

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

“RELACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y REOLÓGICAS SEGÚN LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN ESTABLECIDOS EN LA ETAPA DE CONCHADO DE LA COBERTURA A BASE DE LICOR DE MACAMBO (*Theobroma bicolor*) Y MANTECA DE CACAO (*Theobroma cacao*)”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES

ELESCANO HIDALGO RICARDO ANTONIO

TAQUIA PORRAS THALIA

ASESORA

Dra. CARMEN GILDA AVELINO CARHUARICRA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2023

PERÚ

TESIS FINAL - ELESCANO HIDALGO-TAQUIA PORRAS



Nombre del documento: TESIS FINAL - ELESCANO HIDALGO-TAQUIA PORRAS.pdf
ID del documento: 9beba087b57abd2a2def0bc8a632966da8e4d558
Tamaño del documento original: 2,64 MB

Depositante: FIQ PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 22/1/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 22/1/2024

Número de palabras: 19.331
Número de caracteres: 130.490

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unapikitos.edu.pe https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4934/Diana_Tesis_Titulo_201... 19 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (296 palabras)
2	repositorio.iiap.gob.pe https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/97/2/Torres_Libro_2010.pdf 12 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (278 palabras)
3	1library.co Transporte molecular de una propiedad en estado estacionario Se est... https://1library.co/article/transporte-molecular-propiedad-estacionario-transportando-propiedad-di... 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (252 palabras)
4	132.248.9.195 "Importancia de la viscosidad y modelos reológicos en elaboración ... http://132.248.9.195/ptd2022/agosto/0828321/Index.html	1%		Palabras idénticas: 1% (218 palabras)
5	142.93.18.15 http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/270/1/CORRECCIONES-ilovepdf-compressed.pdf 8 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (184 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	132.248.9.195 Factor de fricción en fluidos no newtonianos http://132.248.9.195/ptd2016/abril/0742906/Index.html	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
2	ciencia.lasalle.edu.co https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1428&context=ing_alimentos	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
3	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5836/IF-AVELINO_CARHUARICRA_-FI...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
4	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6781/TM_DELGADO_FARCIA_-FCE_2...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
5	digibuo.uniovi.es https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/60234/TFM_LuciaTueoColeira_.pdf?sequen...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.quimica.es/enciclopedia/Lipido.html>
- <https://www.quimica.es/enciclopedia/Alifatico.html>
- https://www.quimica.es/enciclopedia/Grupo_carboxilo.html
- <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/afecta-tala-ilegal-economia>
- <https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/318632-en-el-2019-se>

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD : Facultad de Ingeniería Química

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN : Facultad de Ingeniería Química

TÍTULO : “Relación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas según los parámetros de operación establecidos en la etapa de conchado de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*)”

AUTORES:

- Ricardo Antonio Elescano Hidalgo / Código ORCID (0009–0001–8965–9893) / DNI (71921336)
- Thalia Taquia Porras / Código ORCID (0009–0000–0435–8155) / DNI (77346257)

ASESORA:

- Dra. Carmen Gilda Avelino Carhuaricra / Código ORCID (0000–0003–0339–3324) / DNI (07287720)

LUGAR DE EJECUCIÓN : Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Callao.

UNIDAD DE ANÁLISIS : Cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*).

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Investigación aplicada / Enfoque cuantitativo / Diseño experimental.

TEMA OCDE: Ingeniería de proceso.

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue sustentada por la Bachiller **TAQUIA PORRAS THALIA** ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

ING° SANEZ FALCÓN LIDA CARMEN	Presidente
ING° RODRIGUEZ VILCHEZ RICARDO	Secretario
ING° CABRERA ARISTA CESAR	Vocal
ING° AVELINO CARHUARICRA CARMEN GILDA	Asesora

Tal como está asentado en el Libro de actas N° 01 Folio N° 125 y Acta N° 124 de fecha 23 de enero del 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad a lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150–2023–CU del 15 de junio de 2023

DEDICATORIA

A nuestros padres Nimia Hidalgo, Alberto Elescano, Justina Porras y Jesus Taquia por su amor, apoyo, esfuerzos y sacrificios, que nos inspiran a querer ser mejores hijos, personas y profesionales, por último, a nuestros hermanos, que nos transmiten su alegría, valentía y abiduría

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por guiarnos y cuidarnos en nuestro andar.

A nuestra Universidad Nacional del Callao y facultad de Ingeniería Química, por formarnos como profesionales y a nuestros excelentes profesores que nos guiaron en esta hermosa etapa universitaria. Además, a nuestra asesora que nos permitió avanzar con la tesis. Al Ing. Daril Martínez por brindarnos su tiempo para explicarnos el uso del reómetro y por último a nuestra compañera Jessica Abad por apoyarnos en los análisis.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 Descripción de la realidad problemática	9
1.2 Formulación del problema	10
1.2.1 Problema general	10
1.2.2 Problemas específicos	10
1.3 Objetivos	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Justificación	11
1.5 Delimitantes de la investigación	11
1.5.1 Delimitante teórica	11
1.5.2 Delimitante temporal	11
1.5.3 Delimitante espacial	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes	12
2.1.1 Antecedentes internacionales	12
2.1.2 Antecedentes nacionales	14
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1 Origen del macambo	15
2.2.2 Descripción del macambo	16
2.2.3 Composición química de las semillas del macambo	18
2.2.4 Perfil de ácido graso del macambo	18
2.2.5 Origen del cacao	20
2.2.6 Descripción del cacao	20

2.2.7	Composición química de las semillas del cacao	21
2.2.8	Manteca de cacao	22
2.2.9	Perfil de ácido graso del cacao	22
2.2.10	Etapas del proceso de obtención de chocolate	23
2.2.11	Reología	29
2.2.12	Viscosidad	30
2.2.13	Clasificación de los fluidos según su comportamiento	
	eológico	31
2.2.14	Propiedades fisicoquímicas	37
2.3	Marco conceptual	39
2.3.1	Relación entre la formulación de la cobertura y la	
	humedad	39
2.3.2	Relación entre la formulación de la cobertura y el pH	39
2.3.3	Relación entre la formulación de la cobertura y viscosidad	40
2.3.4	Cobertura	40
2.4	Definición de términos básicos	41
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	43
3.1	Hipótesis (general y específicas)	43
3.1.1	Operacionalización de variables	43
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	45
4.1	Diseño metodológico	45
4.2	Método de investigación	45
4.3	Población y muestra	50
4.3.1	Población	50
4.3.2	Muestra	50
4.4	Lugar de estudio y periodo desarrollado	50
4.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	53
4.5.1	Técnicas para la recolección de información	53
4.5.2	Instrumentos de recolección de datos	53
4.6	Análisis y procesamiento de datos	54
4.7	Aspectos éticos en investigación	54

V.	RESULTADOS	55
5.1	Resultados descriptivos	55
5.1.1	Análisis de humedad	55
5.1.2	Análisis de pH.....	56
5.1.3	Análisis de viscosidad.....	56
5.2	Resultados inferenciales	58
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
6.1	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	63
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	65
6.3	Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	66
VII.	CONCLUSIONES	67
VIII.	RECOMENDACIONES.....	68
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS.....	75
	Anexo 1. Matriz de consistencia	76
	Anexo 2. Propuesta de instrumentos de recolección de datos.	77
	Anexo 3. Data recopilada de software Rheoplus	79
	Anexo 4. Reogramas del modelo de Casson.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales características morfo agronómicas de cuatro poblaciones de <i>Theobroma bicolor</i> a siete años después del trasplante	21
Tabla 2 La composición química de las semillas de macambo en base seca y fresca.....	18
Tabla 3 Composición porcentual de ácidos grasos saturados del aceite de la semilla del macambo (<i>Theobroma bicolor</i>)	19
Tabla 4 Composición porcentual de ácidos grasos insaturados del aceite de la semilla del macambo (<i>Theobroma bicolor</i>)	19
Tabla 5 Composición porcentual del fruto de <i>Theobroma cacao</i>	21
Tabla 6 Análisis proximal de los granos secos de cacao	22
Tabla 7 Punto de fusión y empaquetamiento de cadena de las formas polimórficas de la manteca de cacao	28
Tabla 8 Constantes reológicas fundamentales para distintos tipos de fluidos..	36
Tabla 9 Operacionalización de variables	44
Tabla 10 Formulación de coberturas	47
Tabla 11 Diseño experimental	56
Tabla 12 Análisis de humedad	55
Tabla 13 Análisis de pH.....	56
Tabla 14 Análisis de viscosidad.....	57
Tabla 15 Resumen del diseño experimental de investigación.....	58
Tabla 16 Información de los factores de la investigación	58
Tabla 17 Análisis de varianza de la humedad.....	58
Tabla 18 Análisis de varianza de pH	60
Tabla 19 Análisis de varianza de la viscosidad.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Semilla, fruto y árbol de macambo (<i>Thebroma bicolor</i>)	16
Figura 2 Árbol de cacao con frutos.....	20
Figura 3 Concha moderna fabricada por Frisse	26
Figura 4 La atemperadora Aasted.....	28
Figura 5 Pasos de procesamiento para la fabricación de chocolate	29
Figura 6 Representación de un fluido newtoniano.....	32
Figura 7 Tensión de corte contra gradiente de velocidad para fluidos newtonianos y no newtonianos	33
Figura 8 Obtención de licor de macambo.....	46
Figura 9 Obtención de la cobertura a base de licor de macambo (<i>Theobroma bicolor</i>) y manteca de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	48
Figura 10 Análisis de humedad.....	49
Figura 11 Análisis de pH.....	57
Figura 12 Análisis de la viscosidad	57
Figura 13 Gráfica de interacción para humedad.....	59
Figura 14 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la variable humedad	59
Figura 15 Gráfica de interacción para pH.....	60
Figura 16 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la variable pH ..	61
Figura 17 Gráfica de interacción para viscosidad.....	62
Figura 18 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados	62

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la relación entre las propiedades fisicoquímicas (humedad y pH) y propiedades reológicas (viscosidad plástica) con los parámetros de operación (tiempo y formulación) en la etapa de conchado de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*). El estudio fue realizado utilizando formulaciones de cobertura al 80% con una distribución de 31%, 33%, 35% y 37% de manteca de cacao y el complemento de estos fue el licor de macambo; en un tiempo total de 12 horas de conchado para cada formulación. Para el estudio de las propiedades reológicas se usó el rotámetro Anton Paar con el modelo de Casson. Los resultados muestran que la humedad se redujo de 1,17% a 0,93% en promedio, sin embargo, aumentó el pH de 6,76 a 6,84 en promedio de las formulaciones de coberturas planteadas en el transcurso del tiempo de conchado, además conforme las coberturas presenten mayor porcentaje en peso de manteca de cacao descienden su respectiva viscosidad plástica, por lo tanto, la fluidez de estas ha sido mayor. Se interpretó de manera estadística que el tiempo de conchado tiene un efecto significativo en la reducción de humedad y viscosidad, así como en el aumento del pH de las coberturas; la formulación tiene efecto significativo únicamente en la humedad y viscosidad. En conclusión, las coberturas durante la etapa de conchado varían sus propiedades fisicoquímicas y reológicas demostrando que esta etapa requiere mayor control para obtener coberturas de calidad.

Palabras clave: Macambo (*Theobroma bicolor*), manteca de cacao (*Theobroma cacao*), cobertura.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the relationship between the physicochemical properties (humidity and pH) and rheological properties (plastic viscosity) with the operating parameters (time and formulation) in the conching stage of the macambo liquor-based coating (*Theobroma bicolor*) and cocoa butter (*Theobroma cacao*). The study was carried out using 80% coating formulations with a distribution of 31%, 33%, 35% and 37% cocoa butter and the complement of these was macambo liquor; in a total conching time of 12 hours for each formulation. To study the rheological properties, the Anton Paar rotameter with the Casson model was used. The results show that humidity was reduced from 1,17% to 0,93% on average, however the pH increased from 6,76 to 6,84 on average of the coverage formulations proposed over the course of conching time, also as the coating present a higher percentage in weight of cocoa butter decrease their respective apparent viscosity (0,0474 cp for 31%, 0,0408 cp for 33%, 0,0205 cp for 35% and 0,0258 cp for 37%), therefore, their fluidity has been greater. It was statistically interpreted that the conching time has a significant effect on the reduction of humidity and viscosity, as well as the increase in the pH of the coating; The formulation has a significant effect only on humidity and viscosity. In conclusion, the coatings during the conching stage vary their physicochemical and rheological properties, demonstrating that this stage requires greater control to obtain quality coatings.

Keywords: Macambo (*Theobroma bicolor*), cocoa butter (*Theobroma cacao*), coating

INTRODUCCION

En el Perú existe un fruto en la región de la selva, llamado macambo cuyo nombre científico es *Theobroma bicolor*, que pertenece a la familia *Esterculiácea*, en el cual también pertenece el *Theobroma cacao*. Se han realizado estudios a su composición química y potencial nutricional pero no han sido muy difundidos. Es consumida en las regiones de Loreto, Ucayali y San Martín como snacks, jaleas y bebidas por lo que su producción y procesamiento se torna interesante, sin embargo, no es aprovechado como el cacao, que es usado en la producción de chocolates, chocolate de cobertura, etc., por lo que se considera necesario conocer sus características fisicoquímicas y reológicas del macambo para su producción a nivel de industria, y el dimensionamiento de los equipos.

La reología es la ciencia que estudia el flujo y deformaciones de sólidos y fluidos, bajo la influencia de fuerzas mecánicas [1]. El estudio de la reología en los alimentos es un factor importante debido a que nos proporciona los parámetros fundamentales para diseñar los equipos en el procesamiento del producto, además de verse involucrado en el control de calidad en las distintas etapas del proceso (desde ingreso de materia prima, hasta el empaque del producto terminado)

Debido a las características similares entre el macambo y el cacao, se está evaluando la posibilidad de poder realizar la sustitución parcial y/o total del cacao en la industria del chocolate en sus distintas presentaciones, por ello se está estudiando las características fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao a distintas formulaciones y tiempo de conchado.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad es común escuchar los problemas relacionados con la deforestación en la amazonia y el impacto que genera en el medio ambiente y en la economía del país. Según un reporte publicado en el diario El Comercio, anualmente el Perú pierde aproximadamente 250 millones de dólares debido a la tala ilegal en el departamento de Loreto; eso agregado a la disminución de ecoturismo y la exportación de productos no maderables. [2]

El Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático del Ministerio del Ambiente informó el ranking de los departamentos que presentaron mayor nivel de pérdida de bosques en el año 2019: Ucayali (38 377 ha) ocupó el primer lugar, seguido de Loreto (23 140 ha) y Madre de Dios (21 378 ha). [3]

Una de las causas que origina la deforestación son las instalaciones de grandes plantaciones de monocultivos en los bosques amazónicos y afecta los derechos humanos y territoriales de poblaciones locales. Asimismo, genera pérdida de la biodiversidad y es fuente de emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, a la atmósfera. En un contexto de cambio climático, donde el Perú ha asumido compromisos internacionales de reducción de emisiones, es de vital importancia mirar críticamente el desarrollo de los agronegocios en la Amazonía [4]

La promoción de diversas especies de *Theobroma* y variedades de cacao con alto potencial de mercado, como el macambo, el copoazu y el cacao chuncho, daría a los agricultores acceso a los mercados globales y locales, al tiempo que mantendría la biodiversidad y los suelos fértiles, evitando así el efecto de "auge y caída" de la producción del cacao. Por ello, Lagneaux, Andreotti y Neher [5] recomiendan la extensión de campañas públicas de donación de estas especies y variedades de cacao nativos.

El *Theobroma bicolor* (*macambo*) es una variedad del cacao que proviene de la amazonia peruana y está siendo aprovechado en distintos productos y

actualmente ha tenido importantes reconocimientos por sus propiedades y participaciones en concursos internacionales, pero su aplicación industrial se ve reducido a únicamente como snacks y bebidas.

En la presente investigación se ha propuesto identificar las características fisicoquímicas y reológicas de las distintas formulaciones de cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) con la finalidad de promover el uso industrial del macambo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo varían las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado?

1.2.2 Problemas específicos

- 1) ¿Cómo afecta el tiempo en las características fisicoquímicas y reológicas de la cobertura de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) en la etapa del conchado?
- 2) ¿Cómo afecta la formulación en peso de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) en las características reológicas en la etapa del conchado?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la variación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1) Determinar cómo afecta el tiempo en las características fisicoquímicas y reológicas de la cobertura de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) en la etapa del conchado.

- 2) Determinar cómo afecta la formulación en peso de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) en las características reológicas en la etapa del conchado.

1.4 Justificación

Las semillas del fruto del macambo (*Theobroma bicolor*), de acuerdo con su composición química contiene un alto valor en porcentaje de proteína y en grasa, por consecuencia se puede consumir como un producto similar a la cobertura de chocolate. En la actualidad solo existe la descripción técnica de los procesos para obtener chocolate, y poca información con respecto al proceso de la obtención de pasta de macambo edulcorado, con el fin de brindar opciones de industrialización de este producto, se procede a realizar la descripción de la variación de la propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) con diferentes formulaciones y muestreados a diferentes tiempos durante la etapa de conchado

1.5 Delimitantes de la investigación

1.5.1 Delimitante teórica

La investigación se ve limitada debido a que la información con respecto a las aplicaciones del macambo y licor de macambo recién está siendo exploradas por ello el estudio de las características fisicoquímicas y reológicas de los derivados del macambo tienen pocos antecedentes con los cuales contrastar.

1.5.2 Delimitante temporal

La investigación se realizó en el periodo de agosto a noviembre del 2023.

1.5.3 Delimitante espacial

El trabajo se realizará en el laboratorio de procesos unitarios (LOPU) y el laboratorio de investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, y las semillas de macambo será enviadas desde Chazuta, departamento de San Martín.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El presente trabajo se basa en las siguientes investigaciones:

2.1.1 Antecedentes internacionales

En el trabajo “Desarrollo de la tecnología para la elaboración de chocolate de cobertura”, el autor presenta nueve formulaciones donde evaluó los atributos sensoriales de las coberturas, luego realizó el análisis de parámetros fisicoquímicos a base de 37% licor y 23% manteca de cacao obteniendo valores de 0,86% de humedad y pH 4,7 [6]

En el trabajo “Desarrollo de una formulación de cobertura de chocolate con esencia de naranja para helado soft”, en el cual ha diseñado 9 formulaciones con variaciones en las proporciones de materia prima (manteca de cacao, cacao en polvo, azúcar, lecitina y esencia de naranja) para que encuentre aquella que posea las mejores características, sustentándolo con análisis fisicoquímicos. Inicialmente realizó análisis sensorial para enfocarse en las formulaciones con mayor aceptación, quedando con cinco formulaciones a los cuales se realizaron los análisis de determinación de humedad y viscosidad. El análisis de humedad que realizó a las cinco muestras con mayor aceptación varía entre 1,41% a 2,06% [7]

En el trabajo “Elaboración de chocolate de cobertura utilizando licor de cacao nacional. La Maná. Ecuador 2013”, implementó distintos porcentajes de grasa vegetal y azúcar para obtener chocolates con mejores características tanto fisicoquímicas como sensoriales, utilizó nueve formulaciones que varía en proporciones al licor de cacao, manteca de cacao y azúcar, obtuvo rangos de humedad entre 0,73% hasta 1,0%, y rangos de pH entre 4,84 a 5,17, para las distintas formulaciones empleadas. [8]

En el trabajo “Diseño de una planta de elaboración de chocolate negro y chocolate con leche a partir del licor de cacao”, usó almendras de cacao seco y fermentado de variedad nacional del Ecuador para realizar licor de cacao, en el proceso de conchado usó el equipo SPECTRA 11, para el proceso de obtención de chocolate se identifica que las variables son la velocidad de la conchadora y el tiempo de conchado cuya variable de respuesta son los parámetros físicos

químicos, reológicos y sensoriales. Al final del proceso determinó que el mejor tratamiento se obtuvo a 1 500 rpm y 16 h; con este tratamiento las humedades del chocolate negro y con leche fueron $0,95\% \pm 0,13\%$ y $0,96 \pm 0,06\%$ respectivamente, los pH de $5,87 \pm 0,01$ y $6,21 \pm 0,02$, los valores de acidez fueron de $0,33 \pm 0,01\%$ y $0,20 \pm 0,01\%$, por último una viscosidad aparente de $0,40 \pm 0,02$ Pa.s y $0,5 \pm 0,14$ Pa.s [9]

En el trabajo “Estudio de la viscosidad de distintos tipos de chocolate durante la etapa de conchado líquido”, cuyo proceso productivo comienza con la fase de mezclado en la mezcladora, luego la masa se dosifica automáticamente a una refinadora de rodillos, reduciendo su tamaño a un valor de $15 \mu\text{m}$ a $25 \mu\text{m}$, dependiendo del tipo de chocolate que se elabore, después se traslada a la concha, esta es la etapa en la que se completa la receta, se añade el resto de la manteca de cacao, la lecitina y la vainillina; y en el caso del chocolate blanco también se añade la mantequilla. Una vez que se añaden estos últimos ingredientes comienza el conchado líquido. El chocolate sufre una reducción de la viscosidad durante la etapa de conchado pero una vez que la grasa es liberada y recubre todas las partículas sólidas que conforman el chocolate, las propiedades reológicas se mantienen casi constantes, también menciona que la adición de lecitina y manteca de cacao temprana por un exceso de temperatura, la adición de fundición y el tiempo de conchado total podrían afectar a los parámetros reológicos. Concluyó que los análisis reológicos y humedad del chocolate en la etapa de conchado líquido se mantiene casi constante con las formulaciones de 50% y 55% ($6,215$ y $6,303$ Pa.s en viscosidad plástica, y $0,6$ y $0,68$ por ciento en humedad, respectivamente), pero con el análisis realizado a la formulación de 70% se obtuvo 1.585 Pa.s en viscosidad plástica y 0.91% en humedad, de lo cual se observa que la formulación influye en los valores de viscosidad y humedad [10]

En la tesis “Obtención de cobertura de cupulate a partir de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en la empresa Chocolate Tropical”, en el cual desarrolló una cobertura de cupulate a partir de granos de copoazú, que es un familiar del cacao y macambo, realizó 5 formulaciones entre las cuales uso manteca de cacao y copoazú. El producto con mejores características fisicoquímicas obtuvo

parámetros de viscosidad de 2 197 cp a 3 329 cp y humedad de 0,6% a 0,8% [11]

En el trabajo “Estudio de la influencia de la molienda (conchado) en la reducción de la acidez del chocolate de cobertura”. La etapa del conchado es importante en la producción de un chocolate con alta concentración de cacao, debido a que se encarga de volatizar los ácidos presentes en el cacao, causantes de la alta acidez del chocolate. Las formulaciones del chocolate al 30 y 70 por ciento de cacao en la etapa de conchado después de ciertos intervalos de tiempos obtuvo que los mejores resultados fueron en 48 horas de conchado para el 70% de cacao, y 24 horas de conchado para el 30% de cacao. Así como el pH de 5,48 a 48 h y 5,53 a las 24 h para 70% y 30% respectivamente, por lo cual concluyeron que se presenta una reducción significativa de la acidez y el aumento del pH de acuerdo con el transcurso del tiempo de conchado. [12]

2.1.2 Antecedentes nacionales

En el trabajo “Licor a partir de la almendra de *Theobroma bicolor* “macambo”, dando un valor agregado y conocer su valor nutricional. Mediante una fermentación en cajas de madera a temperatura que aumenta paulatinamente de 40°C a 45°C. El método que se usó para la transformación del macambo en licor fue el enfoque cuantitativo, de secado en bandejas y solar. Los licores de macambo sometidos a los dos tratamientos de secado presentan similitud en los porcentajes de Humedad (3,65%), Calorías (627,03), Proteínas (21,50 g) Grasa (51,31%), Carbohidratos (19,81 g), Fibras (7,76 g), Cenizas (2,73g) además, similar contenido de minerales (calcio, fosforo, hierro, magnesio, sodio y cobre), vitamina C, pH (6,5) y acidez acética (0,19%) respectivamente. La técnica utilizada fue de comparación pareada de diferencia simple. Los licores de macambo elaborados es un producto con alto contenido energético y nutricional con un gran potencial en la industria chocolatera. [13]

En el trabajo “Determinación del tiempo óptimo de refinado-conchado de chocolate oscuro aplicando el método variación no significativa en cinética”, desarrolló el proceso de molienda, refinado y conchado en un mismo equipo, pero cada etapa trabaja a parámetros diferentes. En la etapa de conchado muestreo en intervalos de dos horas para determinar el tiempo óptimo de

refinado-conchado a través de los análisis de las propiedades físicas de tamaño de partícula (micrómetro y análisis dinámico de imagen(D90)), viscosidad plástica y esfuerzo mínimo de fluencia por VNSC. Se obtuvo resultados de viscosidad plástica al mismo porcentaje de chocolate (60%), aumentando la viscosidad plástica de 2,43cp a 0 horas de conchado a 2,83 cp a 12 horas y 2,87 cp a 20 horas. [14]

En el trabajo “Mejora de propiedades físicas y su efecto en el contenido de ácidos grasos en chocolate peruano aplicando superficie de respuesta” Buscó obtener una formulación de chocolate oscuro a partir de la mezcla binaria de granos de cacao peruano que tengan mayor área cultivada y ser cacao fino o de aroma, por ello seleccionó al CCN 51 e ICS 6, después analizó los componentes de ambos varietales, siendo el contenido graso de sus pastas $50,43 \pm 0,31$ y $53,01 \pm 0,11$ por ciento, con ratio ácido graso saturado y ácido graso insaturado ($1,77 \pm 0,03$ y $1,76 \pm 0,06$), respectivamente. Aplicando superficie de respuesta y considerando como criterio la mejora de las propiedades físicas del chocolate: color, tamaño de partícula, propiedades reológicas y textura, se obtuvo como fórmula óptima: una mezcla 10 partes de CCN 51 y 90 partes de ICS 6, con 70 por ciento de contenido de cacao, 29,6 por ciento de azúcar y 0,4 por ciento de lecitina de soya; la que obtuvo 91,6 por ciento de validación como promedio, y una aceptabilidad de consumidores del 69,6 por ciento, esta formulación óptima presenta los valores de viscosidad de Casson y esfuerzo mínimo de fluencia de $2,52 \pm 0,04$ Pa.s y 12,32 Pa respectivamente [15]

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Origen del macambo

Es una especie nativa de América tropical, de origen probablemente amazónico. Está distribuida en la cuenca amazónica en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú. En la selva peruana, se cultiva principalmente en los departamentos de Loreto, Ucayali y Junín. Las condiciones ambientales adaptativas son: Temperatura media anual de 25°C a 28°C. Precipitación media anual de 900 mm – 3 000 mm. Altitud variable desde el nivel del mar hasta 1 000 msnm [16].

2.2.2 Descripción del macambo

Es un árbol que al estado natural en el bosque puede alcanzar hasta 25 m a 30 m de altura y 20 cm a 30 cm de diámetro. Cultivado puede tener menores dimensiones, copa oblonga e irregular, conformada por escasos verticilos de tres ramas pendulares que pueden llegar a tocar el suelo. Corteza externa agrietada color beige gris [16]

El fruto es de forma elipsoidal, es la más grande del género *Theobroma*, de unos 25 cm a 35 cm de largo por 12 cm a 15 cm de ancho, peso entre 0,5 y 3,0 Kg, la cáscara es leñosa y dura, de 12 mm de espesor, con cinco o muchas fisuras, de color amarillo cuando madura. El fruto cae al suelo cuando está maduro [16]

Las semillas son ovales planas de 16 mm a 30 mm de largo y de 14 mm a 25 mm de ancho, y de 8 mm a 13 mm de espesor, cubiertas de un arilo grueso, fibroso, succulento de color **(Ver Figura 1)** [17]

Figura 1
Semilla, fruto y árbol de macambo (*Theobroma bicolor*)



González, A. & Torres, G. (2010)

Observaciones en el Centro de Investigaciones Allpahuayo del IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana), informa de una producción promedio de siete frutos por árbol. La productividad por área estará definida por el distanciamiento de plantación. Para una densidad de 400 plantas por ha, se

estima una cosecha de 2,800 frutos, con peso promedio de pulpa de 2 447 Kg y 396 Kg de semilla fresca. La producción de frutos se inició a partir del tercer año, producciones variables dependiendo de las poblaciones evaluadas. [17]. **Tabla 1**, describe que en la etapa productiva se realizaron evaluaciones de características morfológicas y agronómicas de las poblaciones instaladas en el banco de germoplasma del IIAP.

Tabla 1

Principales características morfo agronómicas de cuatro poblaciones de *Theobroma bicolor* a siete años después del trasplante

Característica	Liso suave mediano	POBLACIÓN		
		Rugoso duro grande	Rugoso duro pequeño	Rugoso suave grande
N° de frutos / N° de planta	12,15	7,00	6,06	5,62
Peso fruto (g)	1 631,67	1 938,76	541,56	1 961,86
Peso cáscara (g)	860,33	996,05	302,44	1 060,91
Peso pulpa (g)	510,00	668,90	153,13	602,08
Peso semillas (g)	261,33	270,29	85,99	298,88
N° semillas	38,89	39,84	35,39	37,11
°Brix	13,32	15,26	17,42	14,39
% De cascara	52,73	51,38	55,85	54,08
% De pulpa	31,26	34,50	28,80	30,69
% De Semilla	16,02	13,94	15,88	15,23

González, A. & Torres, G. (2010)

Clasificación taxonómica.- Según Flores [16] y Melgarejo et al. [18]; el macambo presenta las siguientes características taxonómicas.

Clase : Magnoliopsida

Subclase : Caryophyllidae

Orden : Malvales

Familia : Esterculiaceae

Género : *Theobroma*

Especie : *bicolor*

Nombre científico : *Theobroma bicolor*, Humb & Bonpl.

Sinónimos : *Theobroma quinquinerva*; *Theobroma ovatifolia*

Nombre común : Macambo (Perú), cacau do Perú (Brasil), bacau o maraco (Colombia), patashte (Inglaterra)

2.2.3 Composición química de las semillas del macambo

La parte utilizada del fruto es la pulpa y las semillas para producir jugos, chocolate y otros derivados aptos para la agroindustria; también se utiliza como recurso genético para el mejoramiento del cultivo de cacao porque pertenecen a la misma familia y género [19]. La **Tabla 2** detalla la composición química de las semillas de macambo en base seca y base fresca, su contenido de grasa son 25,48% y 22,15 ± 0,26% respectivamente.

2.2.4 Perfil de ácido graso del macambo

La composición porcentual de ácidos grasos saturados e insaturados del aceite de la semilla del macambo “*Theobroma bicolor* (Humb. & Bompl)” se muestran en la **tabla 3** y **tabla 4 (Ver pag. Nº 24)**. Lopez [20] evaluó dos tipos de morfotipos de macambo, de los cuáles obtuvo que el morfotipo una presenta 57,24% de ácidos grasos saturados y 42,76% ácidos grasos insaturados y en el morfotipo dos presentan 58,31% de ácidos grasos saturados y 41,69% de ácidos grasos insaturado.

Tabla 2

La composición química de las semillas de macambo en base seca y fresca

Composición química (%)	En base a muestras seca Furlán y Bressani	En base a muestra fresca Sifuentes
Humedad	5,57	41,33 ± 0,25
Cenizas	4,14	1,91 ± 0,007
Proteína	24,42 ^a	11,94 ± 0,66
Grasa	25,48 ^a	22,15 ± 0,26
Fibra cruda	30,86 ^a	1,60 ± 0,05
Carbohidratos	15,10 ^a	18,91

Furlán, A. y Bressani, R. (1999) y Sifuentes, M. (2017)

Nota : * Las letras diferentes indican significancia estadística en los resultados de la composición química de la semilla en base seca. *Los valores presentados son los promedios \pm desviación estándar (n = 3)

Tabla 3
Composición porcentual de ácidos grasos saturados del aceite de la semilla del macambo (*Theobroma bicolor*)

Ácidos grasos saturados	Theobroma bicolor Morfotipo 1		Theobroma bicolor Morfotipo 2	
	Promedio (%)	Desviación Estándar	Promedio (%)	Desviación Estándar
Ácido palmítico (C16:0)	6,36	$\pm 0,10$	6,63	$\pm 0,10$
Ácido esteárico (C18:0)	50,88	$\pm 0,49$	51,68	$\pm 0,07$
Total	57,24	–	58,31	–

López, M. J. (2020)

Tabla 4
Composición porcentual de ácidos grasos insaturados del aceite de la semilla del macambo (*Theobroma bicolor*)

Ácidos grasos insaturados	Theobroma bicolor Morfotipo 1		Theobroma bicolor Morfotipo 2	
	Promedio (%)	Desviación Estándar	Promedio (%)	Desviación Estándar
Ácido palmitoleico (C16:1)	0,22	$\pm 0,01$	0,18	$\pm 0,01$
Ácido oleico (C18:1)	37,56	$\pm 0,37$	36,48	$\pm 0,03$
Ácido linoleico (C18:2)	2,52	$\pm 0,06$	2,55	$\pm 0,02$
Ácido linolénico (C18:3)	2,46	$\pm 0,07$	2,48	$\pm 0,06$
Total	42,76	–	41,69	–

López, M. J. (2020)

2.2.5 Origen del cacao

Es una especie nativa de América tropical, probablemente originaria de la Amazonía occidental. En la cuenca amazónica, se distribuye en Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela, Surinam y Guyana. En la selva peruana se cultiva en los Departamentos de Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Pasco, Madre de Dios, Cuzco y Ayacucho [21].

2.2.6 Descripción del cacao

El árbol del cacao puede crecer hasta alcanzar 10 metros de altura cuando está a la sombra de altos árboles forestales. En la **Figura 2** se muestra el fruto (mazorca) que mide de 15 cm a 25 cm de largo y contiene de 30 a 40 semillas, cuando estas son fermentadas y secadas se convierten en granos del cacao. Las mazorcas brotan del tronco principal y de las ramas de la copa. El cacaotal comienza a producir en cuatro o cinco años de haberse plantado y puede seguir produciendo durante varios decenios [22]

En la **Tabla 5 (Ver pag. N° 26)** se muestra la composición porcentual del fruto de *Theobroma cacao*.

Figura 2
Árbol de cacao con frutos



L. García et. al, (2010)

Tabla 5
Composición porcentual del fruto de *Theobroma cacao*

	Peso Total (g)	% Cáscara	% Pulpa	% Semillas	N° semillas
<i>Theobroma cacao</i>	493,18	80,60	9,4	10	20 – 40

González, A. & Torres, G. (2010)

a) Características botánicas del cacao.- Según Flores [16], el cacao presenta las siguientes características taxonómicas.

Familia : Sturculiaceae

Nombre científico : *Theobroma cacao* L

Variedades : Trinitario, Forastero Amazónico y Criollo

Nombre común : Cacao (Colombia, Perú, Venezuela); cacau, cacau verdadeiro (Brasil): cocoa, chocolate – trece (inglés)

2.2.7 Composición química de las semillas del cacao

En el *Theobroma cacao*, el componente más importante es la grasa de sus semillas, el cual es ampliamente usado en la industria chocolatera, farmacéutica y de cosméticos [23]

Según el estudio de las propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú, la cosecha de las mazorcas de los cultivares de ambos países fue en estado de madurez óptimo. Los granos fueron extraídos el mismo día de la cosecha, fermentados adecuadamente y secados al sol, cuyos resultados obtenidos se detallan en la **Tabla 6 (Ver pag. Nº 27)** [24]

Tabla 6
Análisis proximal de los granos secos de cacao

Variable	Nacional Ecuador	CCN 51 Ecuador	CCN 51 Perú	ICS 6 Perú
Humedad (%)	6,03 ± 0,10 ^a	6,00 ± 0,09 ^a	6,02 ± 0,04 ^a	5,49 ± 0,07 ^b
Proteína cruda (%) [*]	8,60 ± 0,20 ^c	8,08 ± 0,25 ^d	14,23 ± 0,26 ^b	15,58 ± 0,28 ^a
Grasa cruda [*] (%)	50,87 ± 0,19 ^a	51,02 ± 0,24 ^a	47,28 ± 0,22 ^b	45,28 ± 0,45 ^c
Ceniza (%) [*]	2,23 ± 0,08 ^{bc}	2,73 ± 0,08 ^a	2,22 ± 0,19 ^c	2,41 ± 0,09 ^b
Carbohidratos totales (%) [*]	32,28 ± 0,46 ^a	32,17 ± 0,11 ^a	30,24 ± 0,31 ^c	31,24 ± 0,39 ^b
Fibra cruda (%) [*]	4,64 ± 0,47 ^c	4,28 ± 0,01 ^c	5,74 ± 0,16 ^b	7,10 ± 0,28 ^a

Andrade (2019)

Nota : *La desviación estándar seguida de letras distintas en la misma columna es significativamente diferente ($p \leq 0,05$)

2.2.8 Manteca de cacao

La manteca de cacao es obtenida a partir del prensado de la almendra de cacao, es de color amarillo pálido, quebradiza a temperatura inferior a 26,7°C, con olor y sabor a cacao. El punto de fusión depende de la forma de cristalización, si fue cristalizada rápidamente fundirá a temperaturas bajas (26°C – 40°C) si fue cristalizada lentamente fundirá a (35°C – 36°C). La manteca bajo del punto de fusión es dura, al tener punto de fusión menor al corporal es ideal para utilizarla en confitería y chocolatería. La manteca de cacao es resistente a la oxidación y al enranciamiento comparada con otras grasas y aceites, de acuerdo con Bailey [25] citado por Jácome [9].

2.2.9 Perfil de ácido graso del cacao

De acuerdo con Becket [26], en la manteca de cacao hay tres ácidos grasos principales que suponen cerca de un 95% de los ácidos grasos presentes. Casi el 35% es ácido oleico (C18:1), sobre un 34% es ácido esteárico (C18:0) y aproximadamente un 26% es ácido palmítico (C16:0). Es, de hecho, debido a que es una grasa relativamente simple, porque tiene muy pocos componentes,

por lo que funde rápidamente en un pequeño rango de temperatura, es decir, entre la temperatura ambiente y la de la boca.

2.2.10 Etapas del proceso de obtención de chocolate

- a) Fermentación.-** Genera precursores de sabor como aminoácidos libres, péptidos y azúcares reductores a partir de los cuales se forman compuestos aromáticos. Los polifenoles se oxidan y polimerizan en compuestos insolubles de alto peso molecular (taninos) que conducen a una reducción significativa de su concentración y, por lo tanto, reducen el amargor y la astringencia de los granos. Se han propuesto diferentes diseños en fermentadores, frecuencias de volteo de la masa durante la fase aerobia, adición de cultivos iniciadores y de enzimas de tipo pectilinasas, oxidasas y proteasas [27]
- b) Secado.** - Pérdida física de acidez a través de la migración hacia el exterior de ácidos volátiles, así como la oxidación bioquímica del ácido acético de los granos. La oxidación y polimerización de polifenoles resulta en la reducción de su concentración. Reacciones no enzimáticas, es decir, las reacciones de Maillard para formar fracciones volátiles como pirazinas [27]
- c) Tostado.-** La evaporación de los ácidos volátiles de los granos causa una reducción en la acidez. Los precursores del sabor, aminoácidos libres, los péptidos de cadena corta y los azúcares reductores experimentan la reacción de Maillard y la degradación de Strecker para producir los compuestos de sabor deseables [27]
- d) Descascarillado o aventado.-** El descascarillado es el proceso por el cual se separa la cáscara y parte del germen del resto del haba. Como la denominación de aventado sugiere, se basa en los principios empleados para separar el grano de la paja empleados en la recolección de cereales. Es deseable mantener a los cotiledones centrales (grano) en trozos lo más grandes posibles de manera que se puedan separar con mayor facilidad de la cáscara. Los trozos pequeños que permanezcan con la cáscara serán descartados con ella así que económicamente resulta muy importante realizar el descascarillado de modo correcto [28]

e) Molturación del grano de cacao.- En la molturación del grano de cacao hay dos objetivos a cumplir. El primero es hacer que las partículas de cacao sean lo suficientemente pequeñas como para fabricar chocolate. Hay una molturación posterior en el proceso de fabricación del chocolate, de modo que no es necesario realizar una molienda muy fina en esta etapa. La segunda razón, de mayor importancia, es la de extraer la mayor cantidad posible de grasa del interior de las células del cotiledón. La grasa es necesaria para facilitar el flujo del chocolate, tanto en la fabricación de dulces como cuando funde en la boca. La grasa es además el ingrediente principal más caro del chocolate, de manera que desde el punto de vista económico es necesario realizar el mayor uso de toda la grasa presente. La grasa está localizada en unas células de un tamaño medio entre 20 y 30 micras (μm) de longitud y de entre 5 micras a 10 micras de ancho/profundo. [28]

Cuando coexisten el agua y la grasa, éstas no se pueden mezclar, pero pueden presentarse en dos formas, es decir, una emulsión de agua en aceite, con el aceite/grasa rodeando gotitas de agua o una emulsión de aceite en agua, en la que la grasa/aceite se encuentran en las pequeñas gotitas. Su estabilidad se ve facilitada por algunos fosfoglicéridos, también conocidos como fosfolípidos, que forman una superficie entre el agua y la grasa. A estos compuestos se denominan emulgentes. Dentro del grano de cacao hay un emulgente llamado lecitina. Ambos tipos de emulsiones pueden existir dentro de las células del cacao [28]

La finalidad de la molturación es la de obtener la grasa del interior de las células, de manera que pueda recubrir las partículas sólidas de naturaleza no grasa en el chocolate. La grasa puede liberarse mediante la ruptura de las células. En el interior de las células hay más grasa de la necesaria para recubrir cualquiera de las superficies nuevas que se crean al romper las células. Esto significa que como la molturación reduce el tamaño de las células la pasta de cacao producida se vuelve más fluida, hay más grasa alrededor. Llega un momento en el que ya no se puede liberar más grasa, por lo que una molienda posterior sólo genera superficies provenientes de

las células que deben ser recubiertas con grasa. Esto hace que la pasta de cacao se vuelva de nuevo más espesa [28]

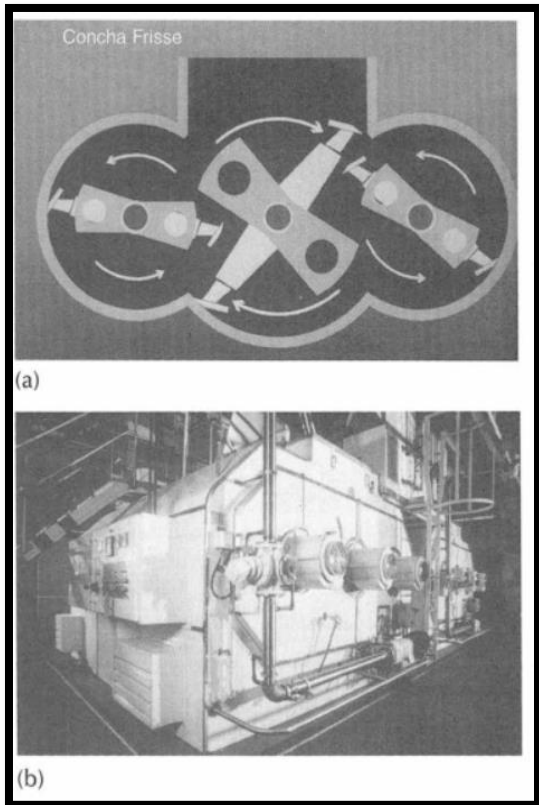
- f) **Conchado.**- El conchado se considera el punto o la operación finales en la fabricación de chocolate a granel, ya sea con leche u oscuro. Es un proceso esencial que contribuye al desarrollo de la viscosidad, la textura final y el sabor. El conchado se realiza normalmente agitando el chocolate a más de 50°C durante unas horas [28]

En las primeras etapas, la humedad se reduce con la eliminación de ciertos volátiles activos de sabor indeseables, como el ácido acético, y posteriormente se promueven las interacciones entre la fase dispersa (pequeñas partículas de sólidos de cacao, azúcar y leche) y la continua (manteca de cacao). Además de la eliminación de la humedad y los ácidos volátiles, el proceso de conchado promueve el desarrollo del sabor debido a la mezcla prolongada a temperaturas elevadas, dando un sabor parcialmente caramelizado en el chocolate sin miga de leche. El proceso también ayuda a la reducción de la viscosidad de las pastas refinadoras a lo largo del proceso, la reducción del tamaño de las partículas y la eliminación de los bordes de las partículas [28, 29, 30]

El nombre del equipo, la concha, se deriva de la palabra latina 'concha', porque la concha tradicional utilizada en la fabricación de chocolate se asemejaba a la forma de una concha (**Ver Figura 3, pag. Nº 31**) [30]

Cuando gran parte de las superficies aún no han sido recubiertas con grasa resulta más fácil que salga la humedad. Esto significa que, si se mezcla y calienta el chocolate en estado de polvo, el proceso entero puede tener lugar más rápidamente y se tiene un chocolate fluido y con menor humedad [28]

Figura 3
Concha moderna fabricada por Frisse



Afoakwa, E. (2010)

g) Atemperado.- La manteca de cacao puede cristalizar en varias formas polimórficas en función de la composición de triglicéridos, y la composición de ácidos grasos influye en cómo se solidifica la grasa líquida [30].

La **Tabla 7 (Ver pag. Nº 32)** muestra las seis formas polimórficas (I–VI) de la manteca de cacao siendo las principales α , β y β'

La Forma V, un polimorfo β , es la forma más deseada (en general) en el chocolate bien atemperado, dando una apariencia brillante, buen chasquido, contracción y resistencia al bloom. [28]

Si el chocolate está mal atemperado, el resultado es la Forma IV, que se transforma rápidamente en la Forma V. Esto influye en el color, porque la luz reflejada se desorienta debido al crecimiento inestable y desorganizado de los cristales [31] El chocolate sin templar es blando y no se desmolda con eficacia.

En la manteca de cacao, la Forma V y VI son las formas más estables. La Forma VI es difícil de generar, aunque se forma con un almacenamiento prolongado de chocolate atemperado acompañado de un fenómeno de fat bloom. Además, la Forma VI tiene una alta temperatura de fusión (36°C) y cristales grandes y arenosos en la lengua. La Forma I es inestable tiene un punto de fusión de 17°C y se convierte rápidamente en la Forma II que se transforma más lentamente en III y IV. Las formas de triglicéridos polimórficos difieren en la distancia entre las cadenas de ácidos grasos, el ángulo de inclinación relativo al plano del grupo metilo del extremo de la cadena y la forma en que los triglicéridos se empaquetan en la cristalización como lo sugiere Talbot [32], citado por Afoakwa [33]

El atemperado implica la precristalización de una pequeña proporción de triglicéridos, con cristales que forman núcleos (1% – 3% en total) para que los lípidos restantes se asienten en la forma correcta.

La secuencia de atemperado es una función de la receta, el equipo y el propósito final. Antes del uso de las máquinas atemperadoras, el chocolate solía atemperarse a mano, y los chocolateros todavía utilizan ocasionalmente este método, que produce cantidades relativamente pequeñas de dulces hechos a mano. Las máquinas de templado actuales se muestra en la **Figura 4 (Ver pag. Nº 33)** consisten en intercambiadores de calor de varias etapas a través de los cuales el chocolate pasa a velocidades muy diferentes, lo que dificulta la identificación de las condiciones óptimas.

Tabla 7
Punto de fusión y empaquetamiento de cadena de las formas polimórficas de la manteca de cacao

Formas polimórficas de manteca de cacao		Punto de fusión (°C)	Empaquetamiento de cadena
Forma I	β'_2	16 – 18	Doble
Forma II	A	21 – 22	Doble
Forma III	Mixto	25,5	Doble
Forma IV	B ₁	27 – 29	Doble
Forma V	B ₂	32 – 34	Triple
Forma VI	β'_1	34 – 36	Triple

Talbot (1999) y Afoakwa et al. (2007a)

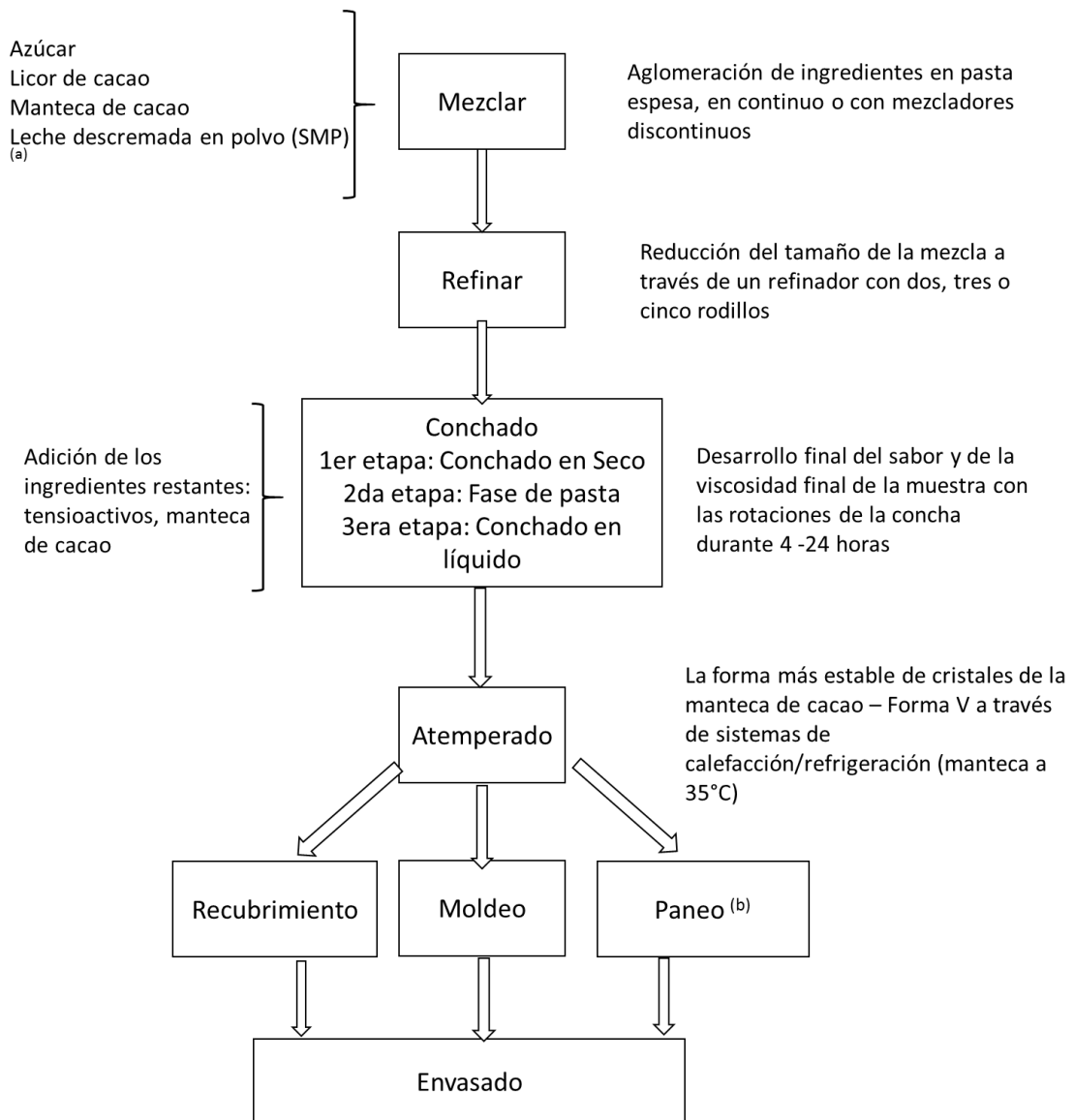
Figura 4
La atemperadora Aasted



Afoakwa (2010)

La **Figura 5 (Ver pag N° 34)**, resume las etapas de elaboración de chocolate con sus distintas condiciones de proceso.

Figura 5
Pasos de procesamiento para la fabricación de chocolate



Afoakwa, E. (2010)

Nota : (a) La leche desnatada en polvo solo se utiliza en la fabricación de chocolate con leche (b) Paneo significa que el chocolate se usa como recubrimiento para centros duros como nueces.

2.2.11 Reología

La reología se define como la ciencia que estudia la deformación y flujo de la materia de acuerdo con Muller [34], citado por Tafur [35]. La reología de los alimentos ha sido definida como el estudio de la deformación y flujo de las

materias primas sin procesar, los productos intermedios o semielaborados, y los productos finales de la industria alimentaria [35]

2.2.12 Viscosidad

La viscosidad es una propiedad de transporte que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento a través de un medio conductivo o fluido. La viscosidad es “lack of slipperiness”, sinónimo de fricción interna, resistencia al flujo [36] Isaac Newton denominó la constante de proporcionalidad como viscosidad (expresada por el símbolo μ):

$$\tau_{yx} = \mu \left(\frac{dv_x}{dy} \right) = \mu \cdot \dot{\gamma} \quad (1)$$

Donde:

τ_{yx} : Esfuerzo cortante [mPa], μ : viscosidad dinámica [mPa·s]

$\dot{\gamma}$: Velocidad de deformación o tasa de corte [s^{-1}]

a) **Tipos de viscosidad.**- Existen tres tipos principales de viscosidad:

- 1) **Viscosidad dinámica absoluta:** Denominada “ μ ”. Si se representa la curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a velocidad de deformación) se define como la pendiente en cada punto de dicha curva.
- 2) **Viscosidad aparente “ η ”:** Se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación $\tau / \dot{\gamma}$ para cada $\dot{\gamma}$. Este término es el que se utiliza al hablar de “viscosidad” para fluidos no newtonianos que tienen un comportamiento no lineal.

$$\eta = f(\dot{\gamma}) = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (2)$$

- 3) **Viscosidad cinemática, “ ν ”:** Relaciona la viscosidad dinámica con la densidad del fluido utilizado. Las unidades más utilizadas de esta viscosidad son los centistokes [cst]. 1 stoke = 100 centistokes = cm^2 / s . Su ecuación es la siguiente:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3)$$

2.2.13 Clasificación de los fluidos según su comportamiento reológico

a) **Fluido newtoniano.** - Los fluidos que obedecen la ley de viscosidad de Newton se llaman fluidos newtonianos. La viscosidad es la propiedad de un fluido que da lugar a fuerzas que se oponen al movimiento relativo de capas adyacentes en el fluido [37]

Estas ideas resultaran más claras al estudiar la viscosidad desde un punto de vista cuantitativo. En la **Figura 6 (Ver pag, Nº 37)**, se muestra un fluido encerrado entre dos placas paralelas infinitas (muy largas y anchas). Supóngase que la placa inferior se desplaza paralelamente a la superior a una velocidad constante Δv_x (m/s) mayor que la de la placa superior, debido a la aplicación de una fuerza uniforme de F (Newton). Esta fuerza se llama retardo viscoso y tiene su origen en las fuerzas viscosas del fluido. Las placas tienen una separación Δy (m). Todas las capas del líquido se desplazan en la dirección "x". La capa inmediatamente adyacente a la placa inferior se desplaza a la velocidad de dicha placa. La capa que le sigue hacia arriba se mueve a una velocidad un poco menor, y cada una de ellas tiene una velocidad un poco menor que la anterior al recorrer el fluido en la dirección "y". Este perfil de velocidades es lineal con respecto a la dirección. [37]

Para muchos fluidos se ha determinado en forma experimental que la fuerza F (Newton) es directamente proporcional a la velocidad Δv_x (m/s), el área A (m²) de la placa usada, inversamente proporcional a la distancia Δy (m). Expresada con la ley de viscosidad de Newton cuando el flujo es laminar,

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{\Delta v_x}{\Delta y} \quad (4)$$

Donde μ es una constante de proporcionalidad llamada viscosidad del fluido en Pa.s o Kg/m.s. Cuando Δy tiende a cero y usando la definición de derivada,

$$\frac{F}{A} = \tau_{xy} = \mu \frac{dv_x}{dy} = \mu \cdot \dot{\gamma} \quad (5)$$

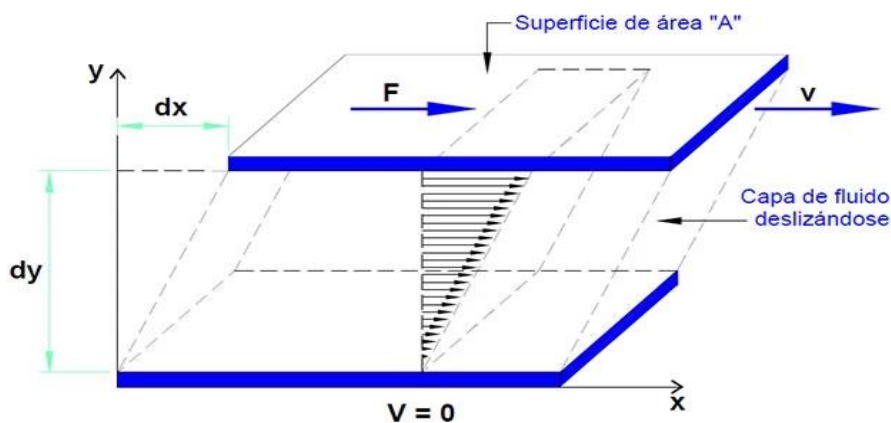
Siendo:

τ_{xy} : Esfuerzo cortante o shear stress (Pa)

μ : Viscosidad dinámica del fluido (Pa.s)

$\frac{dv_x}{dy} = \dot{\gamma}$: Velocidad de deformación del fluido o shear rate (s^{-1})

Figura 6
Representación de un fluido newtoniano



Página web Caloryfrio.com

Para un fluido newtoniano existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación se observa en la ecuación 5. Si por ejemplo se triplica el esfuerzo cortante, la velocidad de deformación se va a triplicar también. Esto es debido a que el término μ (viscosidad) es constante para este tipo de fluidos y no depende del esfuerzo cortante aplicado [38]

Hay que tener en cuenta también que la viscosidad de un fluido newtoniano no depende del tiempo de aplicación del esfuerzo, aunque sí puede depender tanto de la temperatura como de la presión a la que se encuentre.

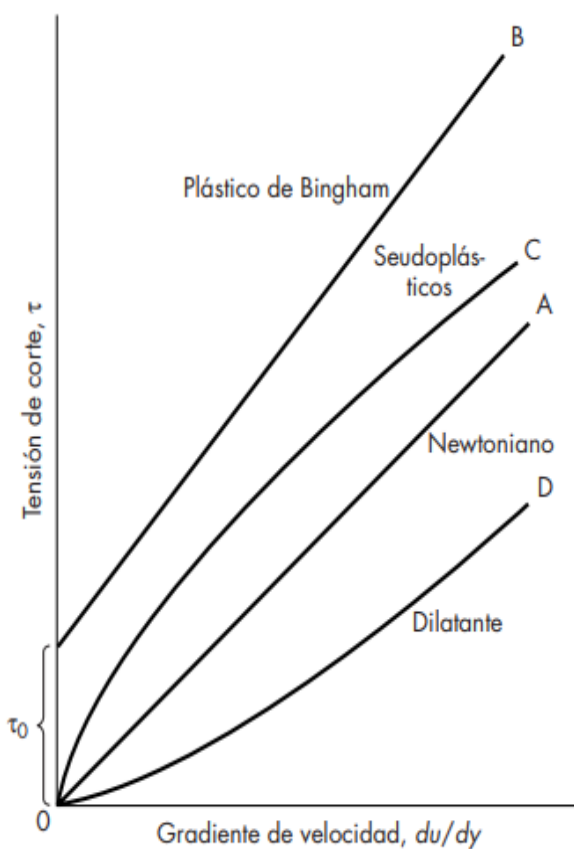
b) Fluido no newtoniano.- Un fluido no newtoniano es aquel cuya viscosidad (resistencia a fluir) varía con la velocidad de deformación o cizallamiento que se le aplica; es decir, se deforma en la dirección de la fuerza aplicada. Como resultado, un fluido no-Newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido

y constante, a diferencia de un fluido Newtoniano. Estas pueden ser independientes del tiempo o dependientes del tiempo de corte.

En la **Figura 7** se observan las curvas que relacionan la tensión de corte contra la velocidad de deformación de fluidos no newtoniano y newtoniano que corresponden a presión y temperatura constantes

Figura 7

Tensión de corte contra gradiente de velocidad para fluidos newtonianos y no newtonianos



MacCabe, Smith, & Peter (2007)

Nota : Las curvas son representaciones gráficas de la tensión de corte contra la velocidad de corte y corresponden a presión y temperatura constantes

c) **Fluidos no-newtonianos independientes del tiempo.**- Aquí encontramos a fluidos que necesitan de un esfuerzo umbral o tensión de corte mínimo para iniciar el movimiento y los que no lo necesitan. (Valentas [39], como se citó en Martínez y Novoa [40])

1) **Fluidos sin esfuerzo umbral:**

- **Fluidos pseudoplásticos.**- A medida que la velocidad de deformación aumenta, el esfuerzo de cortante y la viscosidad aparente disminuyen.
- **Fluidos dilatantes.**- A medida que la velocidad de deformación aumenta, el esfuerzo cortante aumenta.

2) **Fluidos con esfuerzo umbral.**- Este tipo de fluido se comporta como un sólido hasta que supera un esfuerzo cortante mínimo. Cuando el fluido supera el esfuerzo umbral: si la relación entre la velocidad de deformación y el esfuerzo cortante es lineal, se denominan fluidos de Bingham; caso contrario, no existe una relación lineal, se denominan plásticos.

c) **Fluidos no newtonianos dependientes del tiempo.**- Para algunos líquidos no newtonianos, las curvas de tensión contra la velocidad de corte dependen de cuánto tiempo ha estado activa la tensión de corte. Los líquidos tixotrópicos se separan bajo un corte continuo y, al mezclarlos de nuevo, dan lugar a una menor tensión de corte al aplicar una velocidad de corte dada; esto es, su viscosidad aparente disminuye con el tiempo. Las sustancias reopécticas se comportan de la forma contraria, y la tensión de corte se incrementa con el tiempo, como lo hace la viscosidad aparente. Las estructuras originales y las viscosidades aparentes por lo general son recuperadas con el tiempo. [41]

d) **Fluido viscoelástico.**- Los fluidos viscoelásticos muestran tanto propiedades elásticas como viscosas. Exhiben una recuperación elástica a las deformaciones que ocurren durante el flujo, pero generalmente sólo parte de la deformación se recupera cuando se suprime la tensión. Ejemplos de

fluidos viscoelásticos son la masa de harina, el napalm y ciertos polímeros fundidos. [41]

e) Parámetros reológicos en fluidos no newtoniano.- Los parámetros reológicos en los fluidos no Newtoniano son los siguientes:

- **Esfuerzo de fluencia o umbral de fluencia (τ_0).**- Se puede definir como el esfuerzo cortante mínimo requerido para iniciar el flujo. [42]
- **Índice de comportamiento o fluidez (n).**- Es una cifra adimensional que indica la desviación del comportamiento reológico del fluido con respecto a los fluidos newtonianos, es decir, mientras más se aleje el valor de n de la unidad más pronunciadas serán las características no newtonianas del fluido. (Steffe [42], como se citó en Mendoza [43])
- **Índice de consistencia (K).**- Caracterización numérica de la consistencia del fluido, es decir, es una medida indirecta de la viscosidad, pero sus unidades dependen de n . A medida que “ K ” aumenta el fluido se hace más espeso o viscoso. Sus unidades son $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$. (Steffe [42], como se citó en Mendoza [43])

f) Modelos reológicos de fluido no newtoniano.- Los modelos reológicos más utilizados para representar el comportamiento de los fluidos alimentarios y resolver problemas de ingeniería de procesos alimentarios son los siguientes: Bingham, Casson y Herschel-Bulkley.[44]

De acuerdo con Steffe [42] una relación general para describir el comportamiento reológico de los fluidos no Newtoniano puede ser definido a través del modelo generalizado de Herschel-Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + K \cdot (\dot{\gamma})^n \quad (6)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (Pa)

τ_0 ; Esfuerzo de fluencia o cedencia (Pa)

K : Índice de consistencia del fluido ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$)

n : índice de potencia o comportamiento del fluido, adimensional

$\dot{\gamma}$: Tasa de cizalladura o velocidad de deformación (1/s).

Los probables valores de estas constantes, de acuerdo con el comportamiento reológico del fluido se presentan en la **Tabla 8**.

Tabla 8
Constantes reológicas fundamentales para distintos tipos de fluidos

Fluido	K	N	τ_0
Newtoniano	>0	1	0
Pseudoplástico	>0	$0 < n < 1$	0
Dilatante	>0	$1 < n < \alpha$	0
Plástico Bingham	>0	1	> 0

(Steffe, J., 1996)

La viscosidad aparente (η) del modelo de Herschel-Bulkley es:

$$\eta = f(\dot{\gamma}) = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (7)$$

$$\eta = \frac{\tau_0 + K \cdot (\dot{\gamma})^n}{\dot{\gamma}} \quad (8)$$

$$\eta = \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} + K \cdot (\dot{\gamma})^{n-1} \quad (9)$$

g) Modelo Bingham.- Es el modelo más utilizado en mecánica de fluidos debido a la sencillez de la ecuación además es ampliamente conocido en fluidos plásticos y aplicado en la industria de los chocolates, se puede considerar como un caso especial, porque “K” se denomina comúnmente viscosidad plástica (μ_{pl}), deduciendo de la ecuación 6 y considerando $n=1$. El modelo sería representado por la siguiente ecuación:

$$\tau = \tau_0 + \mu_{pl} \cdot \dot{\gamma} \quad (10)$$

Donde:

“ τ ” : Es el esfuerzo cortante

“ τ_0 ” : Es el esfuerzo de fluencia o umbral de luencia, “ μ_{pl} ” es la viscosidad plástica y “ $\dot{\gamma}$ ” es la velocidad de deformación

h) Modelo Casson.- La ecuación de Casson ha sido adoptada por la Oficina Internacional de Cacao y Chocolate para interpretar el comportamiento del flujo de chocolate.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + K_1 \cdot \sqrt{\dot{\gamma}} \quad (11)$$

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\eta_{CA}} \cdot \sqrt{\dot{\gamma}} \quad (12)$$

Donde:

- “ τ ” : Esfuerzo cortante o Shear stress (Pa)
- τ_0 : Esfuerzo de fluencia o Casson yield stress (Pa)
- η_{CA} : Viscosidad plástica de Casson (Pa.s)
- $\dot{\gamma}$: Velocidad de deformación del fluido o Shear rate (s^{-1})
- K_1 : Constante arbitraria, determinada de forma experimental (Pa.s)^{0.5}.

Desde 1973, International Office of Cocoa, Chocolate and Confectionery (45), citado por Afoakwa (33), ha aceptado la medición reológica del chocolate fundido utilizando viscosímetros rotacionales con cilindros concéntricos (geometría bob y cup) y el cálculo de los parámetros mediante la ecuación de Casson. En 2000, IOCCC recomendó la medición del esfuerzo cortante y la viscosidad a velocidades de cizallamiento entre $2 s^{-1}$ y $50 s^{-1}$ utilizando curvas hacia arriba y hacia abajo en la velocidad de cizallamiento, precedido por un cizallamiento previo a $5 s^{-1}$ con una duración de 5 minutos o más.

2.2.14 Propiedades fisicoquímicas

a) Humedad.- El contenido de agua de un alimento o humedad se refiere, en general, a toda el agua de manera global. Sin embargo, en los tejidos animal y vegetal el agua no está uniformemente distribuida debido a los complejos hidratados que se establecen con proteínas, hidratos de carbono y otros constituyentes. Esta situación de distribución heterogénea de agua también se presenta en alimentos procesados debido a que sus componentes se

encuentran en diferentes formas de dispersión. Lo anterior lleva a que el agua en los alimentos se encuentra en diferentes estados energéticos, lo que significa que no toda el agua tiene las mismas propiedades fisicoquímicas. [46]

El término contenido de agua o humedad no informa por sí solo de la naturaleza de esta agua, porque el agua puede ser agua ligada o agua libre, aunque en realidad no hay una definición precisa para cada una de estas fracciones, se considera que el agua ligada es aquella porción que no congela a 20°C, por lo que también se le llama agua no congelable; su determinación se puede efectuar mediante el análisis térmico-diferencial, por resonancia magnética nuclear, etcétera. Por otra parte, el agua libre, también llamada agua congelable y agua capilar, es la que se volatiliza fácilmente, se pierde en el calentamiento, se congela primero y es la principal responsable de la actividad del agua. [46]

b) pH. - La división entre sustancias ácidas y sustancias básicas es una de las clasificaciones más antiguas en la historia de la química. El sabor fue uno de los primeros métodos empleados para determinar la acidez o basicidad de las sustancias.

En 1904, Hans Friedenthal (1870-1943) recomendó la utilización de la concentración del ion hidrógeno para caracterizar soluciones y también sugiere que las soluciones alcalinas podían ser caracterizadas en términos de concentración del ion hidrógeno usando $1 \times 10^{-14}/C_{H^+}$ igual a $[H] \times [OH] = 10^{-14}$, de acuerdo con Garriga [47] citado por Alméciga y Muñoz [48]

Por tanto, propuso que la reacción de un líquido sea referida siempre a la cantidad de iones $[H^+]$ que contenga, aunque se trate de soluciones alcalinas. Por consiguiente, una solución será neutra, ácida o básica, según la concentración de iones $[H^+]$ igual, superior o inferior a 10^{-7} , menciona Garriga [47] citado por Alméciga y Muñoz [48]

Los primeros pH- metros contenían electrodos de hidrógeno, lo que suponía el empleo de gas hidrógeno con un elevado grado de pureza y difícil manejo. Los

electrodos de vidrio, que permitieron superar este problema, fueron diseñados y estudiados a finales del siglo XIX pero solo en los años veinte del siglo siguiente aparecieron los estudios que permitieron su aplicación a la medición del pH. En estos trabajos se puso de manifiesto las múltiples variables que debían ser tenidas en cuenta en este proceso, tales como la naturaleza del vidrio, el proceso de fabricación, la influencia de los otros iones presentes en la disolución o el grosor del vidrio necesario, de modo que se introdujeron las bases para la aceptación de este electrodo como instrumento aceptable para la medición de pH, de acuerdo con Cheng [49] citado por Alméciga y Muñoz [48]

2.3 Marco conceptual

Debido a que el licor de macambo y la manteca de cacao son obtenidas a partir de semillas fermentadas y secas, se tiene en consideración los posibles ácidos y humedad que están presentes en la semilla.

2.3.1 Relación entre la formulación de la cobertura y la humedad

El licor de macambo y la manteca de cacao tienen un contenido inicial de humedad, al igual que el azúcar, por ello que la mezcla inicial de la cobertura posee una humedad inicial el cual depende de la proporción en peso agregado de la manteca de cacao y licor de macambo.

El licor de macambo al poseer material sólido contiene agua en su interior (contenido de humedad), que al ser llevado a la etapa de conchado las partículas reducen su tamaño y genera mayor superficie de contacto para que el agua presente en la mezcla se volatilice con mayor facilidad por mantenerse a una temperatura entre 50°C y 60°C. A mayor proporción de licor de macambo, hay mayor cantidad de sólidos a los cuales se les reduce el tamaño de sus partículas.

2.3.2 Relación entre la formulación de la cobertura y el pH

El licor de macambo y la manteca de cacao poseen un pH inicial, por ello la mezcla del licor de macambo y manteca de cacao posee un pH inicial, el cual va a depender de la formulación que se le otorgue.

Los sólidos del licor de macambo posee fenoles y ácidos orgánicos en su interior, en el caso de la manteca de cacao al ser una mezcla de ácidos grasos, también

posee una pequeña cantidad de fenoles en su interior, por ello en cuando se reduce el tamaño de partícula y se mantiene a una temperatura entre 50°C y 60°C, los fenoles y ácidos se volatilizan.

2.3.3 Relación entre la formulación de la cobertura y viscosidad

El licor de macambo y manteca de cacao a temperatura ambiente se presenta de manera sólida, por lo cual es necesario llevarlo por lo menos a 32°C para llegar al punto de fusión.

El licor de macambo al poseer mayor cantidad de material sólido en su estructura, posee mayor viscosidad (resistencia al movimiento), por otro lado la manteca de cacao al no poseer una significativa cantidad de material sólido en su estructura es menos viscoso. La mezcla del licor de macambo y manteca de cacao va a poseer una cantidad de partículas sólidas, el cual va a depender de la formulación a la cual se está trabajando, las cuales van a reducir su tamaño tras entrar a la etapa de conchado, por ende, al tener menor resistencia al movimiento por parte de las partículas sólidas, la viscosidad se verá afectada reduciéndose con el transcurso del tiempo.

2.3.4 Cobertura

La cobertura de chocolate o chocolate de cobertura se usa para cubrir o bañar las tartas, pasteles y queques, debido a la alta demanda que existe por parte de las reposterías se busca ampliar el mercado brindando opciones de cobertura como por ejemplo cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao, de esta manera se puede variar el color y sabor. La formulación de la cobertura planteada tiene como base el CODEX STAN 87–1981 (50), menciona que la manteca de cacao debe presentar no menos del 31%

Asimismo, brinda soporte a las industrias alimentarias especializados en chocolates y derivados que están comprometido con la investigación y el desarrollo de nuevos productos a base de macambo. Según los estándares de calidad del chocolate se debe controlar todas las etapas del proceso de elaboración de chocolate, mediante los parámetros fisicoquímico, reológicos y sensoriales.

En este trabajo de investigación se decidió determinar los parámetros fisicoquímicos y reológicos en la etapa de conchado porque se desarrolla el sabor, viscosidad y textura final conforme avanza el tiempo de conchado.

2.4 Definición de términos básicos

- a) **Ácidos grasos.**- Un ácido graso es una molécula orgánica de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.
- b) **Ácido graso saturado.** - Son ácidos grasos sin dobles enlaces entre carbonos; tienden a formar cadenas extendidas y a ser sólidos a temperatura ambiente, excepto los de cadena corta.
- c) **Ácido graso insaturado.**- Son ácidos grasos con dobles enlaces entre carbonos; suelen ser líquidos a temperatura ambiente.
- d) **Fat Bloom.**- Es un defecto físico que aparece durante el almacenamiento del chocolate y se caracteriza por una capa blanquecina en la superficie exterior. El chocolate con eflorescencia de grasa no solo es visualmente desagradable, sino que también afecta el sabor y las cualidades de textura, que son determinantes importantes de la preferencia del consumidor.
 - 1) **Comportamiento reológico.**- El comportamiento reológico de un fluido es la respuesta que presenta al exponerlo a una acción mecánica, y que puede ser influenciado por la temperatura y el tiempo. De acuerdo a este comportamiento, los fluidos se pueden clasificar en fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos. En los primeros, el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la velocidad de deformación de este, mientras que en los segundos no existe esa proporcionalidad.
 - 2) **Lecitina de soja.**- Es una mezcla de fosfoglicéridos naturales (fosfolípidos) con otras sustancias como aceite de soja. Es ampliamente utilizado en toda la industria alimentaria. La fracción de la lecitina compuesta por la fosfatidilcolina se ha mostrado particularmente efectiva en la reducción de la viscosidad plástica de algunos chocolates negros, mientras que otras fracciones han demostrado tener un efecto negativo concretamente sobre el umbral de fluencia.

- e) **Licor o pasta de macambo.**- Es el grano de macambo finamente triturado. Haciendo una comparación con el chocolate clásico que es sólido a temperatura ambiente, pero por encima de 35°C se encuentra en estado líquido, de igual manera lo es el licor de macambo.
- f) **Manteca de cacao.**- Grasa extraída por prensado del centro (grano, cotiledones) de las habas de cacao.
- g) **Umbral de fluencia o yield value.**- Es el límite de desplazamiento o valor mínimo, medida relacionada con la energía necesario para que un líquido comience a fluir, es decir su viscosidad cuando se desplaza muy lentamente.
- h) **Viscosidad plástica.**- Medida relacionada con la viscosidad de un líquido cuando este se desplaza de un modo relativamente rápido además de la energía necesaria para mantener el movimiento del líquido una vez ya ha empezado a fluir.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis (general y específicas)

a) Hipótesis general

La variación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado son significativas.

b) Hipótesis específicas

- 1) El tiempo de conchado reduce la característica fisicoquímica de porcentaje de humedad y reológica (viscosidad plástica), pero aumenta el pH de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*)
- 2) La cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) que contenga mayor porcentaje de manteca de cacao tendrán un comportamiento reológico más fluido.

3.1.1 Operacionalización de variables

a) Variables independientes

- 1) Tiempo de conchado : X_1
- 2) Formulación manteca -licor-lecitina-azúcar : X_2

b) Variable dependiente

- 1) Viscosidad plástica : Y_1
- 2) Humedad : Y_2
- 3) pH : Y_3

Tabla 9
Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS
Independiente						
Parámetros de operación	Principales elementos u características del sistema de control de un proceso.	Para la determinación de los parámetros principales se hace uso de instrumentos de medición de tiempo y proporciones de la materia (licor de macambo y manteca de cacao) en estudio y otros insumos.	X1: Tiempo de conchado	Horas	Instrumento de medición: Reloj	Cronometría
			X2: Formulación manteca-licor-lecitina-azúcar	%w/w	Diseño de Completamente al azar (DCA) Instrumento de medición: Balanza	Mezclas
Dependiente						
Propiedades fisicoquímica y reológica	Es el conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y características fisicoquímicas de los alimentos.	Se realiza mediante la medición de la viscosidad en el reómetro rotativo utilizando el modelo matemático de Casson, para la determinación de la humedad se utiliza la estufa siguiendo la NTP-208-017-2015, para la determinación del pH se realizará por método potenciométrico utilizando el método por AOAC 970.21-1974.	Y1: Viscosidad plástica	Pa.s	Método de medición: * Modelo de Casson *Reómetro rotativo (Marca Antón Paar, Modelo RheoLab QC)	Análisis reométrico
			Y2: Humedad	%	*Estufa	Gravimétrico
			Y3: pH	1-14	*Potenciómetro	Potenciometría

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño metodológico

La presente es una investigación aplicada, porque se va a cubrir una necesidad a través del conocimiento científico [51]. Dado que el objetivo del estudio es determinar la variación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado, se recurrió a un diseño experimental porque establece el posible efecto de una causa que se manipula [52]

Por nivel se recurrió al tipo descriptivo por qué implica especificar como varían las propiedades fisicoquímicas y reológicas a distintas formulaciones de cobertura y tiempo de conchado. Por el enfoque es cuantitativo porque usa la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico [52]

La variable respuesta (parámetros fisicoquímicos y reológicos) requiere de la evaluación de dos indicadores (formulación y horas de conchado). La variable respuesta es caracterizada con tres indicadores (viscosidad, porcentaje de humedad y pH)

El diseño experimental requiere de valores por triplicado para obtener un comportamiento más fiable de los resultados (**Ver Tabla 11, pag. Nº 55**). Se aplica un diseño factorial para la recolección de datos.

4.2 Método de investigación

En el diseño de la presente investigación se ha considerado 4 etapas:

- a) **Etap 1: Acopio de las semillas secas de *Theobroma bicolor* (macambo).**- En la investigación, se obtuvieron las semillas de macambo secas, descascaradas y fermentadas, a través de la compra realizada a la empresa Quillacao ubicada en Avenida Los Alifares 1014, Urb. Matellini, Chorrillos, estas semillas son procedentes de Chazuta, departamento de San Martín.

Se utilizó 5 Kg de semillas de macambo para obtener licor de macambo que posteriormente se usó para la elaboración de las distintas formulaciones.

b) Etapa 2: Obtención de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de Cacao (*Theobroma cacao*).- La obtención del licor de macambo se muestra en la **Figura 8**, en primer lugar, se inició con la selección de las semillas en buen estado, en segundo lugar, se tostó ligeramente las semillas para reducir su humedad, posteriormente se procede con la reducción parcial de tamaño por lo cual se metió en una bolsa de plástico para ser aplastado por encima con un rodillo, finalmente se utilizará el equipo refinador-conchador de chocolate durante 1 hora hasta obtener la pasta o licor de macambo. Se separó en cuatro partes iguales de cantidades de licor de macambo, se guardó en bolsas ziploc dentro de una nevera para evitar la descomposición o crecimiento de microorganismos.

Para obtener la manteca de cacao se realizó la compra de 3 Kg de manteca de cacao a la empresa Quillacao ubicada en Avenida Los Alifares 1014, Urb. Matellini, Chorrillos.

Figura 8
Obtención de licor de macambo



Nota : (a)Selección, (b)Tostado ligero, (c)Reducción parcial con rodillo y (d)Refinado de licor de macambo en el equipo refinador-conchador.

c) **Etapa 3: Formulación y muestreo de la cobertura en la etapa de conchado.**- Para realizar los ensayos se utilizó el equipo refinador-conchador de cacao Premier Chocolate Modelo N° 507 con capacidad de 2 Kg por corrida.

Se mezcló el licor del macambo (obtenido en la etapa 2) y manteca de cacao a una temperatura de 35°C para facilitar el mezclado y refinado de estos en el equipo refinador-conchador.

Después del refinado del licor de macambo y manteca de cacao temperada se añade el azúcar y lecitina, esta mezcla en el equipo se dio durante 30 minutos, después de ello se considera la etapa de conchado.

Tabla 10
Formulación de coberturas

Formulación	%w/w Licor de macambo	%w/w Manteca de cacao	%w/w Azúcar	%w/w Lecitina de soja
A	49%	31%	19.9%	0.1%
B	47%	33%	19.9%	0.1%
C	45%	35%	19.9%	0.1%
D	43%	37%	19.9%	0.1%

La **Tabla 10** presenta las diferentes formulaciones propuestas de cobertura a base licor de macambo y manteca de cacao, además; la **Figura 9 (Ver pag. N° 53)** muestra la obtención de estas. Los ensayos se realizan para cada formulación por separado.

Se realizó muestreos de 180 gramos, en el inicio de la etapa de conchado y después de cada 2 horas (0 hora, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 8 horas, 10 horas y 12 horas)

Figura 9

Obtención de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*)



Nota : (a) Se pesa manteca de cacao y licor de macambo (b) Se añade la manteca de cacao y licor de macambo al equipo refinador-conchador (c) Se añade azúcar y lecitina de soya (d) Después del tiempo de conchado se almacena en bolsa ziploc

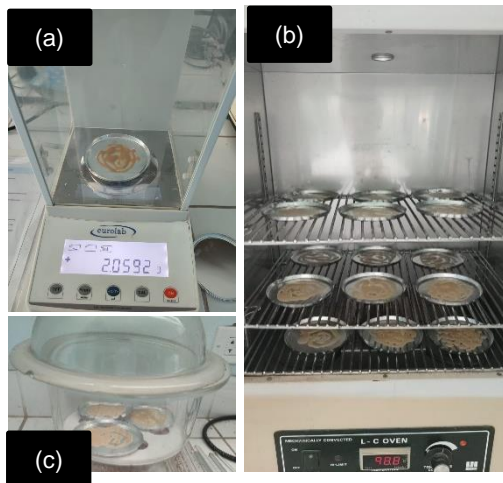
d) Etapa 4: Análisis de las variables de respuesta (viscosidad, % humedad y pH).- El análisis de las variables de respuesta se realiza por triplicado para que los resultados sean fiables, además se evidencia en la **Tabla 11 (Ver pag. N° 55)**, el diseño experimental.

1) Humedad:

- Se pesa 2 gramos en una balanza analítica hasta que quede estable,
- Se anota el peso inicial.
- Además, se lleva a la estufa a 100°C durante 2 horas,
- Se deja enfriar en un desecador durante 30 minutos
- Se realiza el pesaje y se calcula la humedad.

La **Figura 10 (Ver pag. N° 54)** muestra la experiencia de análisis de humedad.

Figura 10
Análisis de humedad



Nota ; (a) Peso de la muestra inicial (b) Ingreso de las placas con las muestras a la estufa (c) Reposo en el desecador de las muestras retiradas de la estufa.

2) pH:

- Se separa 5 g de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*), luego se diluye en 50 mL de agua. Se enfría la muestra hasta llegar al rango de 25°C y 30°C, por último, se lee el pH con el uso de un potenciómetro. La **Figura 11 (Ver pag, N° 56)** muestra las etapas para realizar el análisis de pH de las muestras de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao.

3) Viscosidad

- Se calienta a 50°C las muestras sólidas de cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*), luego se enfría a 40°C. De acuerdo con la NTP 208.034:2016 indica que las muestras líquidas o sólidas, deben ser calentadas para remover todos los cristales de grasa. Cualquier humedad que ingrese al producto espesará el chocolate, por lo que esto debería ser hecho en condiciones secas y nunca sobre un baño de agua.

- Pesar 50 g de chocolate o se llena las $\frac{3}{4}$ partes del cilindro del reómetro.
- Los parámetros reológicos a medir la viscosidad plástica de la pasta de cobertura de macambo fue a 40°C por 7 minutos en el viscosímetro.
- Exportar los valores de esfuerzo cortante y velocidad de deformación obtenidos después de la lectura en el software Rheoplus al Microsoft Excel.
- Calcular la viscosidad plástica a través del modelo matemático Casson.

La **Figura 12 (Ver pag. Nº 56)**, se muestra las etapas para realizar el análisis de viscosidad de las muestras de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Macambo (*Theobroma bicolor*) y cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de Chazuta, departamento de San Martín, que pueden ser destinados para la elaboración de coberturas.

4.3.2 Muestra

Se selecciona 2 Kg de cobertura a base de licor de macambo, manteca de cacao, azúcar y lecitina de soya, debido a que esa cantidad es lo que ingresa al equipo refinador-conchador para llevar a cabo el proceso de conchado.

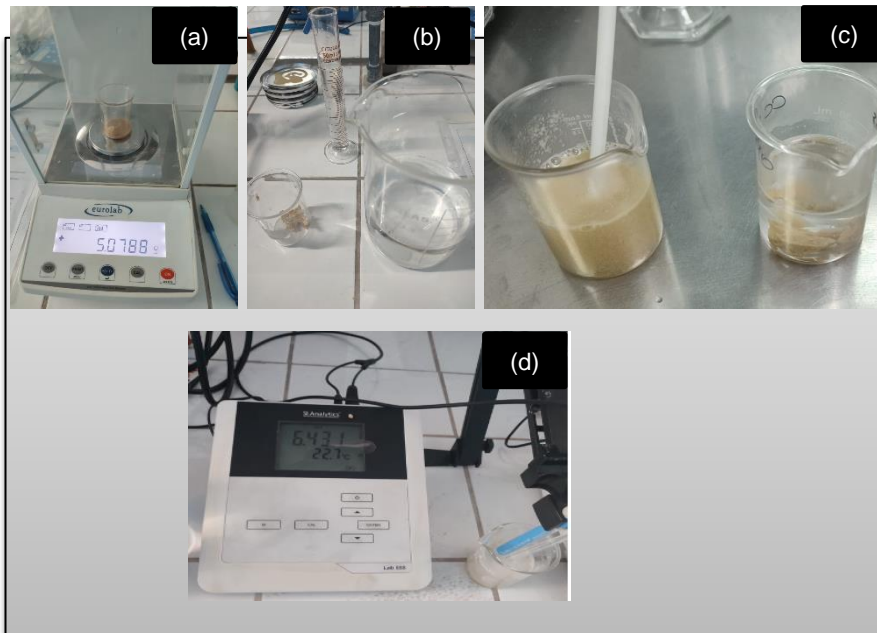
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El desarrollo de las formulaciones de cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao; además, el análisis fisicoquímico y reológico de las muestras, se desarrollaron en el Laboratorio de Procesos Unitarios (LOPU) y Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao. El periodo de la investigación se realizó desde agosto a noviembre del 2023

Tabla 11
Diseño experimental

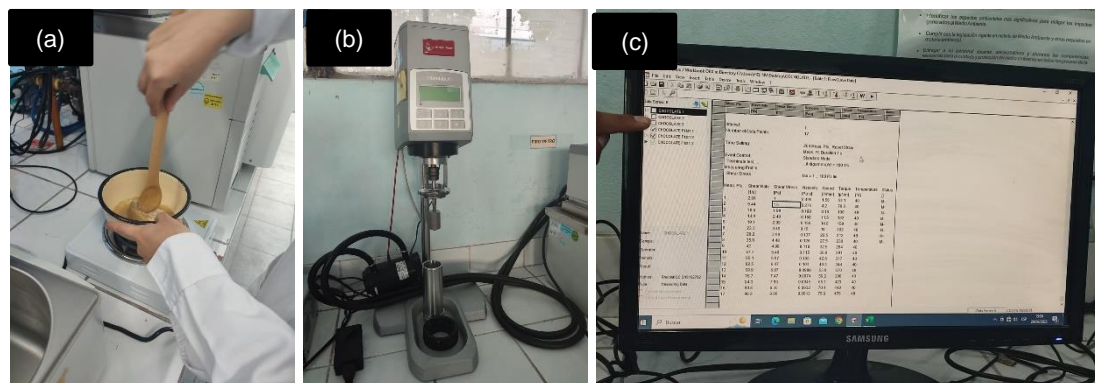
Formulación	Horas	Viscosidad	%Humedad	pH
A	0	Y11	Y21	Y31
	2	Y12	Y22	Y32
	4	Y13	Y23	Y33
	6	Y14	Y24	Y34
	8	Y15	Y25	Y35
	10	Y16	Y26	Y36
	12	Y17	Y27	Y37
B	0	Y18	Y28	Y38
	2	Y19	Y29	Y39
	4	Y110	Y210	Y310
	6	Y111	Y211	Y311
	8	Y112	Y212	Y312
	10	Y113	Y213	Y313
	12	Y114	Y214	Y314
C	0	Y115	Y215	Y315
	2	Y116	Y216	Y316
	4	Y117	Y217	Y317
	6	Y118	Y218	Y318
	8	Y119	Y219	Y319
	10	Y120	Y220	Y320
	12	Y121	Y221	Y321
D	0	Y122	Y222	Y322
	2	Y123	Y223	Y323
	4	Y124	Y224	Y324
	6	Y125	Y225	Y325
	8	Y126	Y226	Y326
	10	Y127	Y227	Y327
	12	Y128	Y228	Y328

Figura 11
Análisis de pH



Nota : (a) peso de la muestra (b) adición de 50 ml de agua (c) Mezcla de la cobertura con agua y (d) medición de pH con el potenciómetro.

Figura 12
Análisis de la viscosidad



Nota : (a) Calentar la muestra de cobertura a base de licor de macambo con manteca de cacao hasta 50°C y luego enfriar a 40°C (b) Llenar 50g de muestra en el cilindro del reómetro (c) Ajustar los parámetros en el reómetro y empezar a correr la lectura de la viscosidad.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1 Técnicas para la recolección de información

- a) Análisis de humedad.**- La determinación de la humedad de las muestras se empleó el Método gravimétrico según la NTP 208.017:2015, para esto se usó estufa, desecador y balanza analítica.
- b) Análisis de pH.**- La medición del pH se empleó la técnica potenciométrica según AOAC 970.21–1974, haciendo uso de un potenciómetro calibrado.
- c) Análisis de viscosidad.**- La medición de viscosidad se empleó la técnica de análisis reológico según la NTP 208.034:2016 (Parámetros reológicos del chocolate), haciendo uso del reómetro rotativo (Marca Anton Paar, Modelo RheoLab QC)
- d) Determinación de parámetros de operación.** - Para obtener los parámetros de operación se tomó como base las coberturas de chocolates más comerciales que varían entre 60% hasta 80% de cacao, en esta investigación se consideró la proporción aproximada de 80% de mezcla de licor de macambo y manteca de cacao en las coberturas y la otra proporción corresponde a lecitina de soya y azúcar. Beckett, (2019), afirma que las adiciones entre un 0,1% y 0,3% de lecitina de soya, reducen la viscosidad más de diez veces su mismo peso de manteca de cacao, para evaluar su efecto en la cobertura de macambo se consideró 0,1%. Se empleó la técnica de mezclas para ello se usó balanzas calibradas. Para el control del tiempo de conchado se empleó la técnica de cronometría haciendo uso de un cronómetro.

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

a) Equipos

- Reómetro Rotativo “Anton Paar – RheolabQC”
- Estufa “L–C oven mechanically convected”
- Potenciómetro “SI Analytics – Lab 855”
- Refinadora–conchador de cacao Premier Chocolate Modelo N° 507

b) Materiales

- Vasos precipitados

- Bagueta
- Espátula
- Cocina eléctrica
- Bolsas ziploc
- Termómetro

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Resulta conveniente determinar el valor de las variables (viscosidad, % de humedad y pH), relacionados a los factores (tiempo de conchado y formulación de cobertura de macambo) para lo cual se aplicó un ANOVA en el método de diseño factorial completo general usando el software Minitab 18, se evaluó la influencia de las variables y sus factores, esto a través de gráficas de efectos principales, gráficas de contorno para las variables con el objetivo de analizar los datos y a partir de ello poder determinar cuáles presentaron un mejor comportamiento para la etapa del conchado.

4.7 Aspectos éticos en investigación

El presente trabajo de investigación es experimental y a nivel de laboratorio; por lo que se procedió a realizar las corridas experimentales siguiendo las buenas prácticas de laboratorio para la obtención de los datos, por lo cual el trabajo es original y nosotros los autores, basados en la ética, nos hacemos responsables de la presente investigación.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 Análisis de humedad

Los resultados del análisis de humedad de las coberturas de macambo y manteca de cacao muestreadas a diferentes tiempos de conchado y formulaciones en pesos fueron obtenidos haciendo uso de la estufa “L–C oven mechanically convected” se evidencian en la **Tabla 12**

Tabla 12
Análisis de humedad

Formulación	Horas	%H - Réplica 1	%H - Réplica 2	%H - Réplica 3	%H - Promedio
A	0	1,18	1,16	1,17	1,17
	2	1,15	1,14	1,15	1,15
	4	1,08	1,08	1,07	1,08
	6	1,04	1,05	1,04	1,04
	8	0,95	1,05	0,99	1,00
	10	0,97	0,93	0,95	0,95
	12	0,94	0,92	0,92	0,93
B	0	1,16	1,18	1,16	1,17
	2	1,13	1,13	1,14	1,13
	4	1,12	1,09	1,09	1,10
	6	1,06	1,06	1,07	1,06
	8	1,01	1,00	1,00	1,01
	10	0,99	0,95	0,96	0,97
	12	0,95	0,95	0,96	0,95
C	0	1,16	1,15	1,17	1,16
	2	1,13	1,15	1,15	1,14
	4	1,10	1,10	1,09	1,10
	6	1,04	1,06	1,04	1,05
	8	1,03	1,03	1,04	1,03
	10	0,96	1,00	0,99	0,98
	12	0,97	0,96	0,96	0,97
D	0	1,16	1,16	1,16	1,16
	2	1,12	1,10	1,10	1,11
	4	1,06	1,07	1,06	1,07
	6	1,00	1,01	1,02	1,01
	8	0,95	0,95	0,96	0,95
	10	0,92	0,93	0,91	0,92
	12	0,88	0,90	0,90	0,89

5.1.2 Análisis de pH

Los resultados del análisis de pH de las coberturas a base de masa de macambo y manteca de cacao muestreadas a diferentes tiempos de conchado y formulaciones en pesos fueron obtenidos haciendo uso del potenciómetro “SI Analytics – Lab 855” se evidencian en la **Tabla 13**.

Tabla 13
Análisis de pH

Formulación	Horas	pH - Réplica 1	pH - Réplica 2	pH - Réplica 3	pH – Promedio
A	0	6,80	6,76	6,78	6,78
	2	6,76	6,81	6,79	6,79
	4	6,78	6,81	6,80	6,80
	6	6,79	6,81	6,79	6,80
	8	6,78	6,82	6,82	6,81
	10	6,80	6,80	6,82	6,81
	12	6,80	6,83	6,83	6,82
B	0	6,72	6,78	6,79	6,76
	2	6,78	6,77	6,80	6,78
	4	6,78	6,82	6,84	6,81
	6	6,83	6,80	6,82	6,82
	8	6,83	6,82	6,83	6,83
	10	6,87	6,84	6,81	6,84
	12	6,90	6,83	6,80	6,84
C	0	6,78	6,75	6,76	6,76
	2	6,78	6,78	6,77	6,78
	4	6,78	6,79	6,79	6,79
	6	6,78	6,80	6,82	6,80
	8	6,81	6,82	6,80	6,81
	10	6,86	6,82	6,86	6,85
	12	6,85	6,89	6,87	6,87
D	0	6,75	6,76	6,75	6,75
	2	6,80	6,75	6,80	6,78
	4	6,78	6,80	6,77	6,78
	6	6,81	6,81	6,81	6,81
	8	6,84	6,77	6,82	6,81
	10	6,81	6,82	6,86	6,83
	12	6,83	6,84	6,87	6,85

5.1.3 Análisis de viscosidad

Los resultados del análisis de viscosidad de las coberturas a base de masa de macambo y manteca de cacao muestreadas a diferentes tiempos de conchado y formulaciones en pesos fueron obtenidos ajustando los datos de esfuerzo

cortante y velocidad de deformación al modelo de Casson, se evidencian en la **Tabla 14**

Tabla 14
Análisis de viscosidad

Formulación	Horas	Viscosidad (Pa.s) - Réplica 1	Viscosidad (Pa.s) - Réplica 2	Viscosidad (Pa.s) - Réplica 3	Viscosidad (Pa.s) – Promedio
A	0	0,0895	0,0684	0,0679	0,0753
	2	0,0669	0,0584	0,0580	0,0611
	4	0,0605	0,0490	0,0549	0,0548
	6	0,0562	0,0548	0,0464	0,0525
	8	0,0546	0,0481	0,0486	0,0504
	10	0,0477	0,0477	0,0478	0,0477
	12	0,0483	0,0460	0,0480	0,0474
B	0	0,0587	0,0541	0,0613	0,0580
	2	0,0669	0,0584	0,0393	0,0549
	4	0,0611	0,0520	0,0505	0,0545
	6	0,0630	0,0476	0,0491	0,0532
	8	0,0511	0,0433	0,0424	0,0456
	10	0,0447	0,0425	0,0470	0,0448
	12	0,0400	0,0392	0,0433	0,0408
C	0	0,0400	0,0405	0,0523	0,0443
	2	0,0469	0,0402	0,0406	0,0426
	4	0,0421	0,0397	0,0421	0,0413
	6	0,0367	0,0371	0,0347	0,0362
	8	0,0365	0,0363	0,0344	0,0357
	10	0,0358	0,0336	0,0307	0,0334
	12	0,0219	0,0194	0,0202	0,0205
D	0	0,0354	0,0324	0,0434	0,0371
	2	0,0319	0,0299	0,0306	0,0308
	4	0,0297	0,0279	0,0276	0,0284
	6	0,0282	0,0280	0,0233	0,0265
	8	0,0260	0,0308	0,0307	0,0292
	10	0,0257	0,0284	0,0243	0,0261
	12	0,0250	0,0269	0,0254	0,0258

5.2 Resultados inferenciales

Con los valores obtenidos se procedió a realizar el análisis estadístico del diseño factorial, con ayuda del software de Minitab versión 18. Se obtuvieron valores de análisis de varianza y gráficas para cada variable de respuesta.

La **Tabla 15** muestra el resumen del diseño y la **tabla 16** indica la información de los factores

Tabla 15
Resumen del diseño experimental de investigación

Factores:	2	Réplicas:	3
Corridas base:	28	Total de Corridas:	84
Bloques base:	1	Total de bloques:	1

Tabla 16
Información de los factores de la investigación

Factor	Niveles	Valores
Formulación	4	A; B; C; D
Horas de conchado	7	0; 2; 4; 6; 8; 10; 12

La **Tabla 18** muestra el análisis de varianza, teniendo como efecto la variable de humedad y gráficas (**Figura 13 y 14, ver pag. N° 64**)

Tabla 17
Análisis de varianza de la humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	27	0,589004	0,021815	107,16	0,000
Lineal	9	0,579506	0,064390	316,30	0,000
Horas de conchado	6	0,553445	0,092241	453,11	0,000
Formulación	3	0,026061	0,008687	42,67	0,000
Interacciones de 2 términos	18	0,009498	0,000528	2,59	0,003
Horas de conchado*Formulación	18	0,009498	0,000528	2,59	0,003
Error	56	0,011400	0,000204	–	–
Total	83	0,600404	–	–	–

Figura 13
Gráfica de interacción para humedad

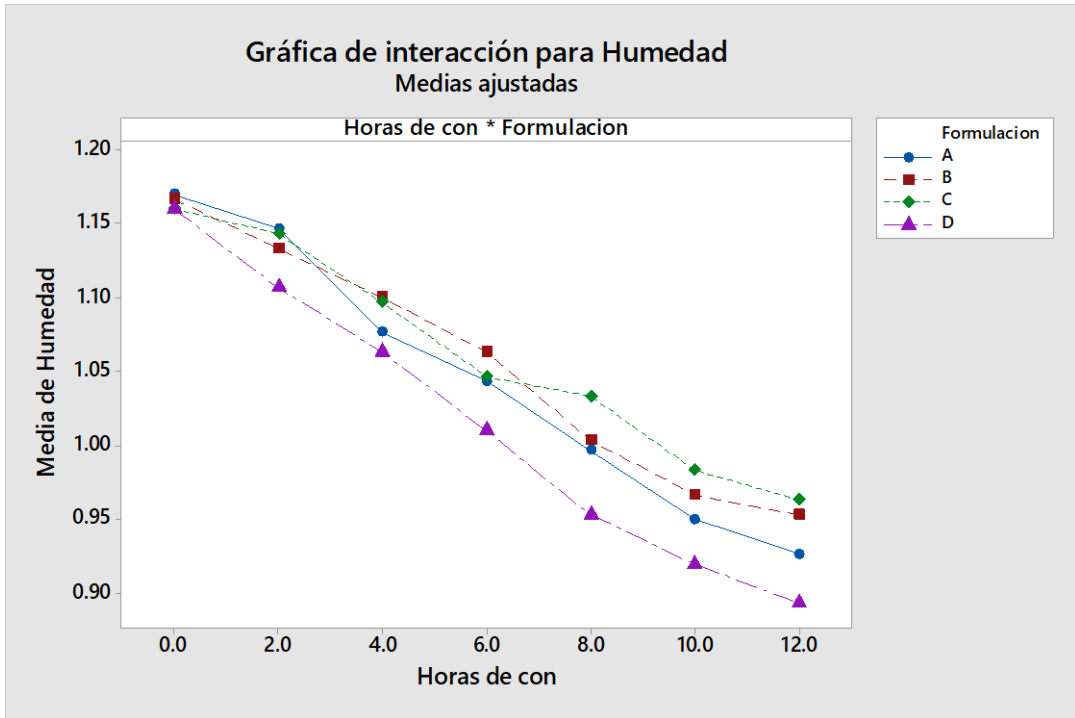
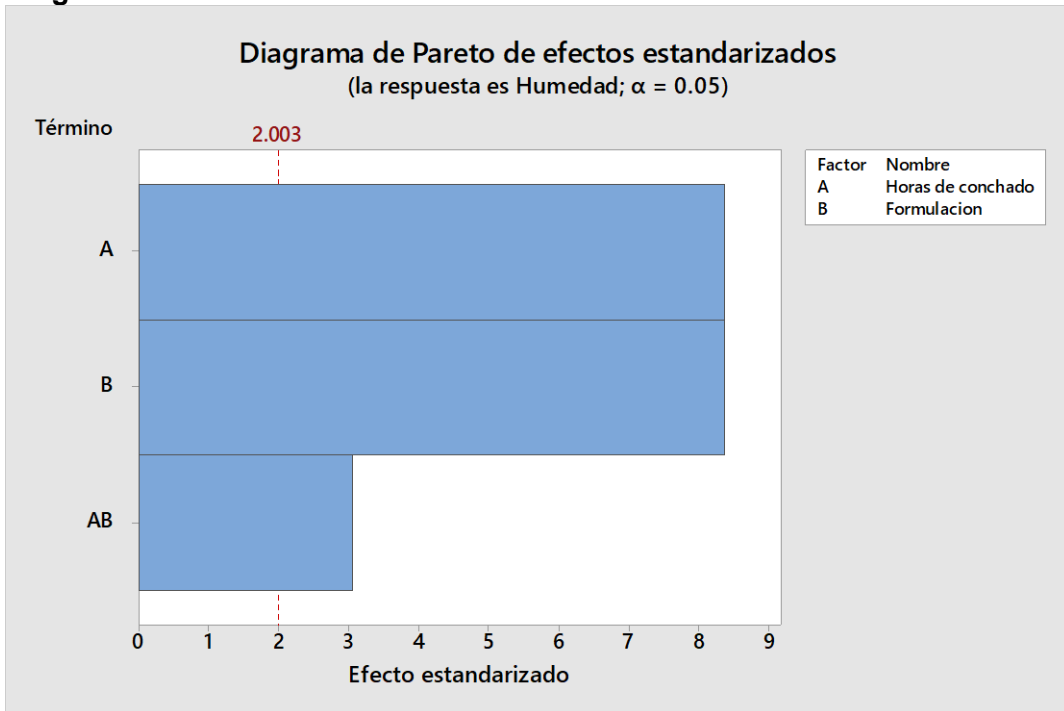


Figura 14
Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la variable humedad



La **Tabla 18** muestra el análisis de varianza, teniendo como efecto la variable de pH y gráficas (Ver figura 15 y 16 (Ver pag. Nº 66))

Tabla 18
Análisis de varianza de pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	27	0,065423	0,002423	4,83	0,000
Lineal	9	0,056680	0,006298	12,57	0,000
Horas de conchado	6	0,054514	0,009086	18,13	0,000
Formulaciones	3	0,002165	0,000722	1,44	0,241
Interacciones de 2 términos	18	0,008743	0,000486	0,97	0,506
Horas de conchado*Formulaciones	18	0,008743	0,000486	0,97	0,506
Error	56	0,028067	0,000501	–	–
Total	83	0,093489	–	–	–

Figura 15
Gráfica de interacción para pH

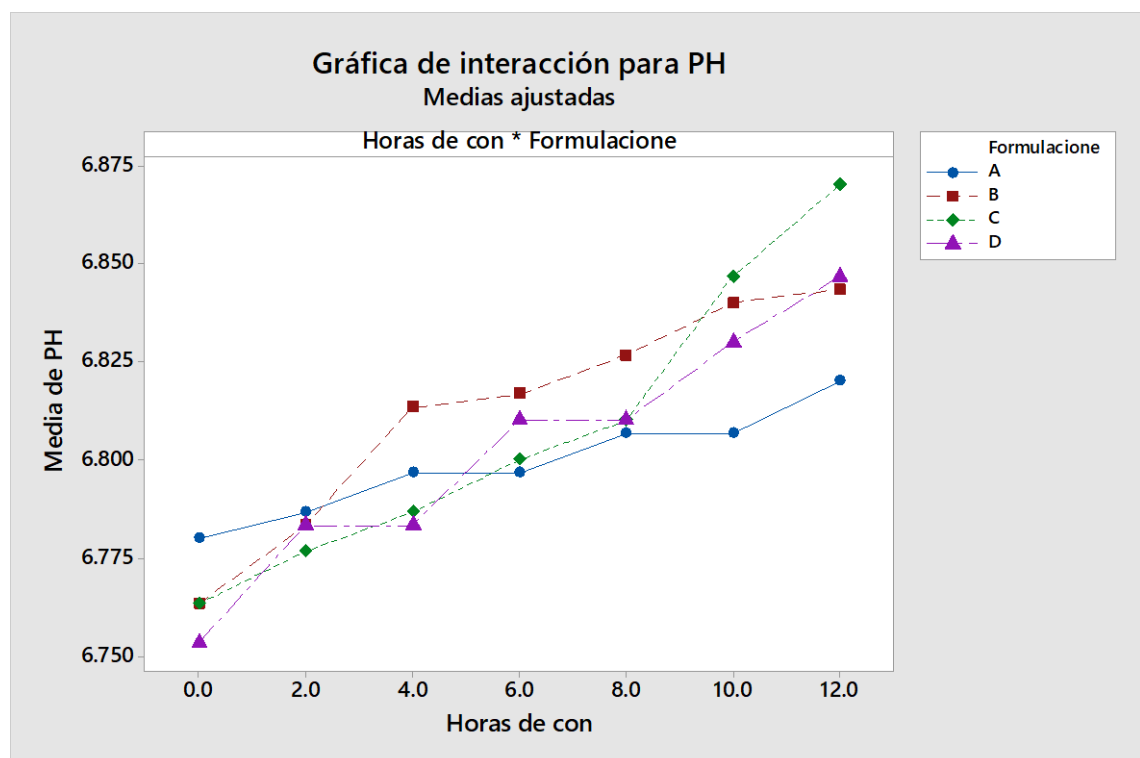
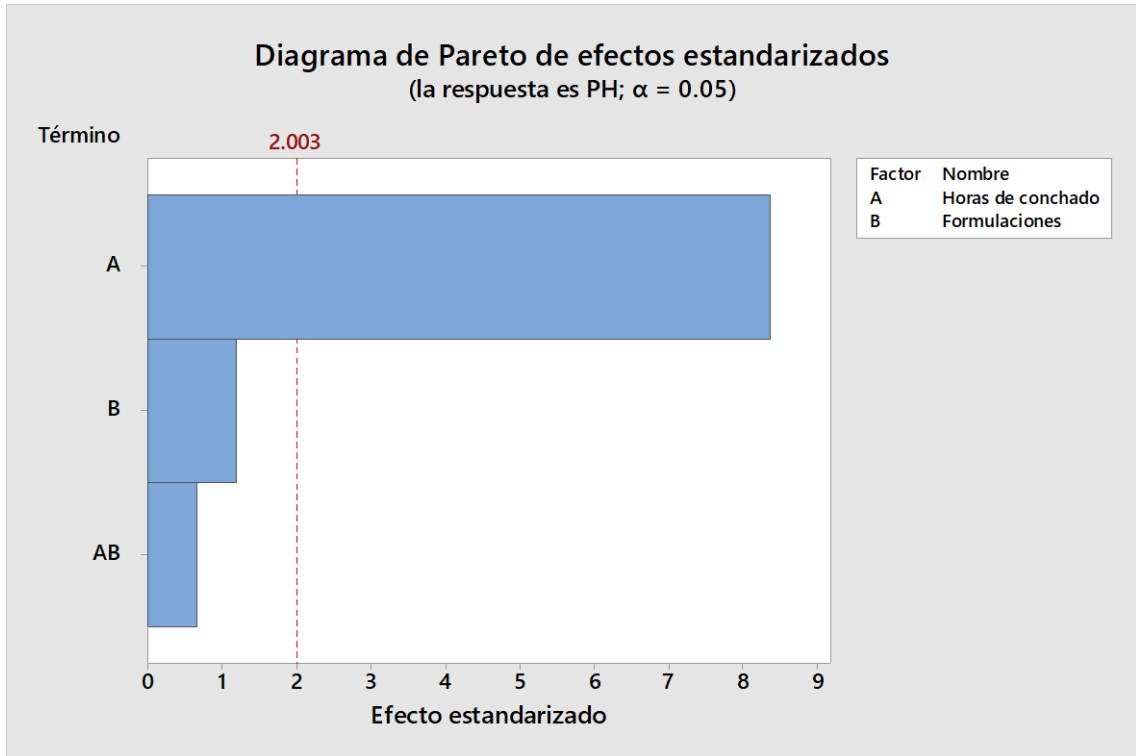


Figura 16
Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la variable pH



La **tabla 19**, donde se muestra el análisis de varianza, teniendo como efecto la variable de viscosidad y gráficas (figura 17 y 18).

Tabla 19
Análisis de varianza de la viscosidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	27	0,013374	0,000495	18,92	0,000
Lineal	9	0,012515	0,001391	53,10	0,000
Horas de conchado	6	0,003082	0,000514	19,62	0,000
Formulación	3	0,009433	0,003144	120,08	0,000
Interacciones de 2 términos	18	0,000859	0,000048	1,82	0,045
Horas de conchado*Formulación	18	0,000859	0,000048	1,82	0,045
Error	56	0,001466	0,000026	—	—
Total	83	0,014840	—	—	—

Figura 17
Gráfica de interacción para viscosidad

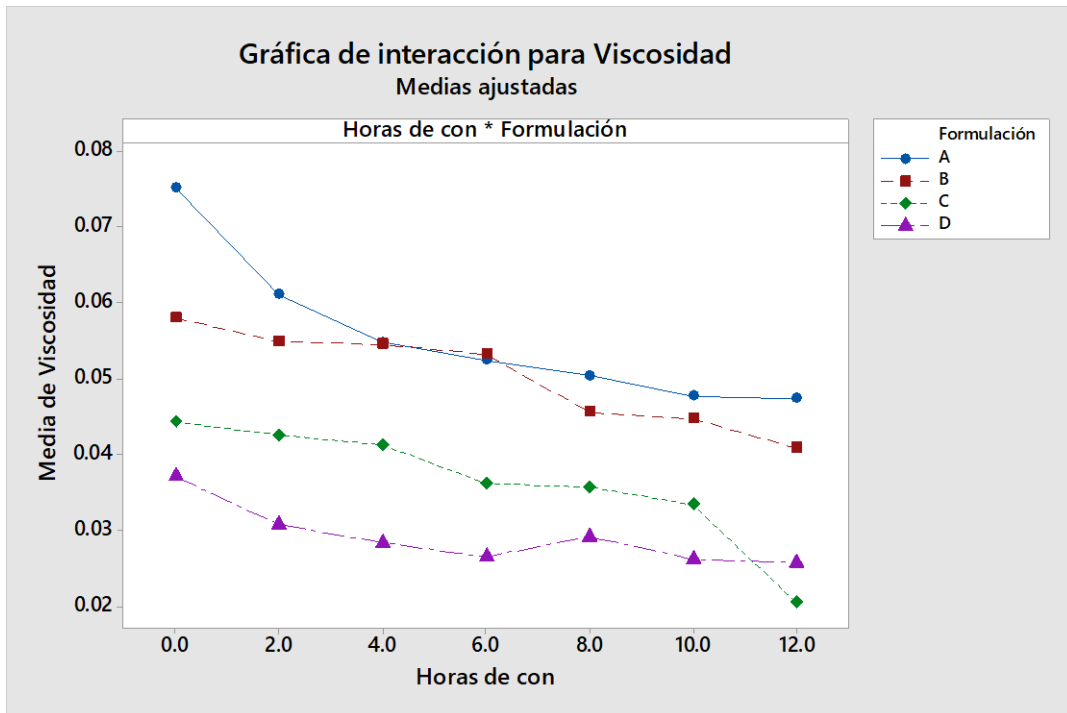
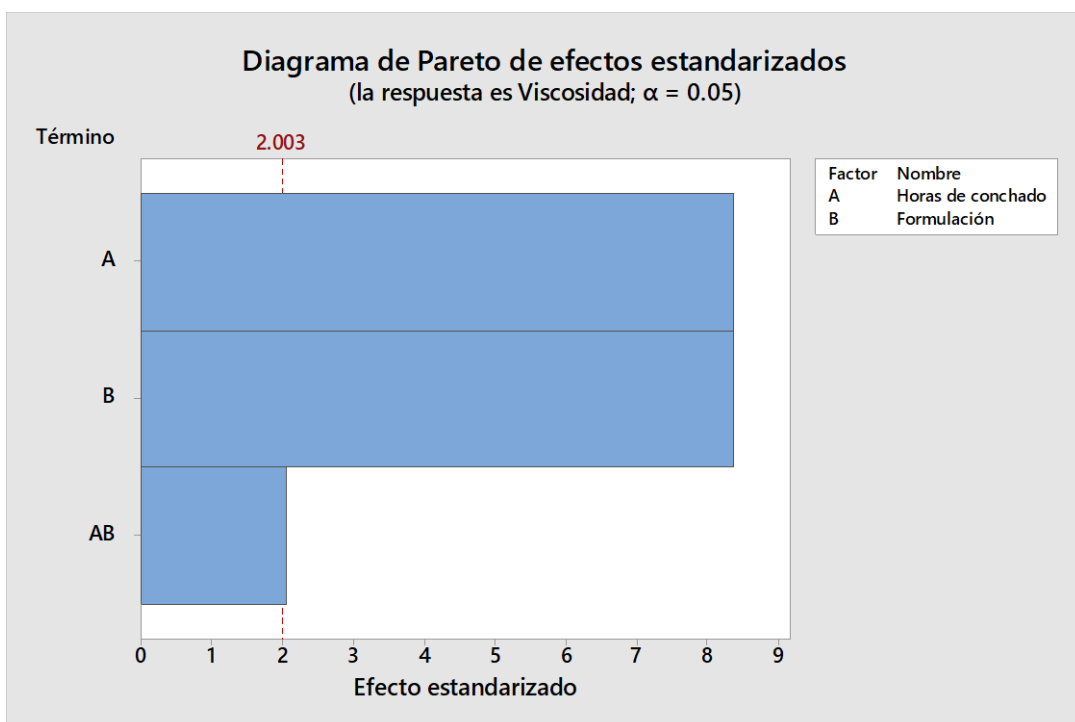


Figura 18
Diagrama de Pareto de efectos estandarizados



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Las hipótesis que se plantearon son:

a) Hipótesis específica:

- 1) El tiempo de conchado reduce la característica fisicoquímica de porcentaje de humedad y reológica (Viscosidad plástica), pero aumenta el pH de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*).

La etapa de conchado de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) se realizó durante 12 h y se muestreo en intervalos de 2 horas desde la etapa inicial del conchado.

Se observó un descenso de la humedad durante la etapa de conchado, en caso de la formulación A, B, C y D disminuyó: de 1.17% a 0.93%, de 1.17% a 0.95%, de 1.16 a 0.97% y de 1.16% a 0.89% respectivamente, observándose que la humedad disminuyo en mayor medida en la formulación D, quién tiene mayor contenido de manteca de cacao.

Los análisis realizados para determinar el pH de las formulaciones A, B, C y D durante la etapa de conchado tuvieron un aumento: de 6.78 a 6.82, de 6.76 a 6.84, de 6.76 a 6.87 y de 6.75 a 6.85 respectivamente, observándose que la variación de pH con respecto a su estado inicial es en promedio 0.1 para las distintas formulaciones.

Por último los análisis realizados para determinar la viscosidad plástica durante la etapa del conchado, las formulaciones A, B, C y D tuvieron una disminución: de 0.0753 a 0.0474 Pa.s, de 0.0580 a 0.0408 Pa.s, de 0.0443 a 0.0205 Pa.s y de 0.0371 a 0.0258 Pa.s respectivamente.

- 2) La cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) que contenga mayor porcentaje de manteca de cacao tendrán un comportamiento reológico más fluido.

Las formulaciones C y D tienen 35% y 37% en peso de manteca de cacao respectivamente, se puede observar que después de 12 horas de conchado las viscosidades plástica son 0,0205 Pa.s y 0,0258 Pa.s; a comparación de las formulaciones A y B que tienen 31% y 33% en peso de manteca, presentan viscosidades plásticas de 0,0474 Pa.s y 0,0408 Pa.s. Por ello las formulaciones C y D al poseer menor valor de viscosidad su comportamiento es más fluido.

b) Hipótesis general:

La variación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado son significativas.

Se realizó el análisis estadístico en el software Minitab 18, aplicando diseño factorial y ANOVA para las variables: tiempo de conchado y formulación, de los cuáles un p-valor menor a 0,05 nos indica que dichas variables son estadísticamente significativas por la que se rechaza la hipótesis nula.

Al analizar las tablas de análisis de varianza para la humedad (**ver la Tabla 17, pag. Nº 63 y la Figura 14 pag. Nº 64**) se observa que el valor de p es menor a 0.05 para los factores tiempo de conchado y formulación por lo cual tienen efecto significativo sobre la variable respuesta de humedad.

En el análisis de varianza para el pH (**ver la Tabla 18, pag. Nº 66 y la Figura 16 pag. Nº 66**) se observa que el valor de p es menor a 0,05 para el factor tiempo de conchado por lo cual tiene efecto significativo sobre la variable respuesta de pH, en comparación del factor formulación que tiene un valor de p mayor a 0,05.

Por último, el análisis de varianza para la viscosidad plástica (**ver la Tabla 19, pag. Nº 66 y la Figura 18, pag. Nº 65**) se observa que el valor de p es menor a 0,05 para los factores tiempo de conchado y formulación por lo cual tienen efecto significativo sobre la variable respuesta de viscosidad plástica.

6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares

La reducción de la viscosidad de la mezcla de chocolate es debido a la influencia de conchado. Palomo (10) realizó tres formulaciones de 50%, 55% y 70% de chocolate, obtuvo viscosidades de 6,215; 6,303 y 1,585 Pa.s con un tiempo de 6 horas de conchado, el chocolate de 70 tiene mayor cantidad de grasa por ello se ve reflejado en el cálculo de la viscosidad plástica. Comparando este comportamiento de la manteca de cacao en la formulación que a mayor proporción de manteca la viscosidad plástica disminuye como se observa en la presente investigación que la formulaciones C y D contienen 35% y 37% de manteca de cacao tienen una viscosidad plásticas de 0,0205 Pa.s y 0,0258 Pa.s respectivamente a diferencia de las formulaciones A y B que tienen 31% y 33% en peso de manteca, presentan viscosidades plásticas de 0,0474 Pa.s y 0,0408 Pa.s.

De acuerdo con Becket (2019) durante la fermentación se forma ácido etanoico (acético) y en menor grado otros ácidos grasos volátiles de cadena corta. El agua eliminada del chocolate en las primeras partes del proceso de conchado ayuda a eliminar los ácidos mediante un tipo de proceso de destilación de vapor.

Se observa en el trabajo de Paredes y Mera [12] que hay una reducción de la acidez y por ello un aumento de pH del chocolate tomando como referencia el chocolate al 30% después de 24 h de conchado alcanza un pH de 5,53. Además, en la investigación de Rixe y Vela [13] determinaron que el valor de pH del licor de macambo (*Theobroma bicolor*) es 6,50; por ello contrastando ambas investigaciones los resultados obtenidos en la presente investigación se observa el aumento del pH desde la etapa inicial hasta 12 horas después de conchado en un rango promedio de 0,1, tomando como referencia el valor promedio inicial de pH igual a 6,76 para las muestras de la etapa inicial de cada formulación de las coberturas a base de licor de macambo y manteca de cacao.

Según Jácome [9] después de 12 h y 16 h de conchado obtuvo una variación de humedad de 2,74% a 1,05% y de 2,74% a 1,03% respectivamente, además se observa que mientras menor es la humedad la variación de está también es menor durante el conchado, contrastando con los resultados obtenidos en la

presente investigación se observa que la humedad disminuyó con respecto al tiempo en las distintas formulaciones A, B, C y D que se redujeron de 1,17% a 0,93%, de 1,17% a 0,95%, de 1,16 a 0,97% y de 1,16% a 0,89% respectivamente.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

Se desarrolló la presente investigación bajo el reglamento del Código de Ética de la investigación de la Universidad Nacional del Callao a través de la Resolución del Consejo Universitario N°260–2019–CU y asumimos toda la responsabilidad de todo tipo de información planteada.

VII. CONCLUSIONES

En esta tesis se determinó la variación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado, según el análisis estadístico, la variación de los factores tiempo de conchado y formulación tienen efectos significativos sobre las variables de respuesta de humedad y viscosidad plástica; en comparación con el pH, la variación del factor tiempo conchado es el único que tiene efecto significativo.

Se determinó el efecto del tiempo en las características fisicoquímicas y reológicas en la etapa del conchado de las diferentes formulaciones de coberturas a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*), con respecto a los valores de humedad y viscosidad plástica se observó que estos descendieron en el transcurso de las 12 horas de conchado, a diferencia de los valores de pH, donde se observó un aumento en el resultado final.

Se determinó que las formulaciones en peso de las coberturas a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*) influyen en las características reológicas durante la etapa del conchado, debido a que las formulaciones, medidos a 40°C, que presentan mayor porcentaje de manteca de cacao tienen menor viscosidad plástica es decir más fluido, a comparación de los que tienen menor porcentaje de manteca de cacao. La mezcla de licor de macambo y manteca de cacao al ser un fluido no newtoniano, como su similar del chocolate, es analizada de mejor manera mediante el modelo de Casson.

VIII. RECOMENDACIONES

Realizar el estudio del comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de coberturas de macambo y manteca de cacao con formulaciones con mayor diferencia en porcentaje en peso entre manteca y licor realizados en este trabajo

Realizar el estudio del comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura de macambo y manteca de cacao con mayor tiempo de conchado.

Evaluar la cantidad de horas de conchado necesarias para obtener los resultados deseados y reducir costos de operación al realizar una prueba piloto.

Realizar el estudio del comportamiento reológico de coberturas de macambo a base en su totalidad del macambo (licor y manteca)

Evaluar el comportamiento reológico y fisicoquímico del licor de macambo y manteca de cacao por separado para comparar con los resultados obtenidos en las formulaciones realizadas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **BIRD, R., LIGHTFOOT, E. y STEWART, W.** *Fenómenos de Transporte*. Barcelona : Reverté, 1992. págs. 1-10.
- [2] **MACERA, D.** *¿Cuánto afecta la tala ilegal a la economía peruana?* [En línea]. 2018 [fecha de consulta: 22 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/afecta-tala-ilegal-economia-peruana-noticia-521693-noticia/?ref=ecr>.
- [3] **MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Monitoreo de la pérdida de bosques húmedos Amazónicos en el año 2019*. [En línea]. 2021 [fecha de consulta: 17 junio de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/318632-en-el-2019-se-redujo-minimamente-la-deforestacion-en-los-bosques-amazonicos-peruanos>.
- [4] **OXFAM PERÚ.** *Agronegocios y crisis climática en el Perú monocultivos, deforestación y emisiones de carbono en la amazonía peruana*. [En línea]. 2021 [fecha de consulta: 19 junio de 2023]. Disponible en: <https://peru.oxfam.org/lo-%C3%BAltimo/publicaciones/agronegocios-y-crisis-climatica-en-el-peru>.
- [5] **LAGNEAUX, E., ANDREOTTI, F. y NEHER, C.** *Cacao, copoazu y macambo: Explorando la diversidad de Theobroma en sistemas agroforestales de pequeños agricultores de la Amazonía peruana*. [En línea]. 2021 [fecha de consulta: 18 de junio de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10457-021-00610-0.pdf>.
- [6] **VELASTEGUÍ, V. A.** *Desarrollo de la tecnología para la elaboración de chocolate de cobertura*. Ambato, Universidad Técnica de Ambato. 2010. Trabajo de investigación modalidad sistema tutorial. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/873>
- [7] **AULESTIA, C. E. y DÍAZ, M. F.** *Desarrollo de una formulación de cobertura de chocolate con esencia de naranja para helado soft*. Quito, Universidad Central del Ecuador. 2013. Tesis de pregrado.

- [8] **MUÑOZ, I. Y.** *Elaboración de chocolate de cobertura utilizando licor de cacao nacional*. La Maná. Ecuador 2013. Quevedo, Universidad técnica estatal de Quevedo. 2013. Tesis de pregrado.
- [9] **JÁCOME, W. D.** *Diseño de una planta de elaboración de chocolate negro y chocolate con leche a partir del licor de cacao*. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 2015. Tesis de pregrado.
- [10] **PALOMO, A. y GÓMEZ, M.** *Estudios de la viscosidad de distintos tipos de chocolate durante la etapa de conchado líquido*. Palencia, Universidad de Valladolid. 2016. Trabajo de Máster.
- [11] **PUMA, A.** *Obtención de cobertura de cupulate a partir de granos de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en la empresa Chocolate Tropical*. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. 2021. Tesis de Pregrado.
- [12] **PAREDES, M. L. y MERA, M. M.** *Estudio de la influencia de la molienda (conchado) en la reducción de la acidez del chocolate de cobertura*. Ambato, Ecuador. Universidad técnica de Ambato. 2023. Tesis de pregrado.
- [13] **RIXE, D. I. y VELA, C. M.** *Licor a partir de la semilla de *Theobroma bicolor* "macambo" y su valor nutricional*. Iquitos, Universidad Nacional de la amazonía peruana. 2023. Tesis de pregrado.
- [14] **VALVERDE, M. C.** *Determinación del tiempo óptimo de refinado-conchado de chocolate oscuro aplicando el método variación no significativa en cinética*. Lima, Universidad Agraria de La Molina. 2019. Tesis de pregrado.
- [15] **CHIRE, G.** *Mejora de propiedades físicas y su efecto en el contenido de ácidos grasos en chocolate peruano aplicando superficie de respuesta*. Lima, Universidad Agraria La Molina. 2019. Tesis de Doctoris Philophiae.
- [16] **FLORES, S.** *Cultivo de frutales nativos Amazónicos. Manual para el extensionista*. Organización del Tratado de Cooperación Amazónica. [En línea] 1997. Disponible en: <http://otca.org/wp-content/uploads/2021/02/Cultivo-de-Frutales-Nativos-Amazonicos-Manual-para-el-Extensionista.pdf>.

- [17] **GONZÁLES, A. y TORRES, G.** *Manual Cultivo de Macambo*. [En línea] 2010. Disponible en: <https://aprenderly.com/doc/3204667/manual-cultivo-de-macambo---sal%C3%B3n-del-cacao-y-chocolate?page=29>.
- [18] **MELGAREJO, L., y otros.** *Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género Theobroma en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica*. Bogotá. 2006. Disponible en:
<https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/theobroma.pdf>
- [19] **INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA.** *Macambo*. Perú, 2008, Hoja Divulgativa. Disponible en <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/261/1/HD-8-2008-Macambo.pdf>
- [20] **LÓPEZ, M. J.** *Determinación de las propiedades fisicoquímicas y composición de ácidos grasos de los aceites en las semillas de dos morfotipos de macambo Theobroma bicolor (Humb. & Bompf)*. Universidad de la Amazonía Peruana. 2020. Tesis de pregrado.
- [21] **FLORES, S.** *Cultivo de frutales nativos Amazónicos, Manual para el extensionista*. 1997, Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaría Pro-Tempore, pág. 307.
- [22] **ARMANDO, C.** *Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo*. 2016, Ministerio de Agricultura y Riego, pág. 12.
- [23] **KALVATCHEV, Z., GARZARO, D. y GUERRA, F.** *Theobroma cacao L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud*. Caracas : Revista agroalimentaria, 1998, AGROALIMENTARIA, Vol. 4, (6) pág. 23. ISSN-e 1316-0354.
- [24] **ANDRADE, J., y otros.** *Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) de Ecuador y Perú*. 2019, Enfoque UTE, Vol. 10, (4) págs. 1-12. ISSN: 1390-6542
- [25] **BAILEY, A.** *Aceites y grasas industriales*. Barcelona, España: Reverté.
- [26] **BECKETT, S.** *The Science of Chocolate*. Cambridge : The Royal Society of Chemistry, 2000.

- [27] **KONGOR, J. E., y otros.** *Factors influencing quality variation in cocoa (Theobroma cacao) bean flavour profile.* 2016, Food Research International. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>.
- [28] **BECKETT, S.** *La ciencia del chocolate.* Zaragoza : Editorial Acribia S.A., 2019. 28
- [29] **MINIFIE, B.** *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology.* New York : Van Nostrand Reinhold, 1989.
- [30] **AWUA, P.K.** *Cocoa Processing and Chocolate Manufacture in Ghana.* Essex: David Jamieson & Associates, 2002.
- [31] **HARTEL, R. W.** *Crystallization in Foods.* Gaithersburg. 2001, Aspen Publishers Inc.
- [32] **TALBOT, G.** *Chocolate temper - Industrial Chocolate Manufacture and Use.* Oxford : Blackwell Science, 1999.
- [33] **AFOAKWA, E.** *Chocolate Science and Technology.* Oxford : Wiley-Blackwell, 2010. ISBN: 978-1-405-19906-3.
- [34] **MULLER, H. G.** *An introduction to food rheology.* Londres : William Heinemann Ltd., 1973.
- [35] **TAFUR, J.** *Diseño codificación y validación de un programa (Reosoft V 1.0) para el cálculo y modelamiento de parámetros reológicos en alimentos.* Huánuco, Perú. Universidad Nacional Agraria de la selva. 2005. Tesis de pregrado.
- [36] **CAMPOS, R. D.** *Reología Aplicada a Sistemas Alimentarios.* Guayaquil : Grupo Compás, 2018.
- [37] **GEANKOPLIS, C.** *Procesos de transporte y operaciones unitarias.* México : Compañía editorial Continental S.A., 1998.
- [38] **LEVENSPIEL, O.** *Flujo de fluidos e intercambio de calor.* Barcelona : Ed. Reverté, 1993. pág. 17.
- [39] **VALENTAS, K. J., ROTSTEIN, E. y SINGH, R. P.** *Food engineering practice.* USA : CRC Press, 1997.

- [40] **MARTÍNEZ, D. y NOVOA, V.** Determinación de los modelos reológicos asociados al zumo de mango Kent (*Mangifera indica* L.). Callao, Universidad Nacional del Callao. 2018. Tesis de pregrado.
- [41] **MACCABE, W., SMITH, J. y PETER, H.** *Operaciones unitarias en Ingeniería química*. México : McGraw-Hill Interamericana, 2007.
- [42] **STEFFE, J.** *Rheological Methods in food process engineering*. USA : Freeman Press, 1996.
- [43] **MENDOZA, G.** *Caracterización y cuantificación del comportamiento reológico de la pulpa de mito (*Carica Candicans* Gray)*. Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú : s.n., 2019. Tesis de pregrado.
- [44] **TUERO, L.** *Modificaciones reológicas y estructurales de chocolate industrial mediante el uso de aditivos texturizantes*. Oviedo, Universidad de Oviedo. España: 2021. Tesis de Maestría.
- [45] **INTERNATIONAL OFFICE OF COCOA, CHOCOLATE AND CONFECTIONERY (IOCCC).** *Viscosity of chocolate. Determination of Casson Yield Value and Casson. Plastic Viscosity*. London : OICC, 1973.
- [46] **BADUI, S.** *Química de los alimentos*. México : Pearson educación, 2006. ISBN: 970.26.0670.5.
- [47] **GARRIGA, R.** *Importancia del pH en la industria química y sus principales aplicaciones*. Barcelona : Revista tecnológica industrial, 1930.
- [48] **ALMÉCIGA, A. M. y MUÑOZ, M.** *pH, historia de un concepto. Análisis en textos de educación superior*. Bogotá. Universidad pedagógica nacional. 2013. Tesis de pregrado.
- [49] **CHENG, K.** *pH glass electrode and its mechanism*. Washington : American Chemical Society, 1989.
- [50] **CODEX ALIMENTARIUS.** *Standard for chocolate and chocolate products CODEX STAN 87*. Food and agriculture Organization of United Nations, 1981.
- [51] **CONGRESO DE LA REPÚBLICA.** *Ley N° 30806. Ley que modifica diversos artículos de la Ley 28303, Ley marco de ciencia, tecnología e innovación tecnológica; y de la Ley 28613, Ley del consejo nacional de*

ciencia, tecnología e innovación tecnológica. El Peruano. 19 de junio de 2018.

- [52] **HERNÁNDEZ y otros.** *Metdología de la investigación*. México : McGraw-Hill / Interamericana Editores, 2014.
- [53] **SIFUENTES, M. A.** *Evaluación fisico-química de la pulpa y semilla de dos morfotipos del fruto de macambo "Theobroma Bicolor (Humb. & Bompl.)*. Iquitos, Universidad nacional de la Amazonía Peruana. 2017. Tesis de pregrado.
- [54] **FURLÁN, A. y BRESSANI, R.** *Recursos vegetales con potencial de explotación agroindustrial de Guatemala. Caracterización química de la pulpa y la semilla de Theobroma bicolor*. 1999, Archivos latinoamericanos de nutrición, Vol. 49 (4).
- [55] **GONZALES, A. y TORRES, G.** *Contribuciones al conocimiento de frutales nativos amazónicos*. 2011, Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, pág. 78.

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de consistencia

“Relación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas según los parámetros de operación establecidos en la etapa de conchado de la cobertura a base de licor de macambo (*Theobroma bicolor*) y manteca de cacao (*Theobroma cacao*)”

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cómo varían las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado?	Determinar la variación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado.	La variación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao a distintas formulaciones en peso y tiempo de conchado son significativas.	Evaluación fisicoquímica y reológica	Y1: Viscosidad plástica Y2: Humedad Y3: pH	Pa.s % 1-14	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Investigación aplicada, Enfoque cuantitativo, Diseño experimental, Causa – efecto.
¿Cómo afecta el tiempo en las características fisicoquímicas y reológicas en la etapa del conchado líquido?	Determinar cómo afecta el tiempo en las características fisicoquímicas y reológicas en la etapa del conchado.	El tiempo de conchado reduce la característica fisicoquímica de porcentaje de humedad y reológica (Viscosidad plástica), pero aumenta el pH de la cobertura a base de licor de macambo (<i>Theobroma bicolor</i>) y manteca de cacao (<i>Theobroma cacao</i>).	Parámetros de operación	X1: Tiempo de conchado	Horas	
¿Cómo afecta la formulación en peso de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao en las características reológicas en la etapa del conchado?	Determinar cómo afecta la formulación en peso de la cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao en las características reológicas en la etapa del conchado.	La cobertura a base de licor de macambo y manteca de cacao que contenga mayor % de manteca tendrán un comportamiento reológico más fluido.		X2: Formulación manteca-licor-lectina-azúcar	% peso	

ANEXO 2

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Reómetro rotativo
"RheolabQC Anton Paar"



Baño María



Potenciómetro "SI
Analytics – Lab 855"



Estufa "L-C oven
mechanically convected"



Balanza analítica –
Eurolab



Refinadora – conchadora
“Premier Chocolate”



ANEXO 3

DATA RECOPIADA DE SOFTWARE RHEOPLUS

Resultados del reómetro para formulación 1 – muestra 1

Fórmula 1 - Muestra 1- Corrida 1			Fórmula 1 - Muestra 1- Corrida 2			Fórmula 1 - Muestra 1- Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
5.04	1	0.199	0.665	1	1.5	2.48	1	0.403
4.85	1.5	0.309	1.76	1.5	0.852	3.12	1.5	0.479
7.75	1.99	0.257	4.85	1.99	0.411	3.12	1.99	0.639
8.96	2.49	0.278	7.88	2.49	0.316	6.45	2.49	0.386
12.1	2.99	0.248	10.6	2.99	0.283	9.54	2.99	0.314
15.7	3.49	0.222	13.5	3.49	0.259	13.3	3.49	0.263
19.8	3.98	0.201	17.4	3.98	0.23	16.7	3.98	0.239
23.8	4.48	0.189	20.9	4.48	0.214	21	4.48	0.214
27.8	4.98	0.179	25.2	4.98	0.197	25.3	4.98	0.197
32.1	5.48	0.17	29.9	5.48	0.183	29.9	5.48	0.183
36.7	5.97	0.163	34.6	5.97	0.173	34.8	5.97	0.172
41.3	6.47	0.157	39.5	6.47	0.164	39.8	6.47	0.163
45.8	6.97	0.152	44.6	6.97	0.156	45.2	6.97	0.154
50.6	7.47	0.148	50	7.47	0.149	50.7	7.47	0.147
55.4	7.96	0.144	55.3	7.96	0.144	56.3	7.96	0.141
60.3	8.46	0.14	60.7	8.46	0.139	61.8	8.46	0.137
65.6	8.96	0.137	66.3	8.96	0.135	67.5	8.96	0.133
71	9.46	0.133	72	9.46	0.131	73.2	9.46	0.129
76.3	9.95	0.13	77.4	9.95	0.129	79	9.95	0.126
81.7	10.5	0.128	83.1	10.5	0.126	84.8	10.5	0.123
87.3	10.9	0.125	88.6	10.9	0.124	90.5	10.9	0.121
92.6	11.4	0.124	94.3	11.4	0.121	96.2	11.4	0.119

Resultados del reómetro para formulación 1 – muestra 7

Fórmula 1 - Muestra 7 - Corrida 1			Fórmula 1 - Muestra 7 - Corrida 2			Fórmula 1 - Muestra 7 - Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
2,16	1	0,462	6,07	1,5	0,318	0,703	1	1,42
3,31	1,5	0,453	10,7	1,99	0,247	2,05	1,5	0,731
7,76	1,99	0,257	14,9	2,49	0,186	5,25	1,99	0,38
11,8	2,49	0,212	19,4	2,99	0,167	9,31	2,49	0,268
16,8	2,99	0,178	24,8	3,49	0,154	13,6	2,99	0,22
22,3	3,49	0,157	30,9	3,98	0,14	18,1	3,49	0,193
28,4	3,98	0,14	37,4	4,48	0,129	23,7	3,98	0,168
34,8	4,48	0,129	44,8	4,98	0,12	29,5	4,48	0,152
41,5	4,98	0,12	52,5	5,48	0,111	35,5	4,98	0,14
48,6	5,48	0,113	60,7	5,97	0,104	41,6	5,48	0,132
56,1	5,97	0,106	69,2	6,47	0,0985	48,7	5,97	0,123
63,8	6,47	0,101	77,6	6,97	0,0936	55,3	6,47	0,117
71,6	6,97	0,0973	86,2	7,47	0,0898	62,9	6,97	0,111
79,6	7,47	0,0938	95,3	7,96	0,0867	70,1	7,47	0,107

Resultados del reómetro para formulación 2 – muestra 3

Fórmula 2 - Muestra 3 - Corrida 1			Fórmula 2 - Muestra 3 - Corrida 2			Fórmula 2 - Muestra 3 - Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
4.96	1	0.202	3.23	1	0.309	3.2	1	0.313
10	1.5	0.149	6.22	1.5	0.241	5.83	1.5	0.257
15.1	1.99	0.132	12.4	1.99	0.161	12.5	1.99	0.16
20.2	2.49	0.123	17.5	2.49	0.143	17.5	2.49	0.142
25.3	2.99	0.118	23	2.99	0.13	23.2	2.99	0.129
30.8	3.49	0.113	28.9	3.49	0.121	29.1	3.49	0.12
37	3.98	0.108	35.3	3.98	0.113	35.7	3.98	0.112
43.3	4.48	0.103	41.8	4.48	0.107	42.4	4.48	0.106
49.9	4.98	0.0998	48.8	4.98	0.102	49.6	4.98	0.1
56.6	5.48	0.0967	55.9	5.48	0.0979	56.9	5.48	0.0963
63.4	5.97	0.0943	63.1	5.97	0.0947	64.2	5.97	0.0931
70.6	6.47	0.0917	70.7	6.47	0.0915	71.9	6.47	0.09
78.1	6.97	0.0892	78.5	6.97	0.0887	79.6	6.97	0.0876
85.4	7.47	0.0874	86.1	7.47	0.0867	87.3	7.47	0.0855
93.2	7.96	0.0855	94.1	7.96	0.0847	95.3	7.96	0.0836

Resultados del reómetro para formulación 2 – muestra 7

Fórmula 2 - Muestra 7 - Corrida 1			Fórmula 2 - Muestra 7 - Corrida 2			Fórmula 2 - Muestra 7 - Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
3,24	1	0,308	2,78	1	0,36	4,96	1	0,201
8,68	1,5	0,173	8,23	1,5	0,182	9,21	1,5	0,163
14,6	1,99	0,137	12,5	1,99	0,16	14,2	1,99	0,141
21	2,49	0,119	18,9	2,49	0,132	19,5	2,49	0,128
28	2,99	0,107	25,7	2,99	0,116	26,4	2,99	0,113
35,8	3,49	0,0974	33,2	3,49	0,105	33,7	3,49	0,104
44	3,98	0,0905	41,5	3,98	0,096	41,6	3,98	0,0958
52,6	4,48	0,0851	50,1	4,48	0,0894	50,3	4,48	0,0892
61,8	4,98	0,0806	59,5	4,98	0,0837	59,7	4,98	0,0835
71,3	5,48	0,0768	69,3	5,48	0,079	69,6	5,48	0,0787
81,3	5,97	0,0735	79,6	5,97	0,075	79,7	5,97	0,075
91,6	6,47	0,0707	90,1	6,47	0,0718	90,3	6,47	0,0717

Resultados del reómetro para formulación 3 – muestra 4

Fórmula 3 - Muestra 4 - Corrida 1			Fórmula 3 - Muestra 4 - Corrida 2			Fórmula 3 - Muestra 4 - Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
4.45	1	0.225	4.9	1	0.204	3.92	1	0.255
11.2	1.5	0.134	7.47	1.5	0.201	5.91	1.5	0.253
18.1	1.99	0.11	13.8	1.99	0.145	12.9	1.99	0.155
25.8	2.49	0.0966	20.3	2.49	0.123	19.4	2.49	0.128
34.2	2.99	0.0873	28	2.99	0.107	27.2	2.99	0.11
43.1	3.49	0.0809	36.4	3.49	0.0958	35.5	3.49	0.0984
52.6	3.98	0.0757	45.6	3.98	0.0874	44.8	3.98	0.089
62.2	4.48	0.072	54.8	4.48	0.0818	54.4	4.48	0.0825
72.3	4.98	0.0689	65.9	4.98	0.0755	65.4	4.98	0.0762
83.4	5.48	0.0657	76.9	5.48	0.0713	76.6	5.48	0.0715
94.5	5.97	0.0632	88.6	5.97	0.0674	88.2	5.97	0.0678

Resultados del reómetro para formulación 3 – muestra 6

Fórmula 3 - Muestra 6 - Corrida 1			Fórmula 3 - Muestra 6 - Corrida 2			Fórmula 3 - Muestra 6 - Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
6,24	1	0,16	4,88	1	0,205	3,01	1	0,332
11,6	1,5	0,13	8,89	1,5	0,168	8,07	1,5	0,186
19,2	1,99	0,104	16,5	1,99	0,121	15,3	1,99	0,131
27,2	2,49	0,0916	24,5	2,49	0,102	23,4	2,49	0,106
36,4	2,99	0,082	33	2,99	0,0905	32,3	2,99	0,0925
46,5	3,49	0,0749	42,3	3,49	0,0825	41,8	3,49	0,0835
56,9	3,98	0,0701	52,2	3,98	0,0764	52	3,98	0,0766
67,4	4,48	0,0665	62,9	4,48	0,0712	62,7	4,48	0,0715
77,9	4,98	0,0639	74,1	4,98	0,0672	74,2	4,98	0,0671
89	5,48	0,0616	85,9	5,48	0,0637	86,2	5,48	0,0636

Resultados del reómetro para formulación 4 – muestra 3

Fórmula 4 - Muestra 3 - Corrida 1			Fórmula 4 - Muestra 3 - Corrida 2			Fórmula 4 - Muestra 3 - Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
3,16	1	0,316	2,43	1	0,412	1,82	1	0,549
7,89	1,5	0,19	5,06	1,5	0,296	4,36	1,5	0,343
15,5	1,99	0,129	13	1,99	0,153	11,4	1,99	0,175
23,6	2,49	0,106	20,3	2,49	0,123	18,4	2,49	0,136
32,2	2,99	0,0929	29,2	2,99	0,102	26,9	2,99	0,111
41,8	3,49	0,0834	38,8	3,49	0,0899	37,1	3,49	0,094
52,8	3,98	0,0755	49,6	3,98	0,0803	48	3,98	0,083
64,6	4,48	0,0694	61,3	4,48	0,0731	60,1	4,48	0,0746
77	4,98	0,0646	73,9	4,98	0,0674	72,7	4,98	0,0685

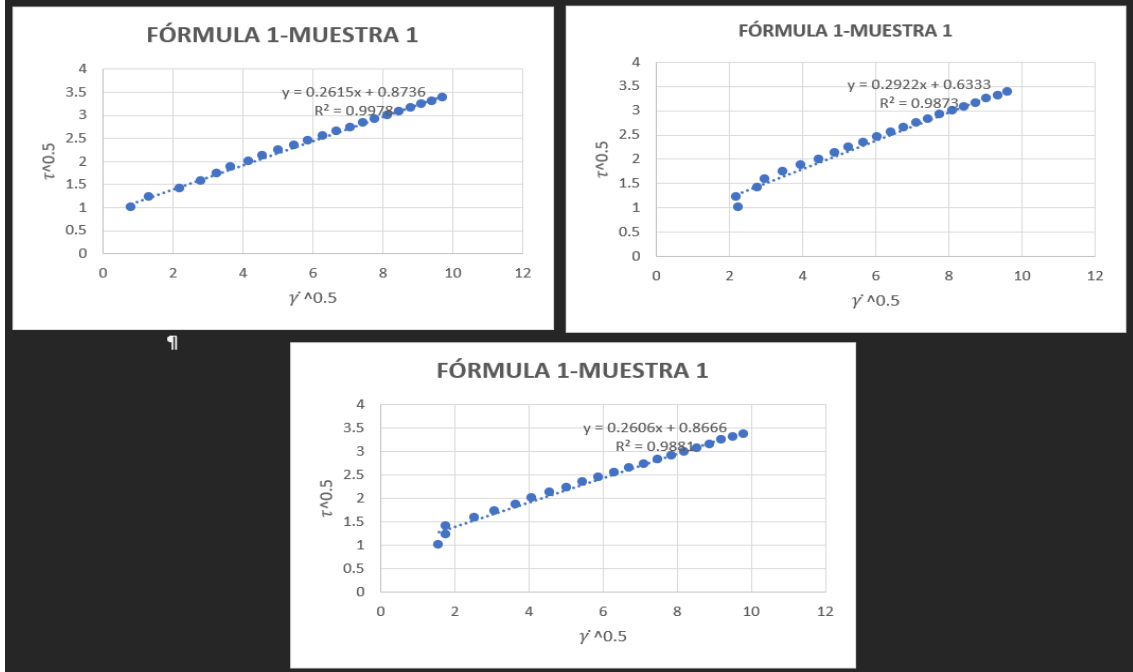
Resultados del reómetro para formulación 4 – muestra 6

Fórmula 4 - Muestra 3 - Corrida 1			Fórmula 4 - Muestra 3 - Corrida 2			Fórmula 4 - Muestra 3 - Corrida 3		
Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
4,3	1	0,232	5,89	1	0,17	3,21	1	0,311
12,8	1,5	0,117	11,7	1,5	0,127	8,31	1,5	0,18
20,6	1,99	0,0968	19,7	1,99	0,101	15,4	1,99	0,129
30,1	2,49	0,0827	27,7	2,49	0,0899	24,5	2,49	0,102
41,1	2,99	0,0727	37,5	2,99	0,0797	35	2,99	0,0854
53,4	3,49	0,0653	49,9	3,49	0,0699	47,9	3,49	0,0728
67,1	3,98	0,0594	63,3	3,98	0,0629	61,2	3,98	0,0651
81,7	4,48	0,0549	77,7	4,48	0,0577	75,9	4,48	0,059
97,2	4,98	0,0512	92,8	4,98	0,0537	91,1	4,98	0,0547

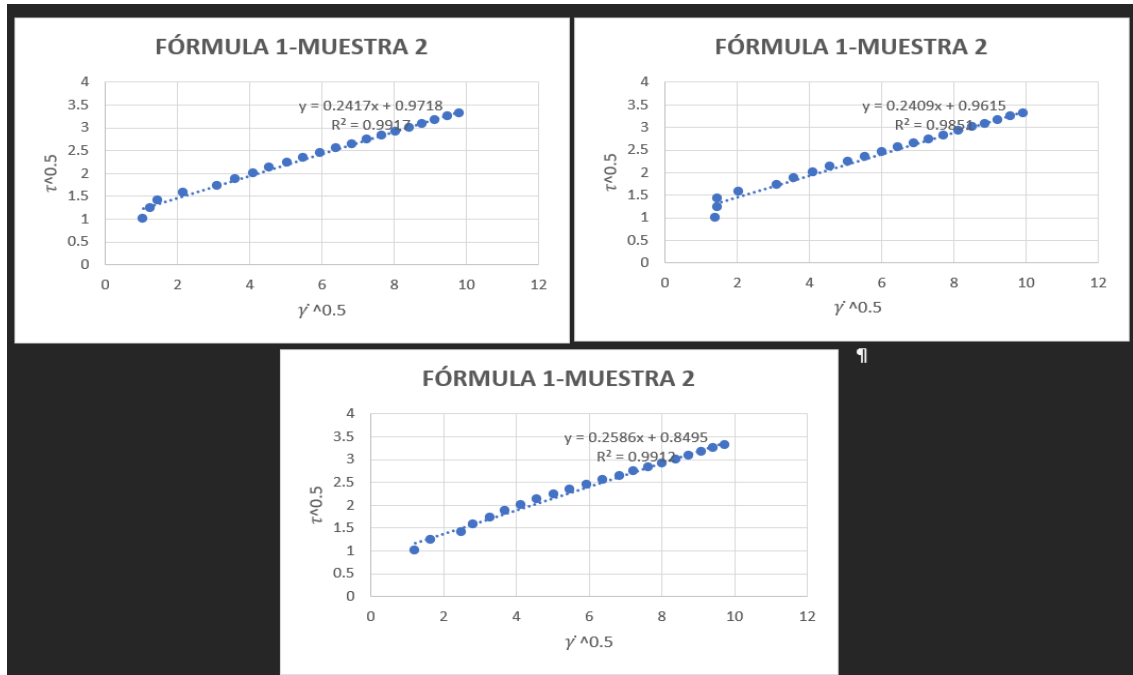
ANEXO 4

REOGRAMAS DEL MODELO DE CASSON

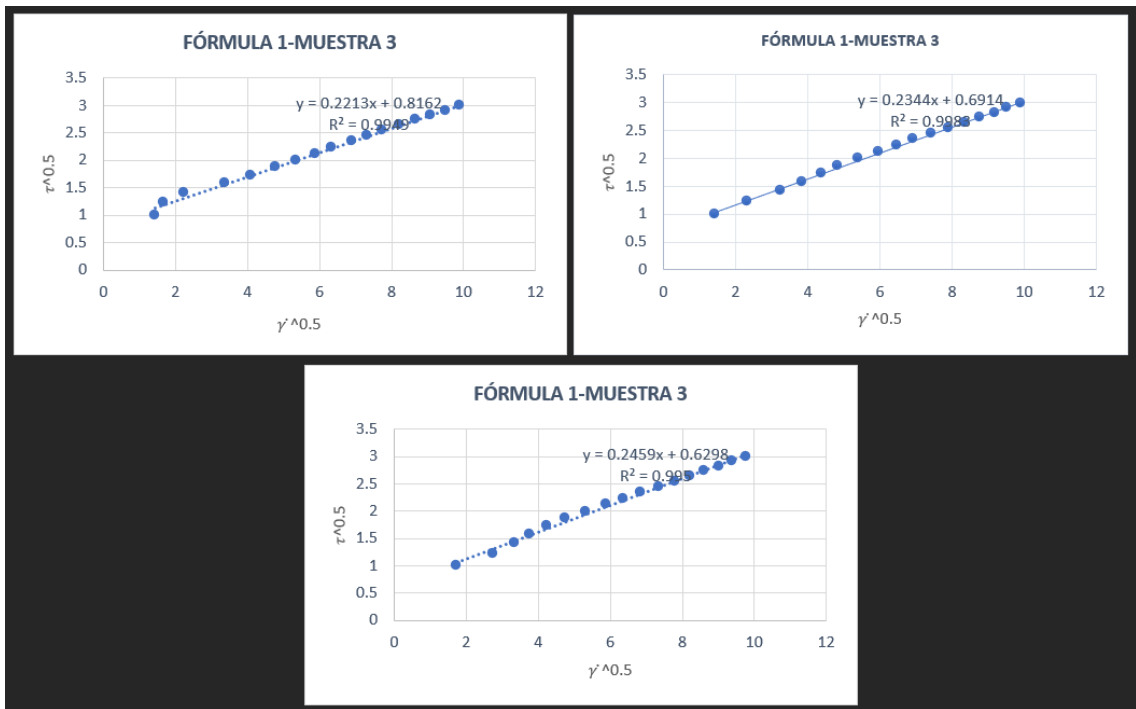
Formulación 1 – muestra 1 por triplicado



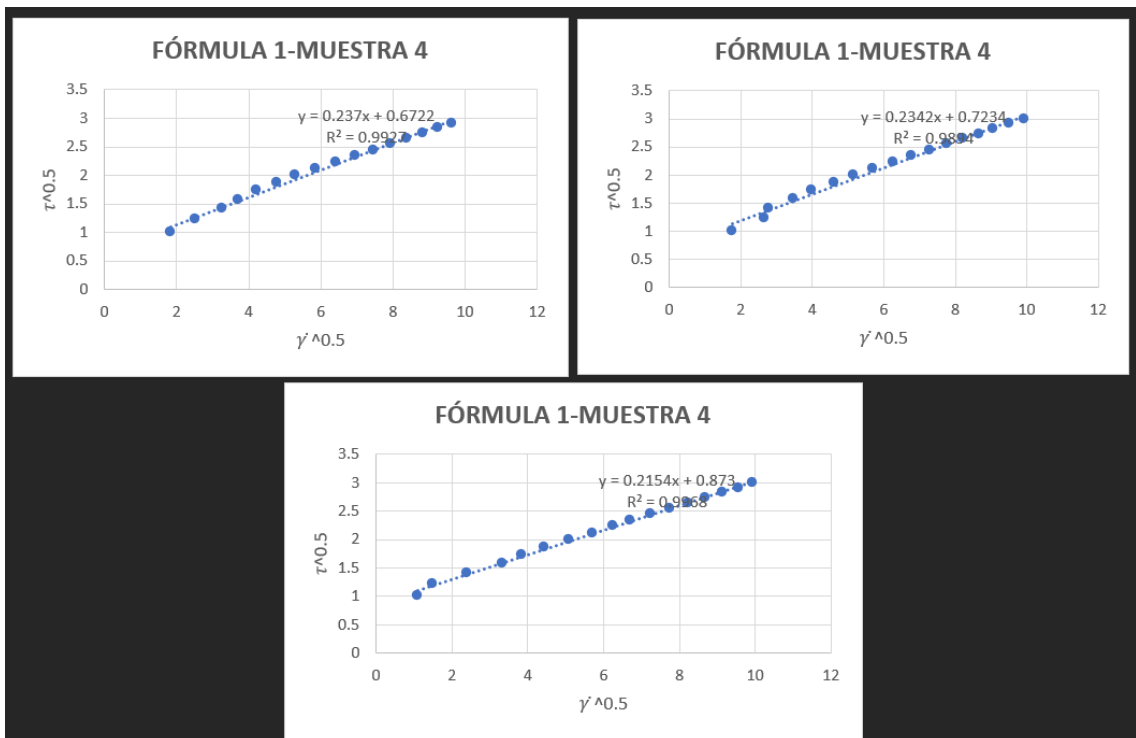
Formulación 1 – muestra 2 por triplicado



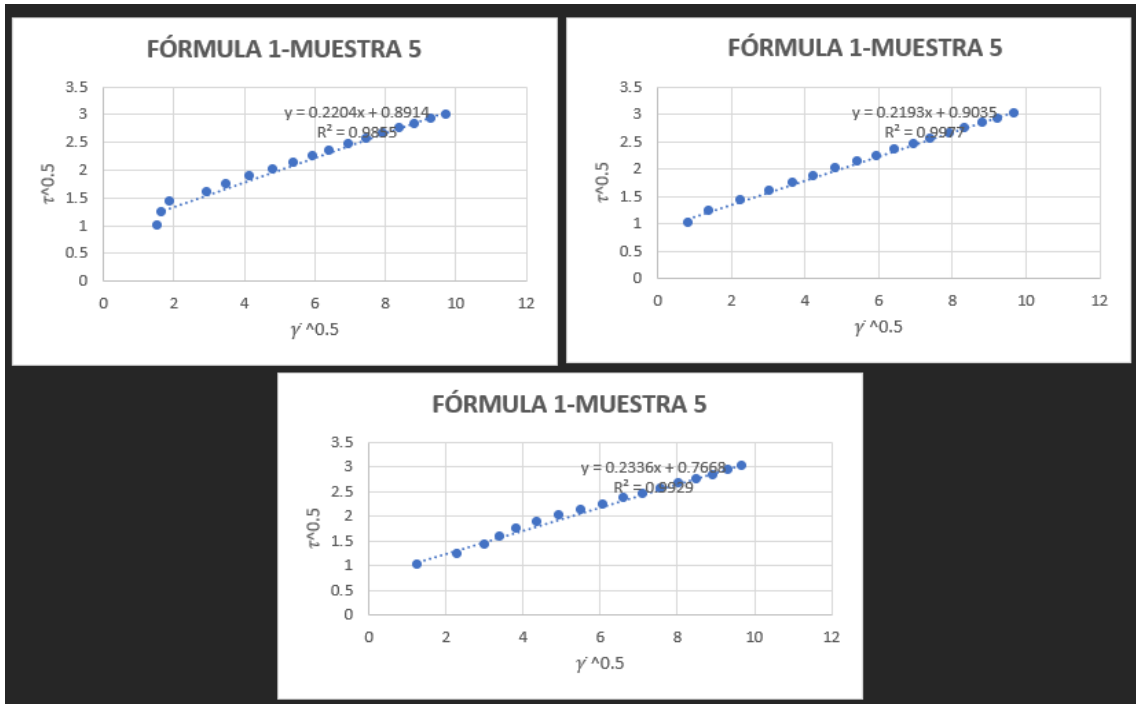
Formulación 1 – muestra 3 por triplicado



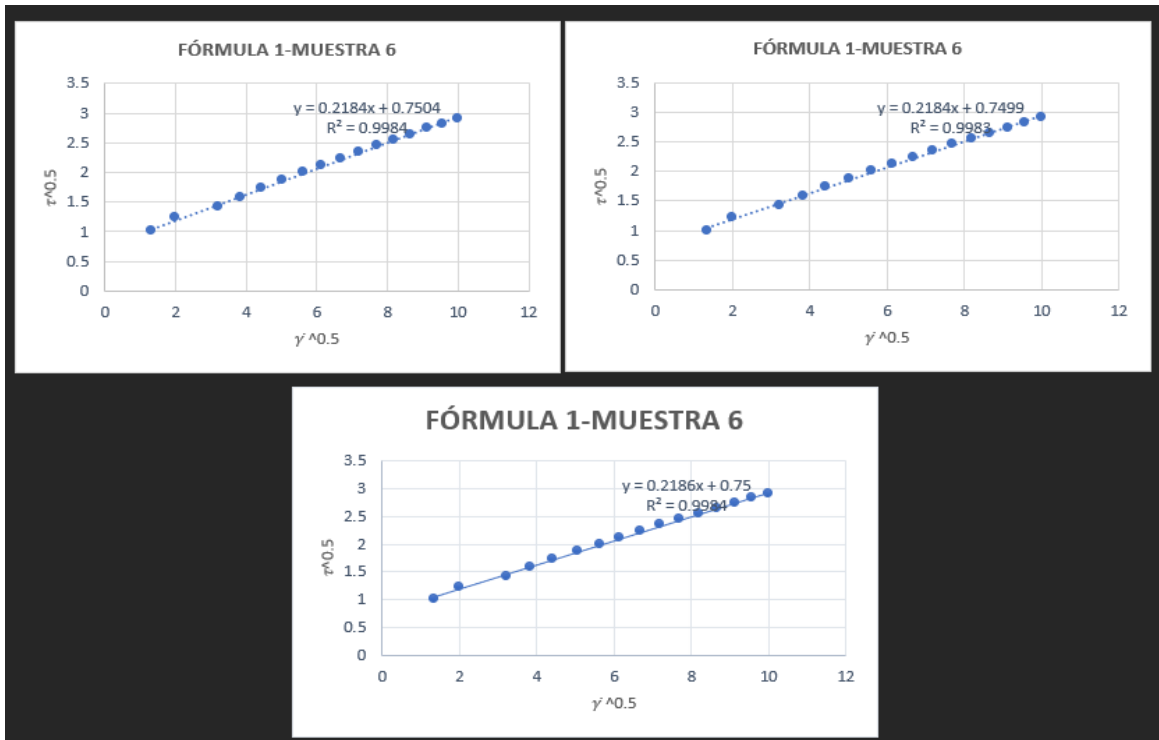
Formulación 1 – muestra 4 por triplicado



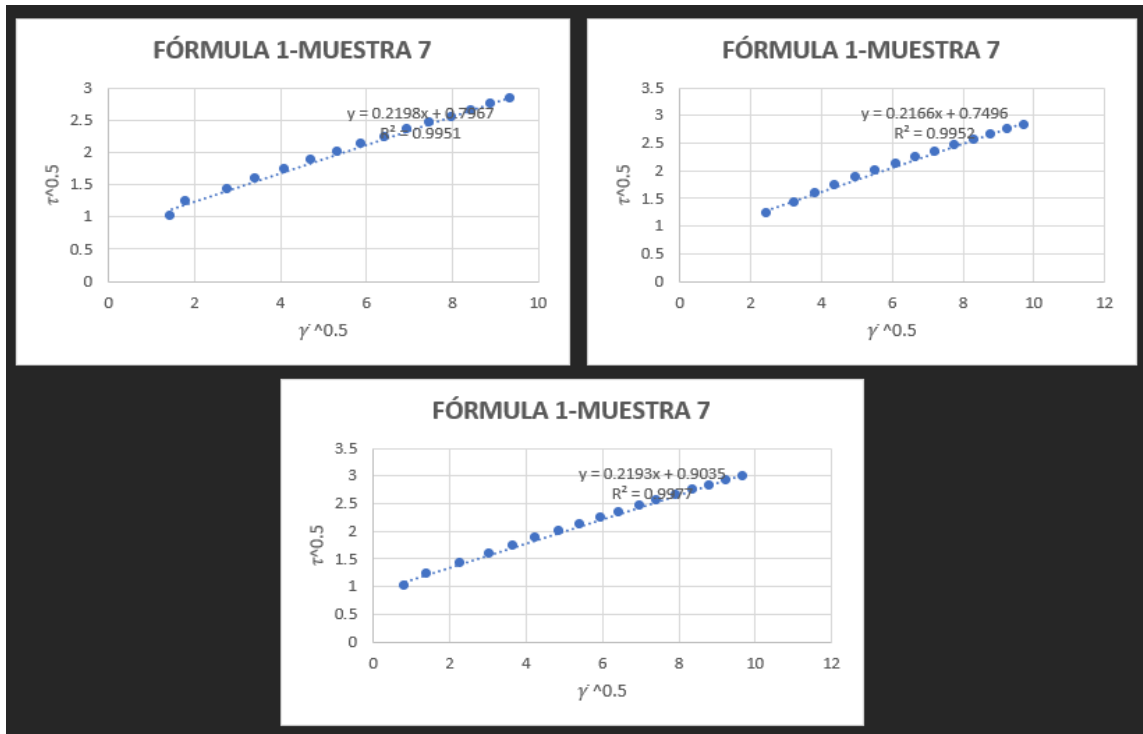
Formulación 1 – muestra 5 por triplicado



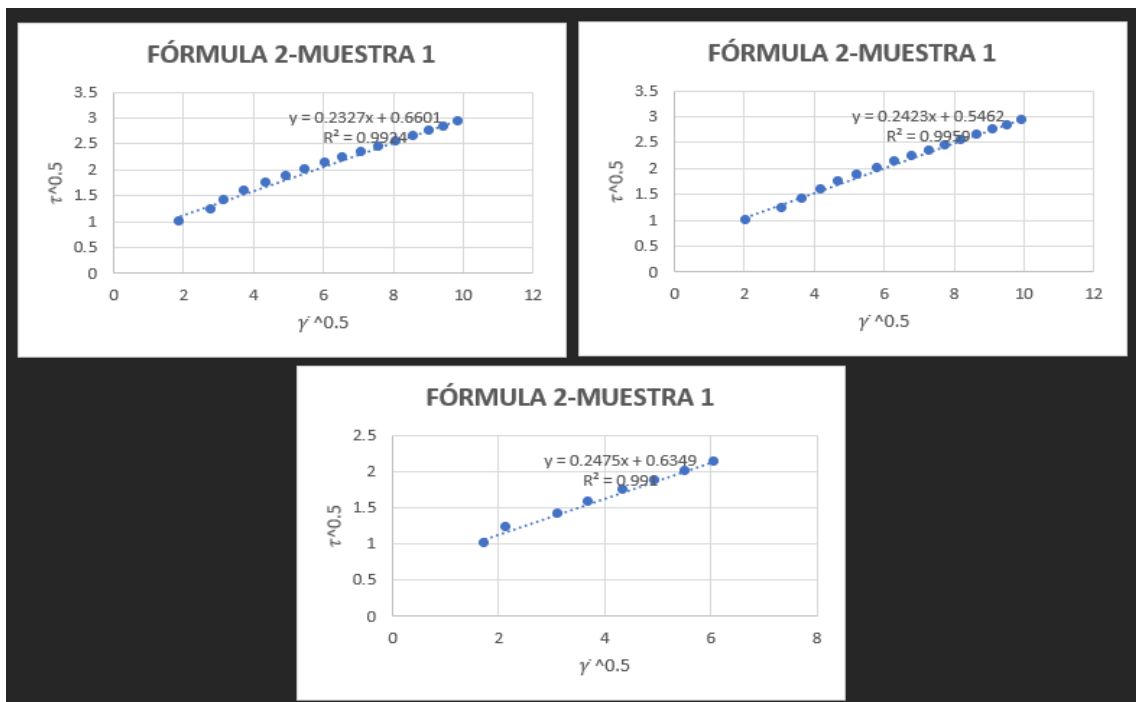
Formulación 1 – muestra 6 por triplicado



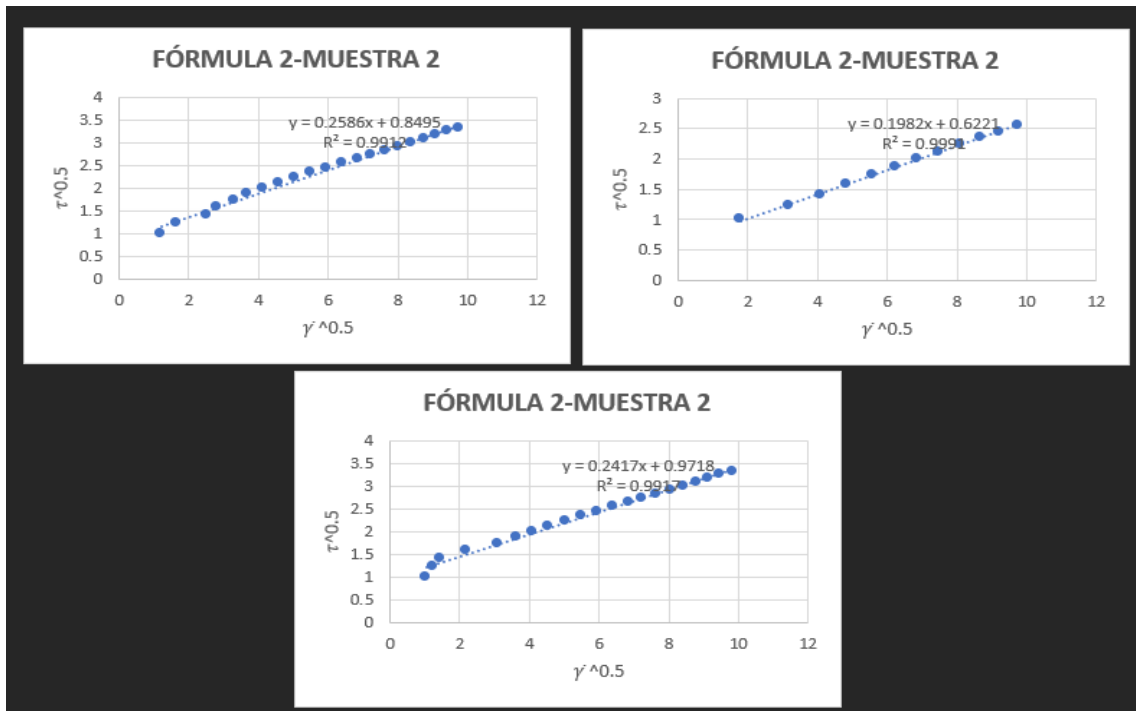
Formulación 1 – muestra 7 por triplicado



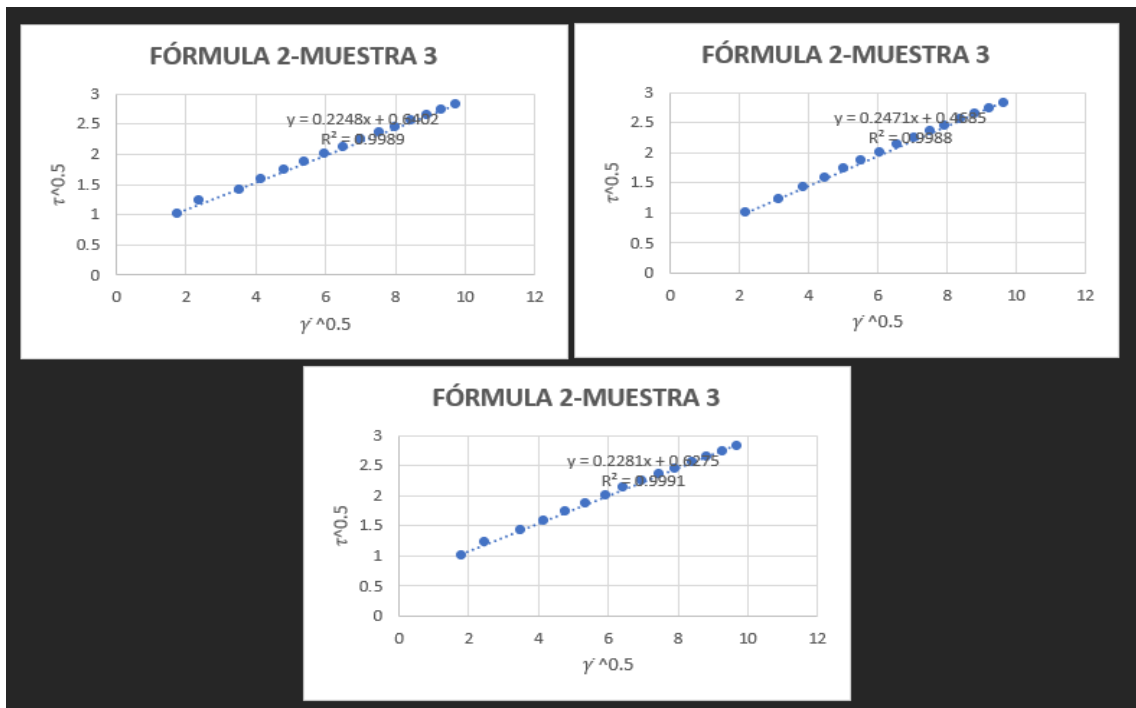
Formulación 2 – muestra 1 por triplicado



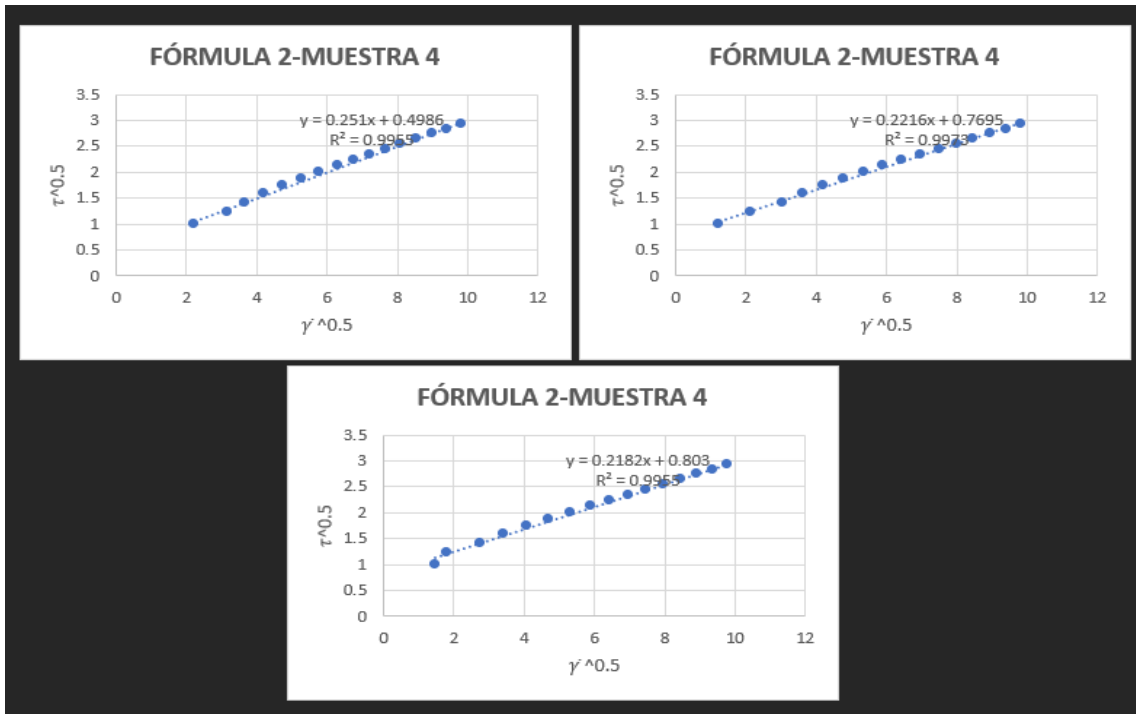
Formulación 2 – muestra 2 por triplicado



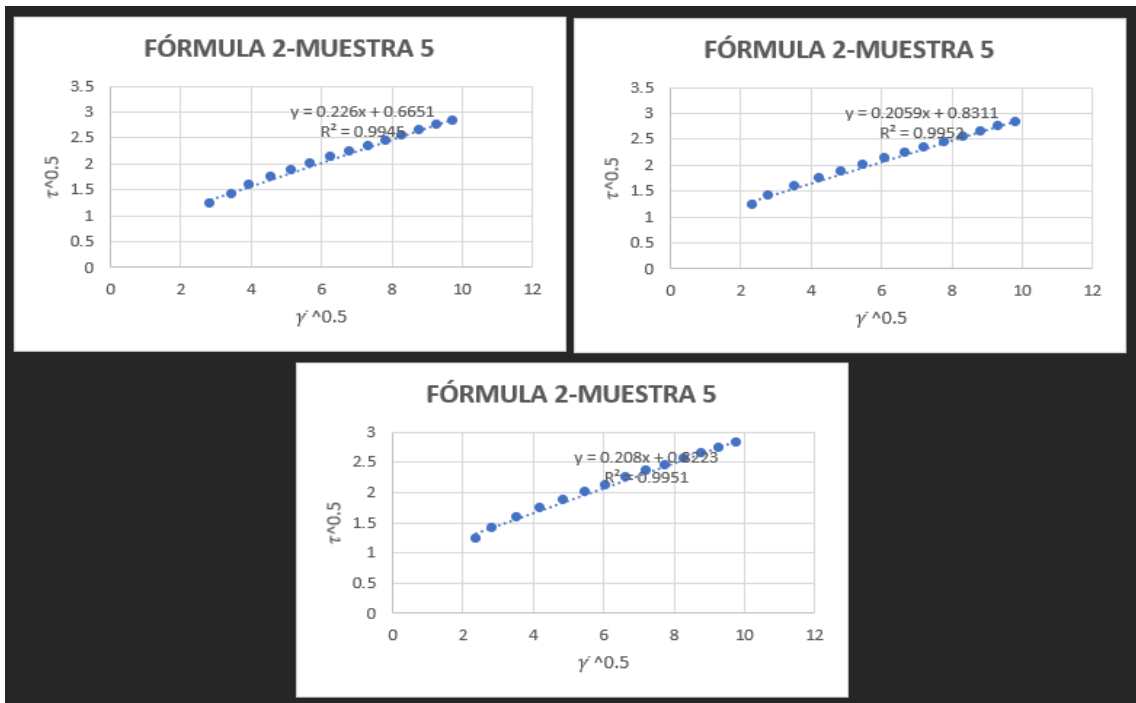
Formulación 2 – muestra 3 por triplicado



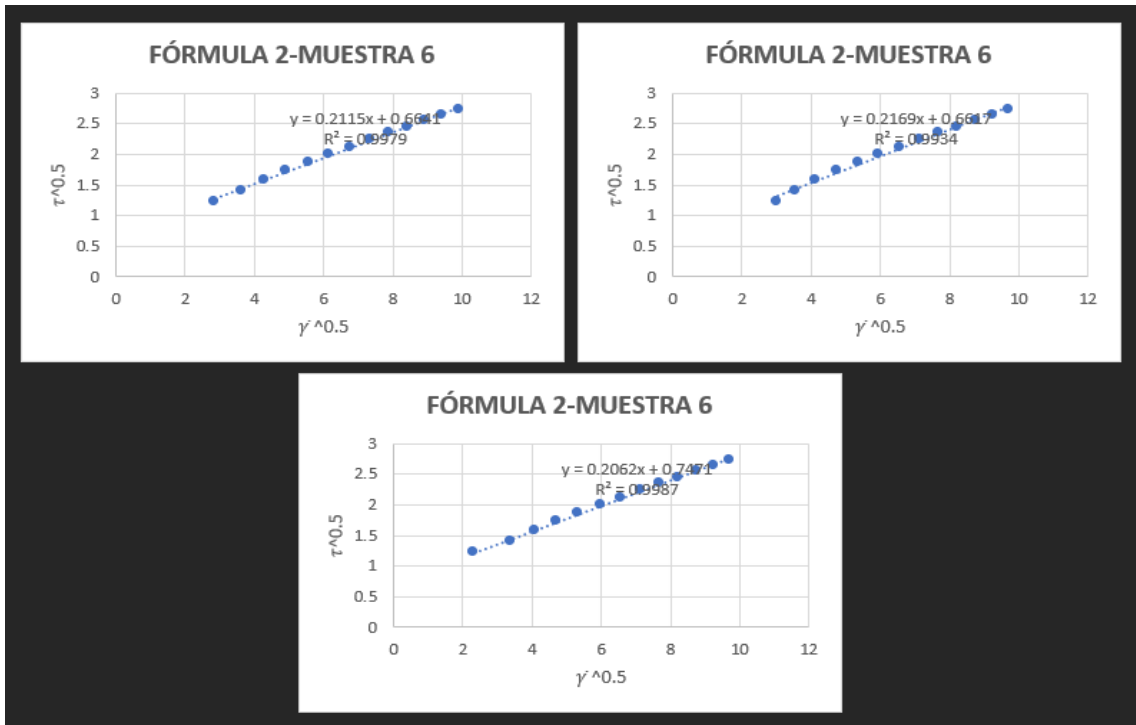
Formulación 2 – muestra 4 por triplicado



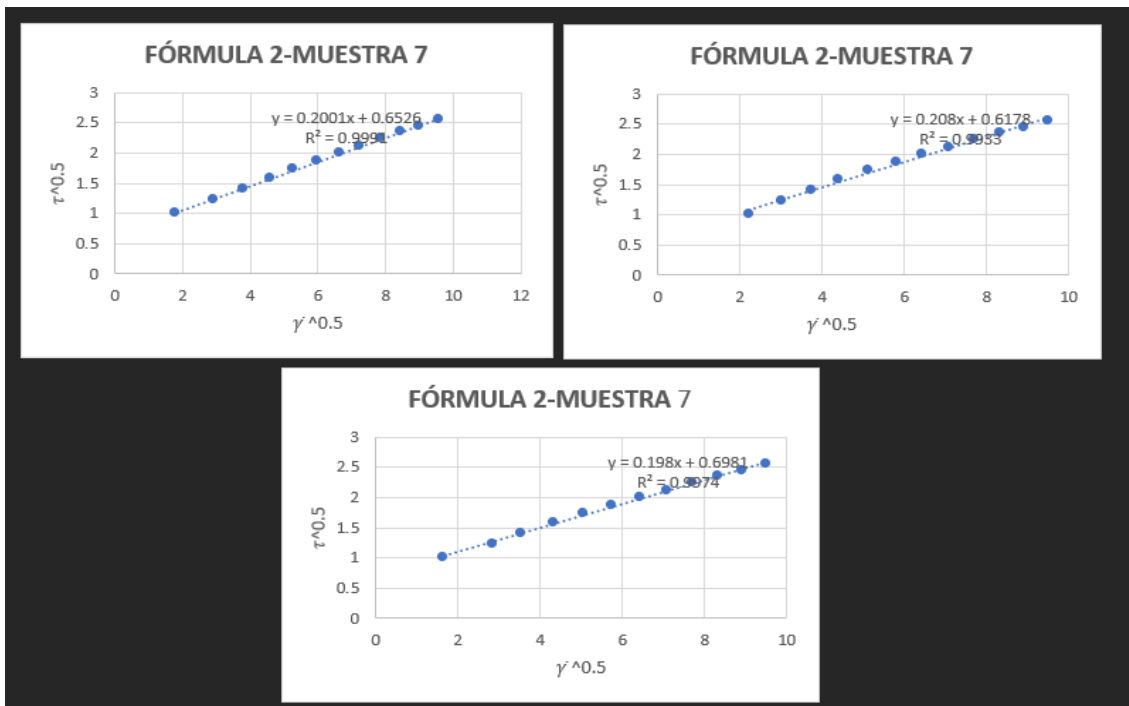
Formulación 2 – muestra 5 por triplicado



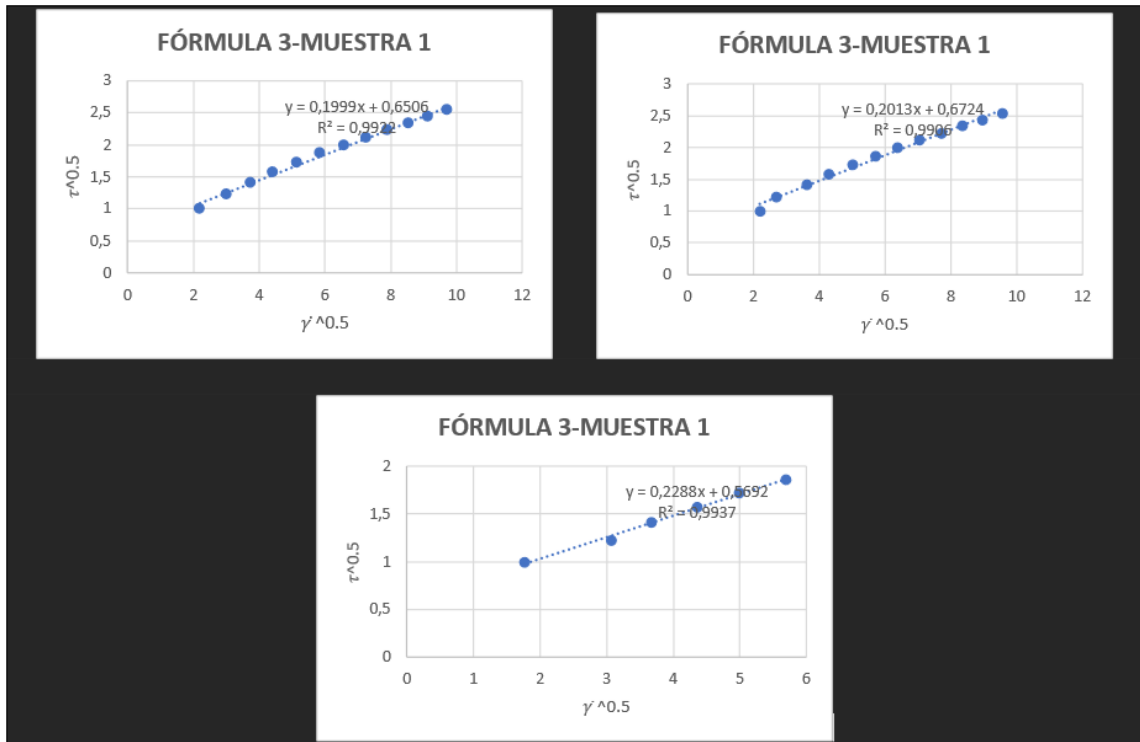
Formulación 2 – muestra 6 por triplicado



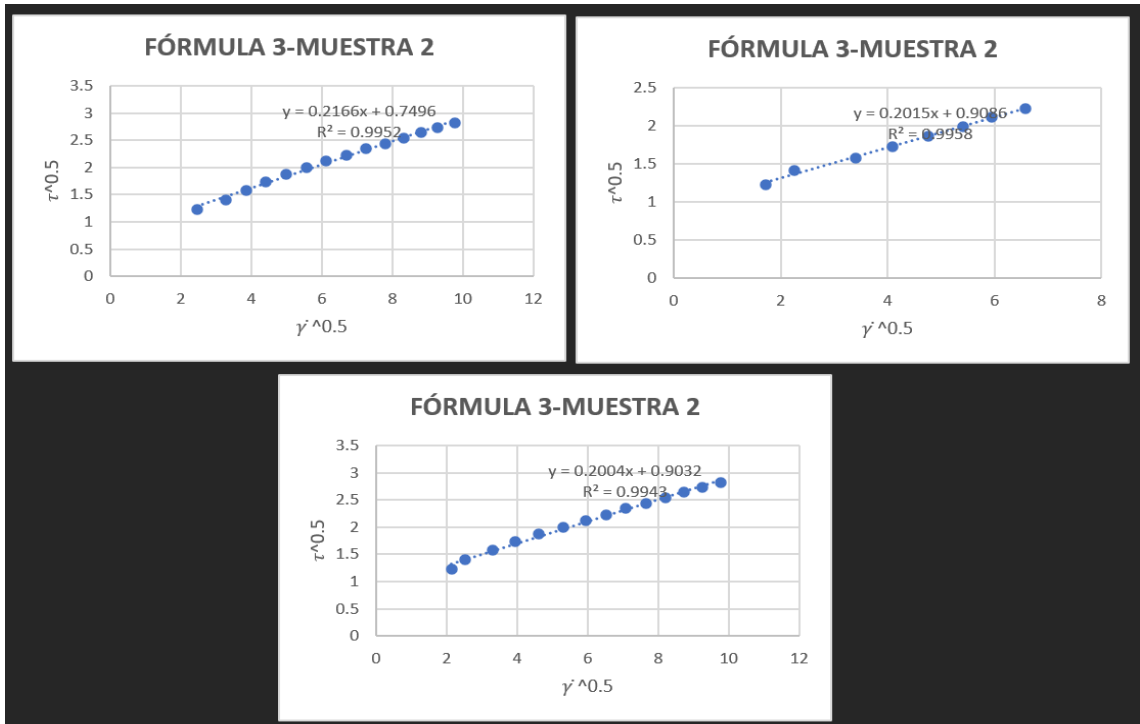
Formulación 2 – muestra 7 por triplicado



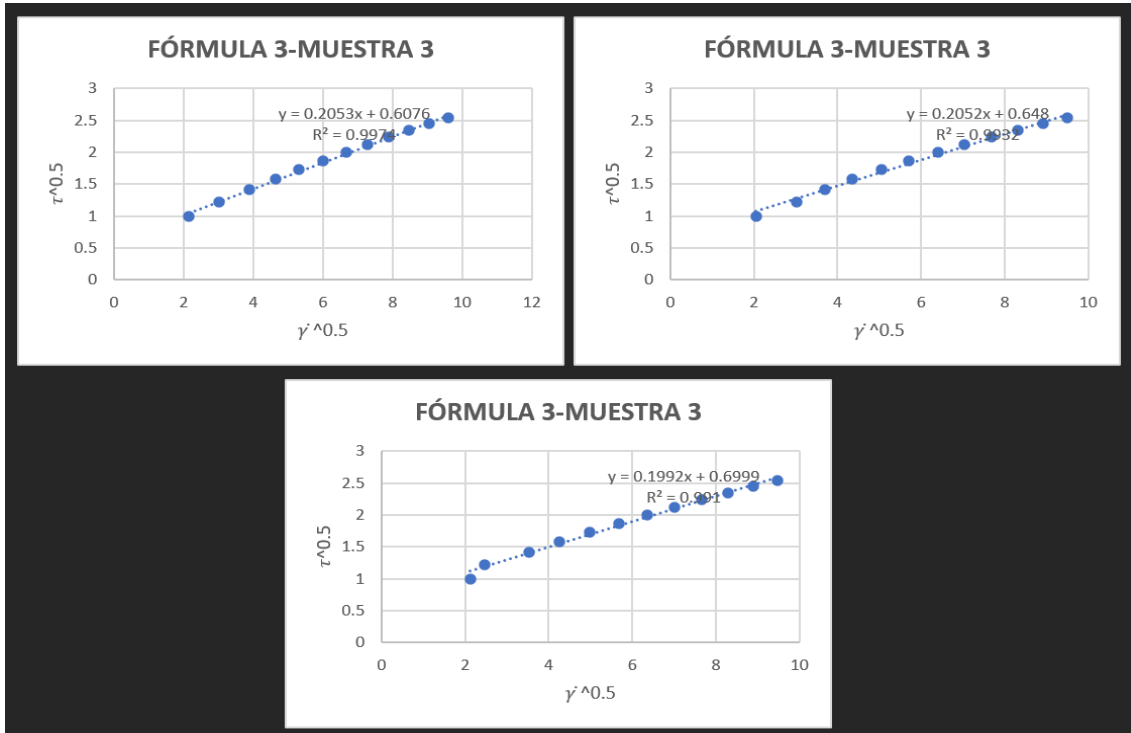
Formulación 3 – muestra 1 por triplicado



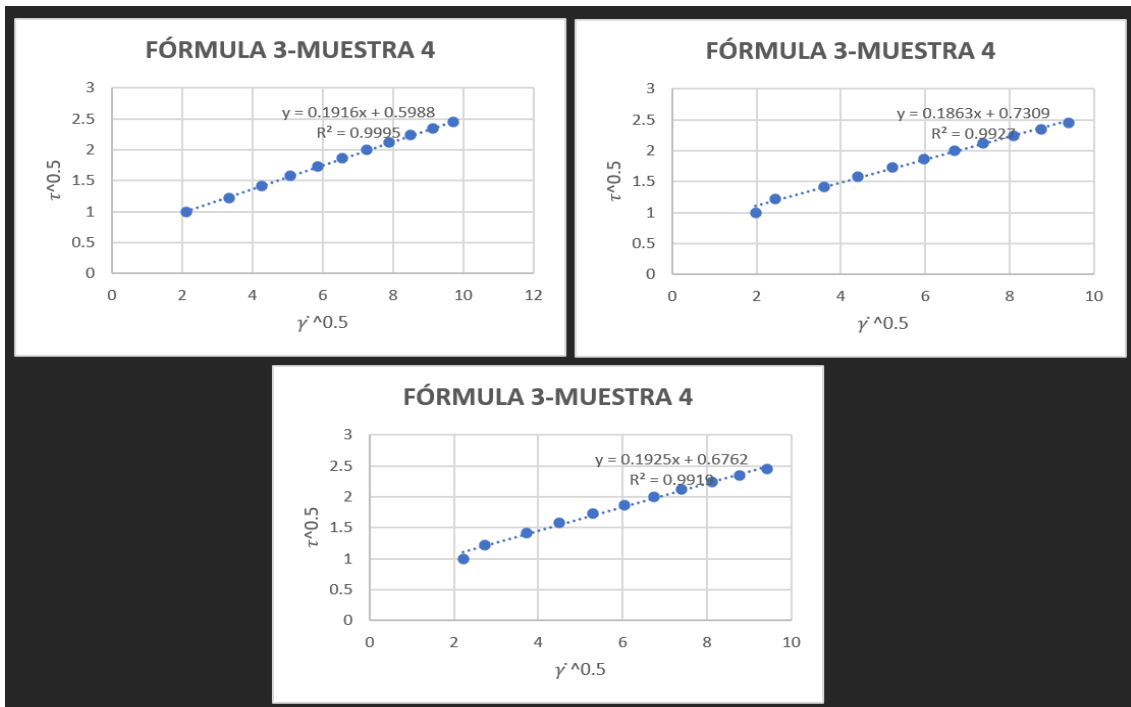
Formulación 3 – muestra 2 por triplicado



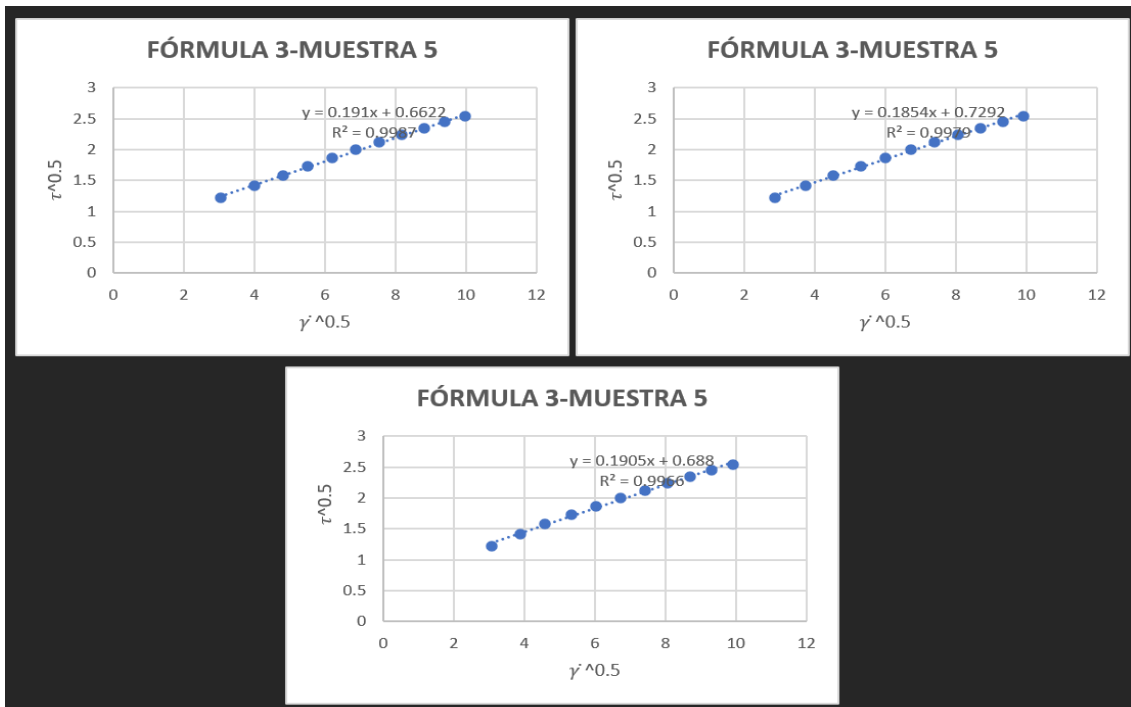
Formulación 3 – muestra 3 por triplicado



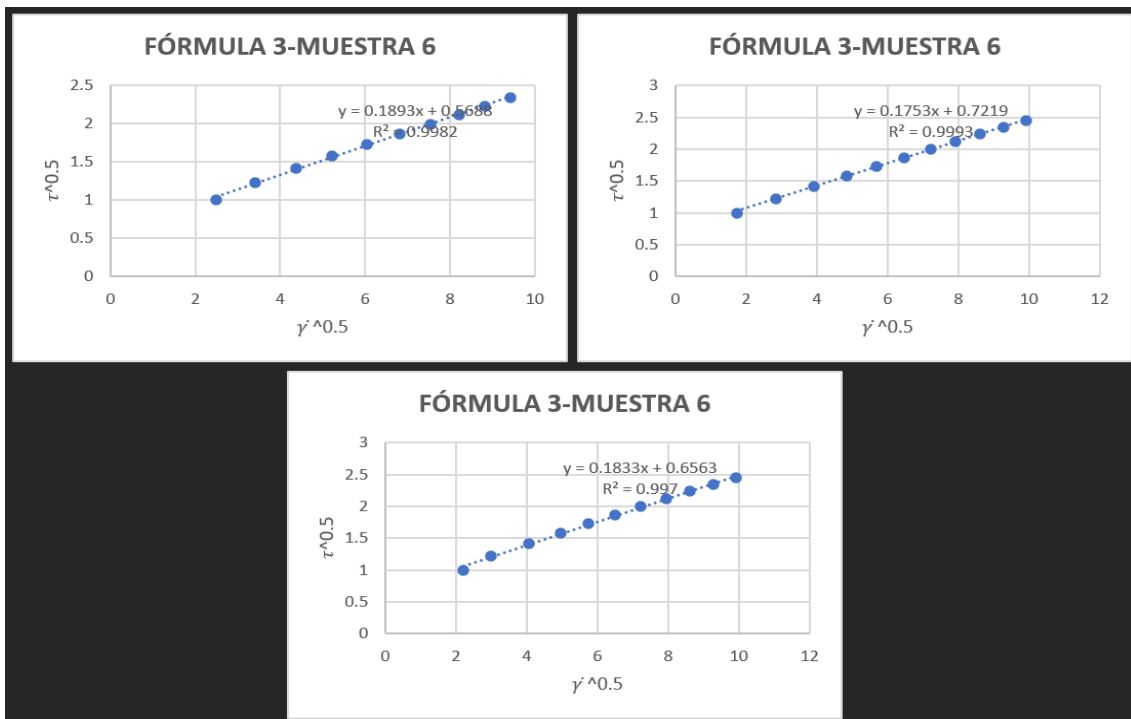
Formulación 3 – muestra 4 por triplicado



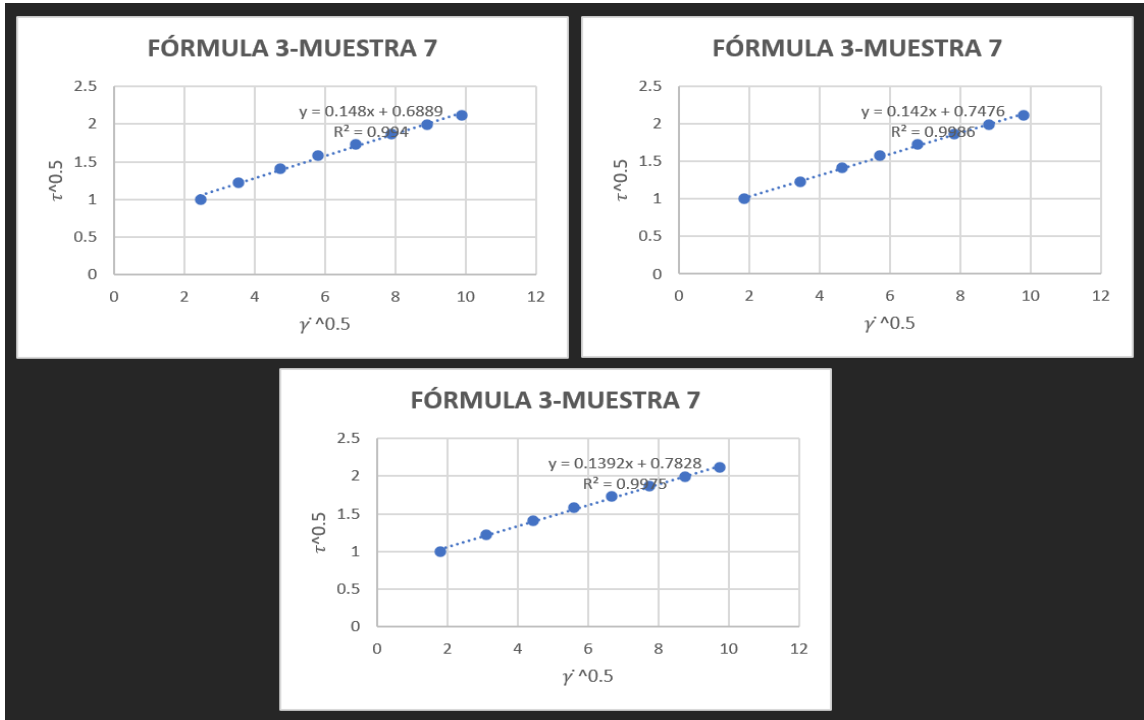
Formulación 3 – muestra 5 por triplicado



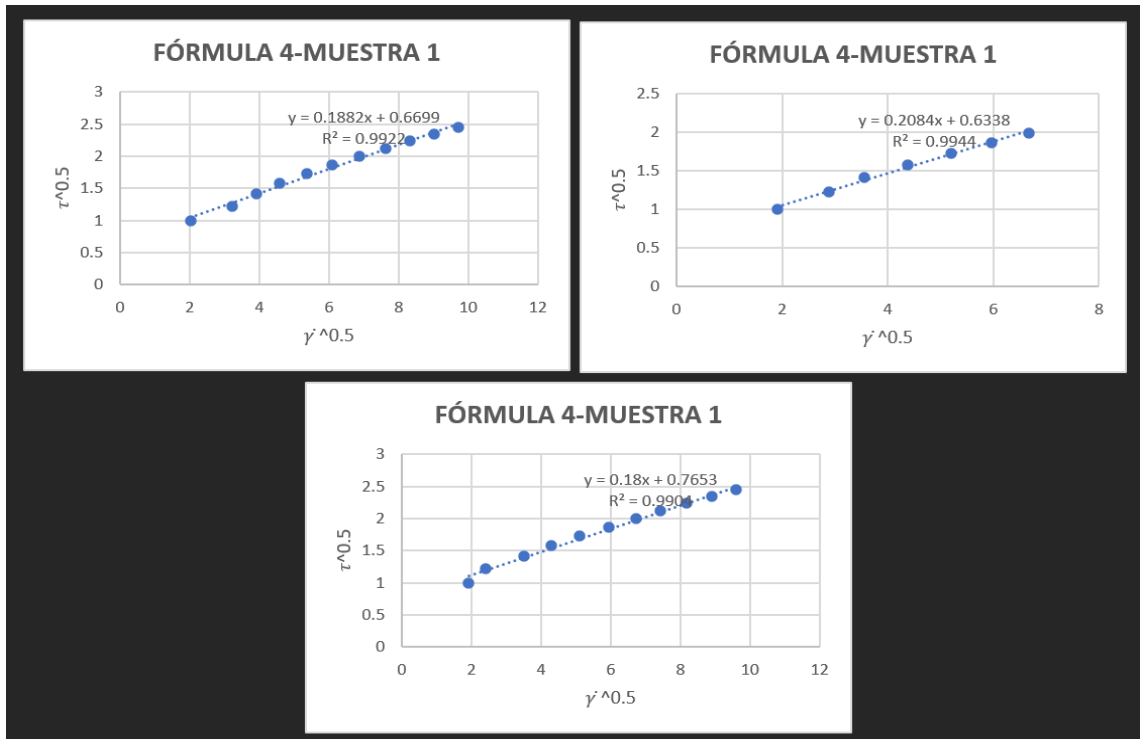
Formulación 3 – muestra 6 por triplicado



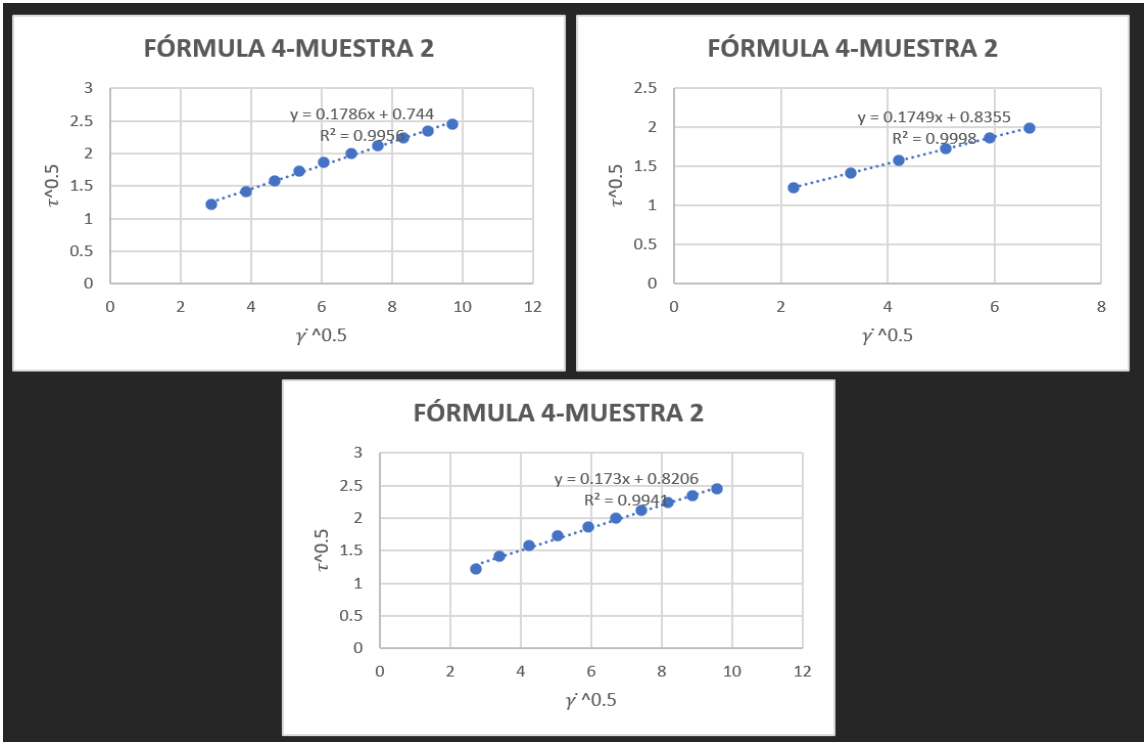
Formulación 3 – muestra 7 por triplicado



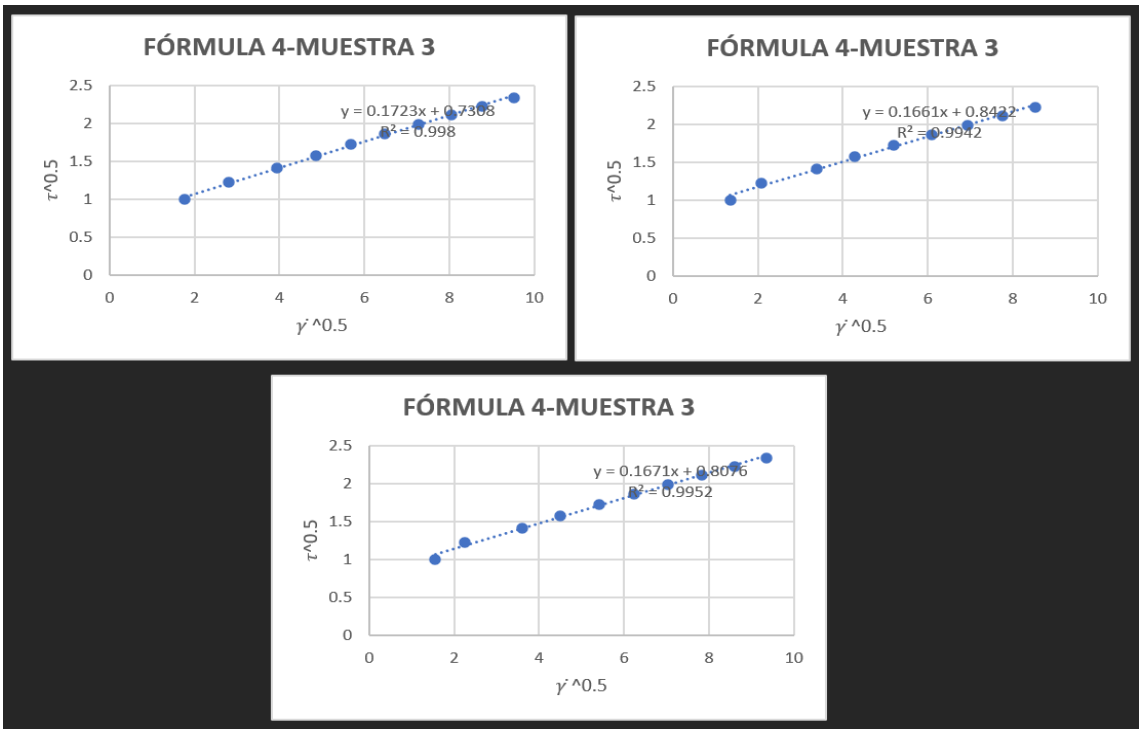
Formulación 4 – muestra 1 por triplicado



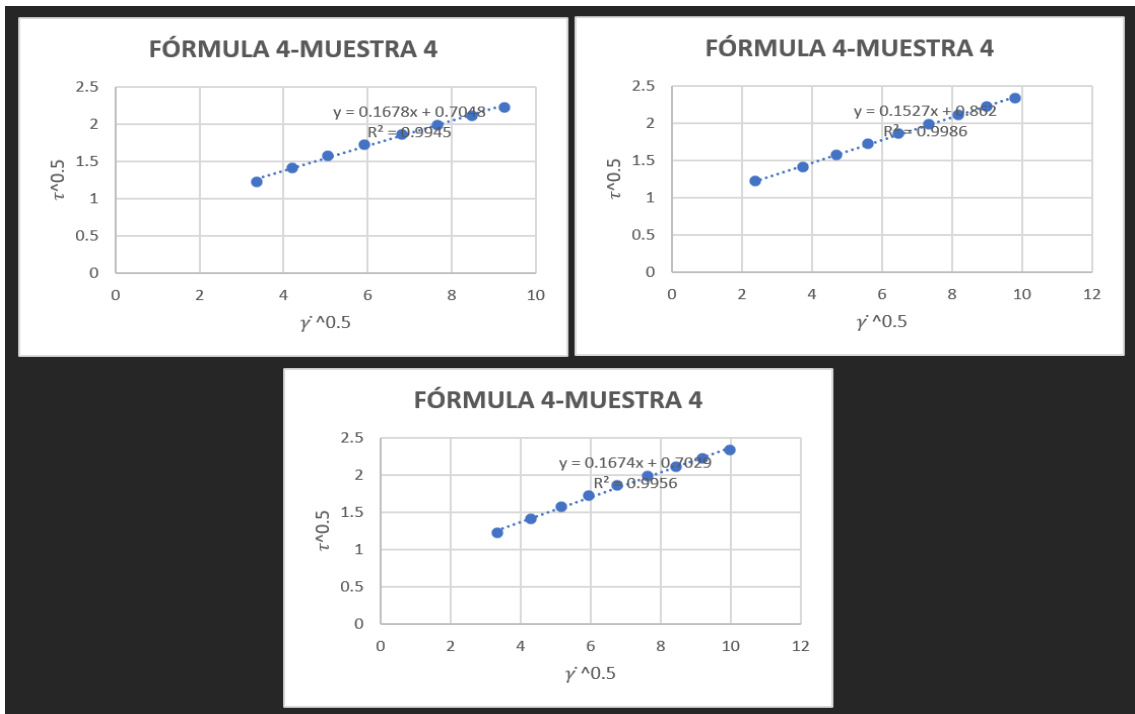
Formulación 4 – muestra 2 por triplicado



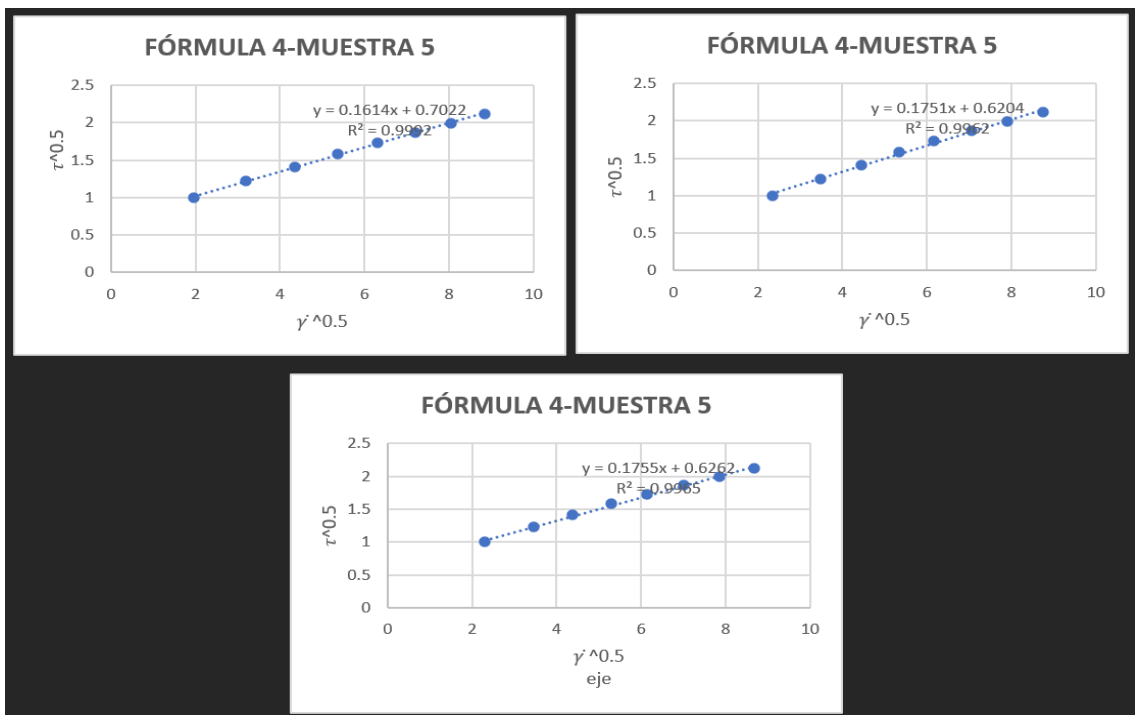
Formulación 4 – muestra 3 por triplicado



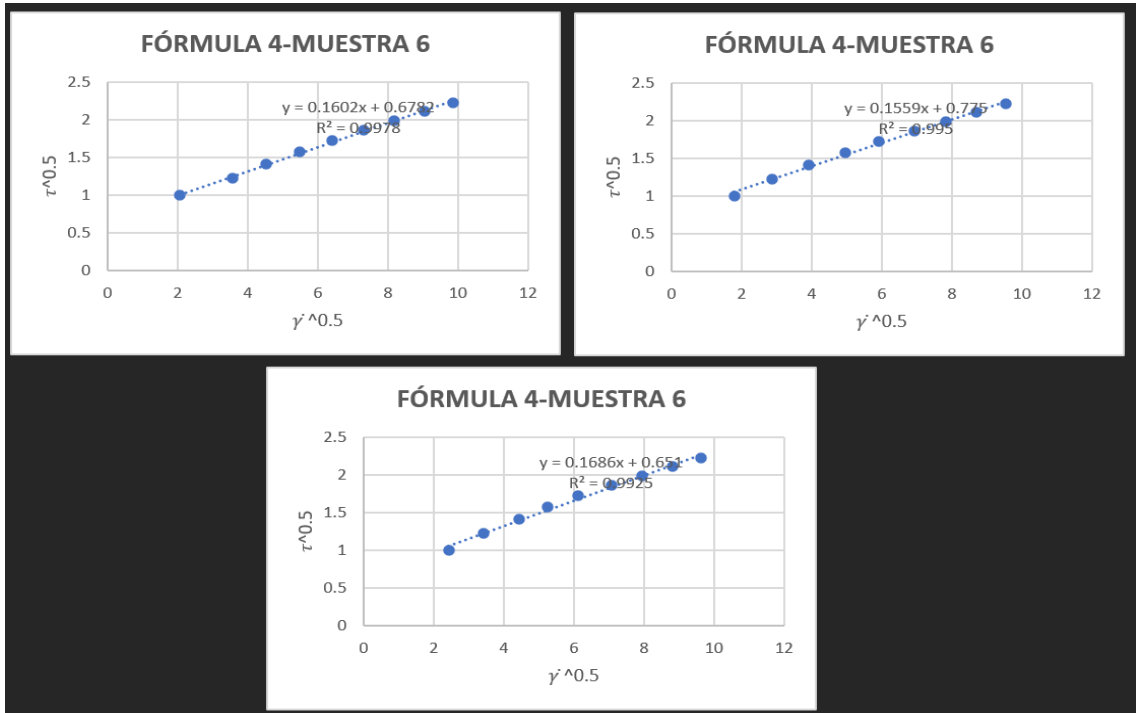
Formulación 4 – muestra 4 por triplicado



Formulación 4 – muestra 5 por triplicado



Formulación 4 – muestra 6 por triplicado



Formulación 4 – muestra 7 por triplicado

