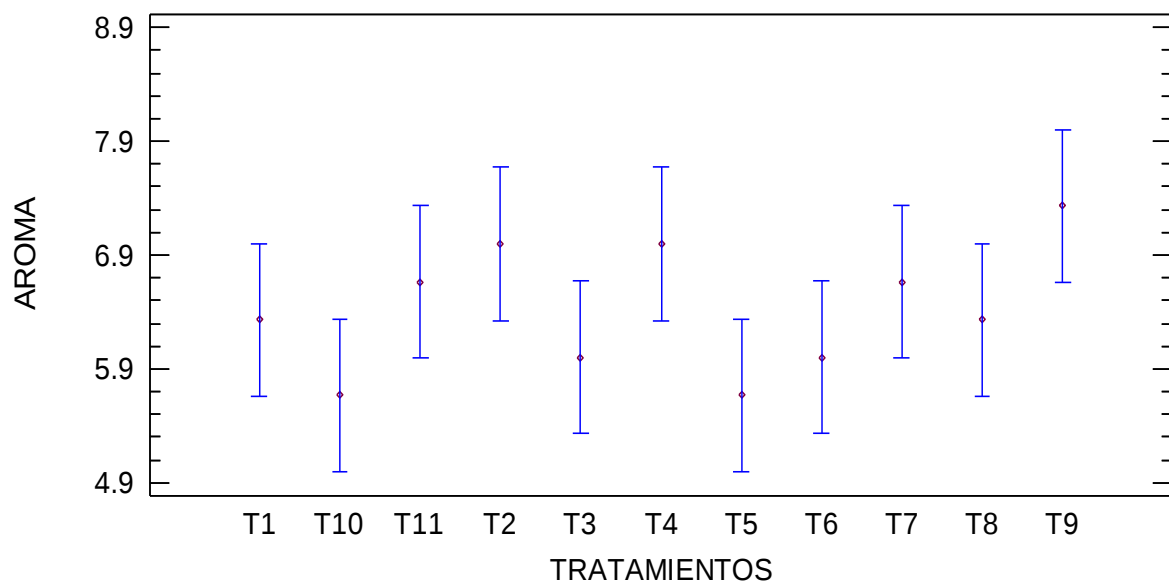


Gráfico de medias para el ATRIBUTO AROMA

ANOVA para ACIDEZ por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.30303	10	0.230303	1.09	0.4134
Intra grupos	4.66667	22	0.212121		
Total (Corr.)	6.9697	32			

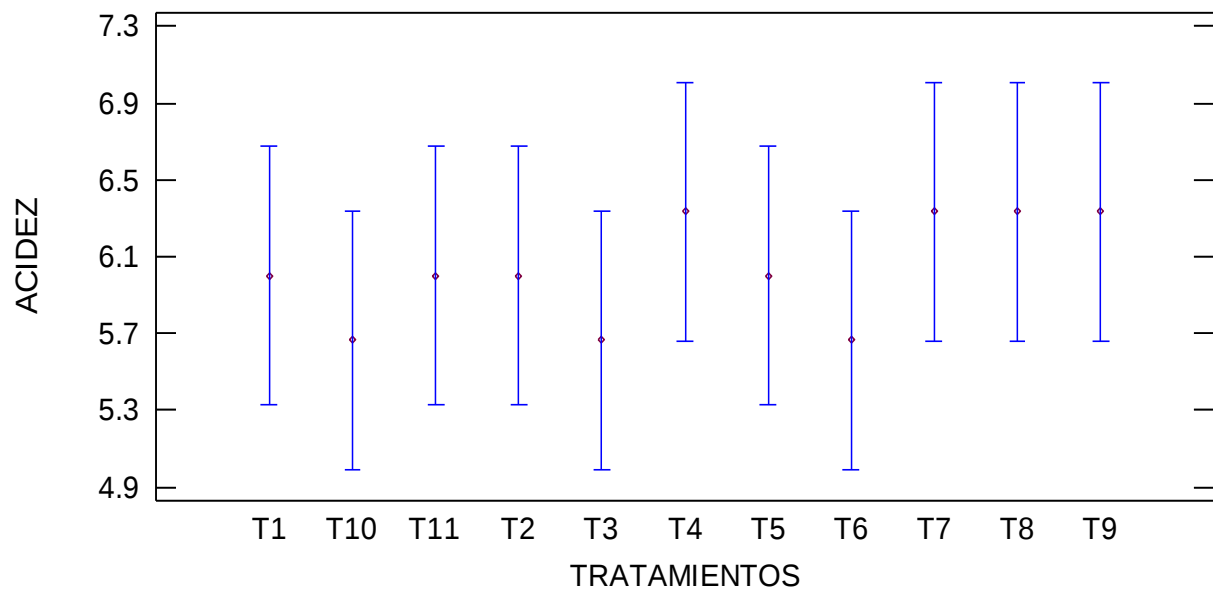


Gráfico de medias para el ATRIBUTO ACIDEZ

ANOVA para AMARGOR por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.63636	10	0.563636	1.33	0.2761
Intra grupos	9.33333	22	0.424242		
Total (Corr.)	14.9697	32			

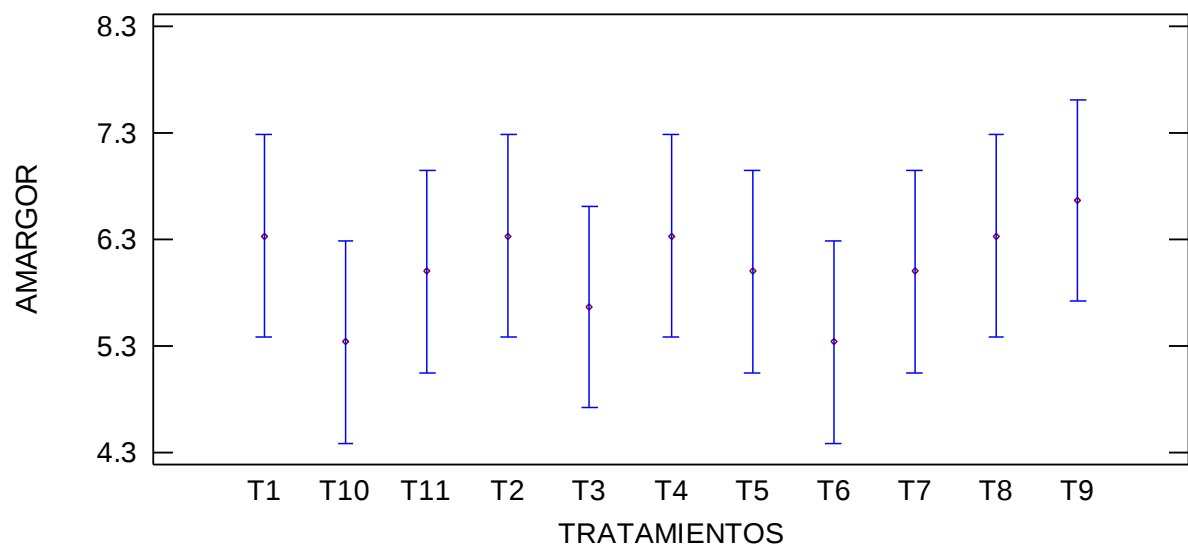


Gráfico de medias para el ATRIBUTO AMARGOR

ANOVA para ASTRINGENCIA por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	7.21212	10	0.721212	1.40	0.2441
Intra grupos	11.3333	22	0.515152		
Total (Corr.)	18.5455	32			

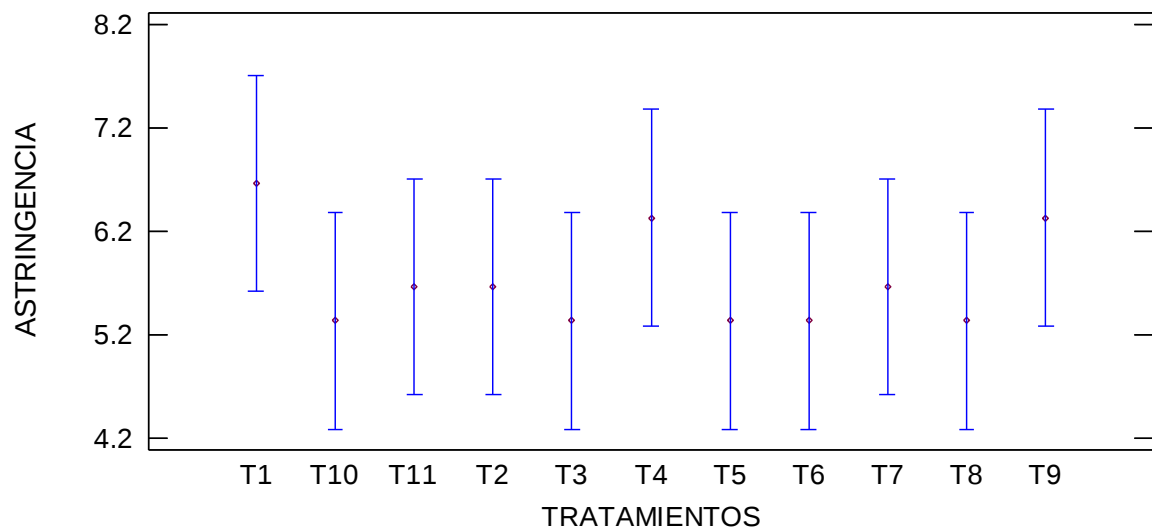


Gráfico de medias para el ATRIBUTO ASTRINGENCIA

ANOVA para DEFECTOS por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	117.576	10	11.7576	3.46	0.0072
Intra grupos	74.6667	22	3.39394		
Total (Corr.)	192.242	32			

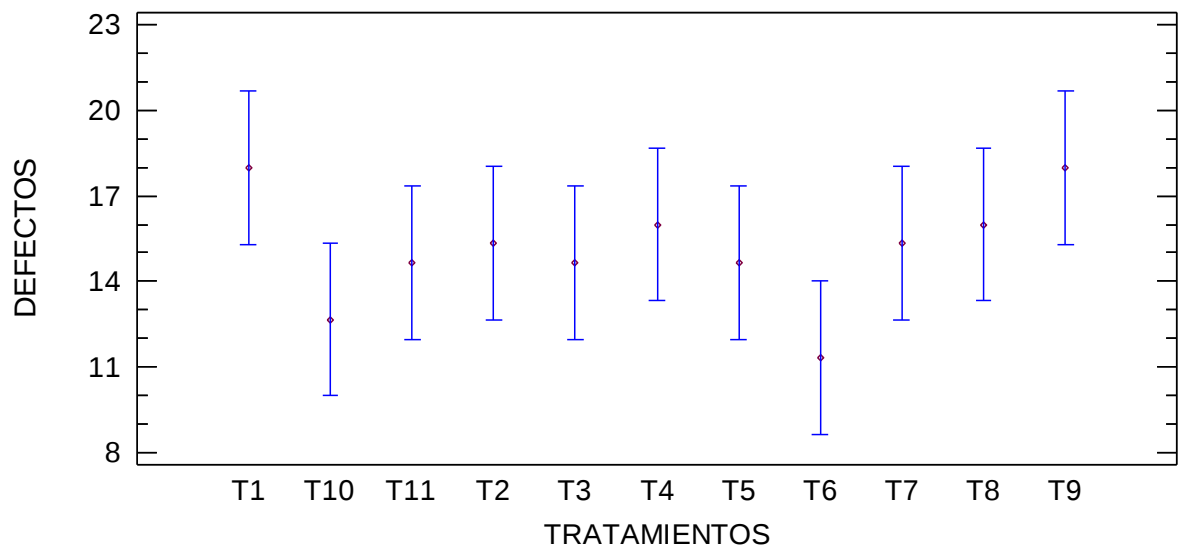


Gráfico de medias para el ATRIBUTO DEFECTOS

ANOVA para SABOR por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	26.1818	10	2.61818	1.54	0.1901
Intra grupos	37.3333	22	1.69697		
Total (Corr.)	63.5152	32			

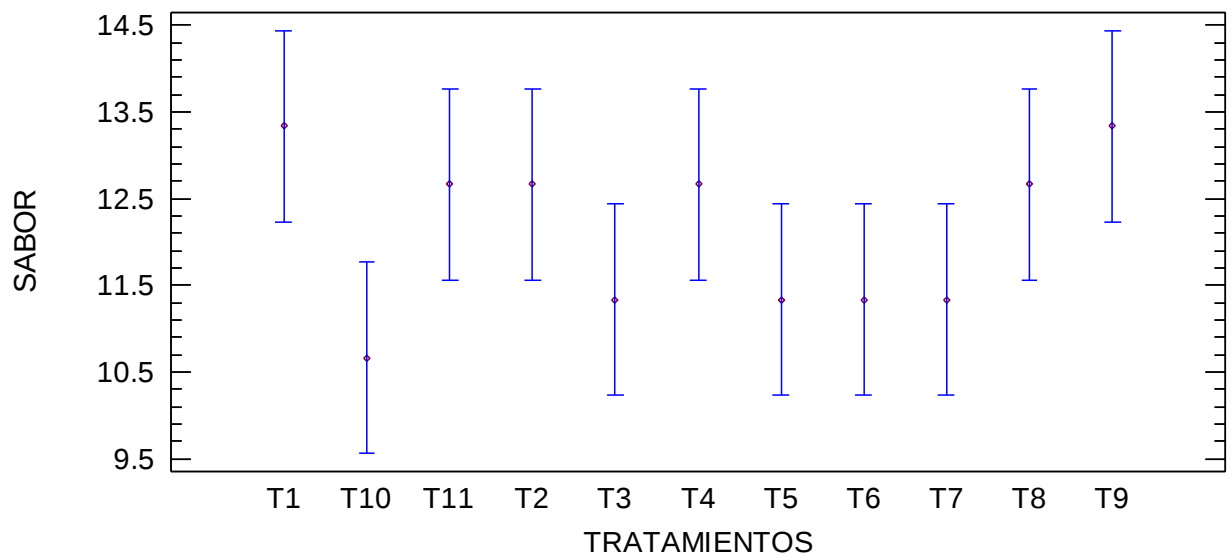


Gráfico de medias para el ATRIBUTO SABOR

ANOVA para POST GUSTO por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.51515	10	0.551515	2.02	0.0811
Intra grupos	6.0	22	0.272727		
Total (Corr.)	11.5152	32			

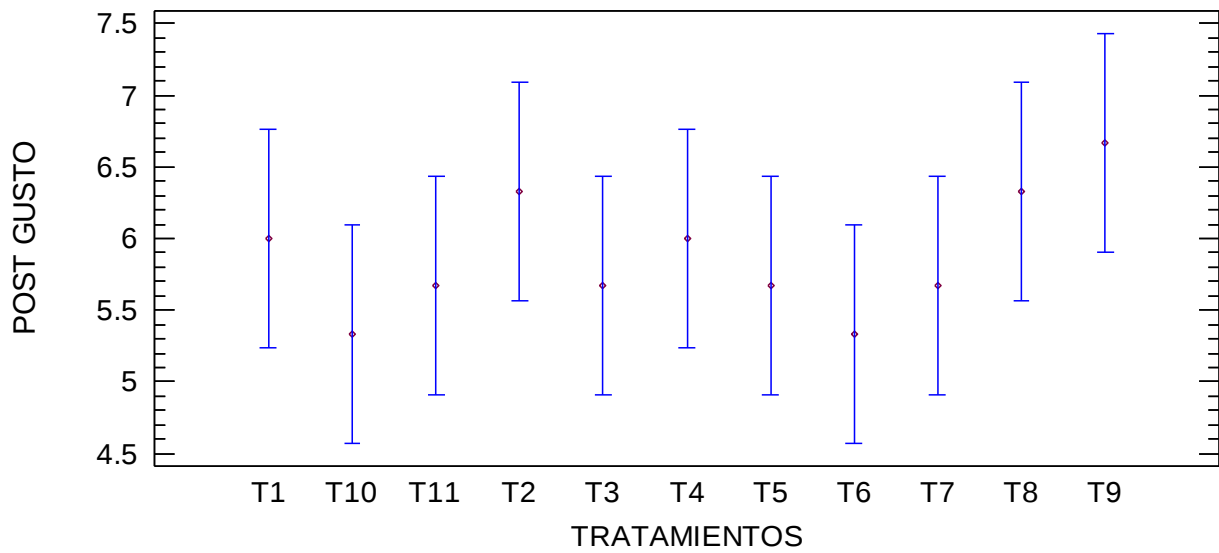
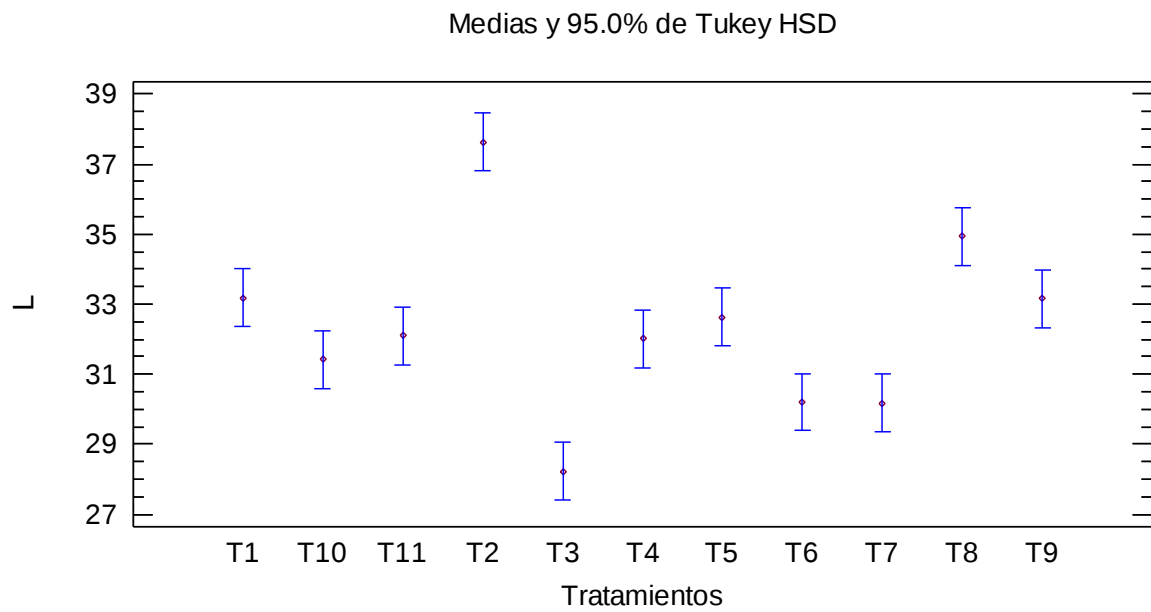


Gráfico de medias para el ATRIBUTO POST GUSTO

A-VI. Evaluación estadística de los datos de los parámetros de color

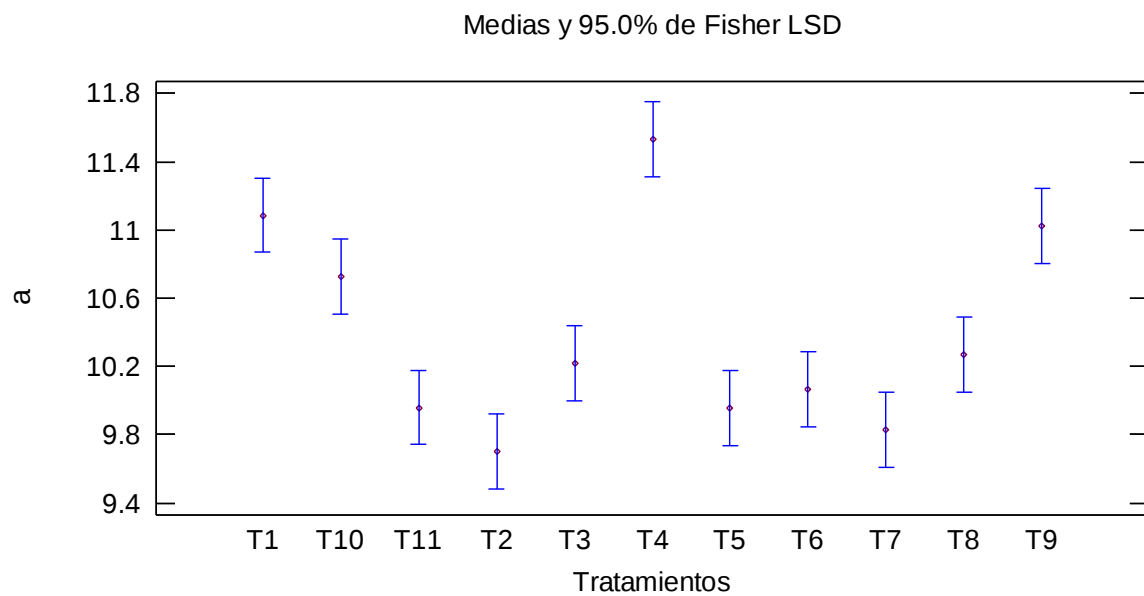
ANOVA para L* por Tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	190.152	10	19.0152	60.24	0.0000
Intra grupos	6.944	22	0.315636		
Total (Corr.)	197.096	32			



ANOVA para a* por Tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	10.8398	10	1.08398	16.10	0.0000
Intra grupos	1.4814	22	0.0673364		
Total (Corr.)	12.3212	32			



ANOVA para b* por Tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	53.6893	10	5.36893	86.23	0.0000
Intra grupos	1.36973	22	0.0622606		
Total (Corr.)	55.059	32			

