

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**“FORMULACIÓN Y CONDICIONES DE TEMPERADO EN EL
DESARROLLO DE BARRA DE CHOCOLATE FUNCIONAL QUE
PERMITA INCREMENTAR SU RESISTENCIA AL CALOR.”**

POR

IRIS VANESA RAMÍREZ MARTÍNEZ

**RESUMEN DE PASANTIA PROFESIONAL PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector:

Lic.MSc. Roger Armando Arias Alvarado

Secretario general:

MSc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

Decano:

Dr. Francisco Lara Ascencio

Secretario:

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra

Jefe del departamento de Fitotecnia

Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios

Asesor interno

Ing. QCA. Haydee Esmeralda Munguía de Pérez

Asesor externo

Bióloga. Vianney Castañeda de Ábrego

Tribunal calificador

Ing. M.Sc. Raul Iraheta Villatoro

Ing. QCA. Haydee Esmeralda Munguía de Pérez

Ing. M.Sc. Sigfredo Ramos Cortez

Coordinador general de procesos de graduación

Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio

Índice

Contenido.....	pág.
1.Introducción	1
2.Información de la unidad productiva.....	2
2.1.Datos generales.....	2
2.1.1.Localización	2
2.1.2 Antecedentes	2
2.1.3. Recursos	3
2.2 Actividades actuales.....	5
2.2.1 producción principal y otras.....	5
2.2.2 Situación técnica	5
2.2.3 Situación administrativa.....	5
3. Análisis de la problemática en sector.....	6
4. Metodología	8
4.1 Talleres preliminares sobre el análisis de calidad de cacao seco, licor de cacao y chocolate.....	8
4.1.1. Análisis de control de calidad en grano seco	8
4.1.2. Catación de licor de cacao.....	11
4.1.3. Catación de chocolate	11
4.1.4 Formulación y elaboración de chocolate	11
4.2. Análisis de la manteca de cacao.....	11
4.2.1. Extracción de la manteca de cacao	11
4.2.2. Determinación del punto de fusión de la manteca de cacao	15
4.2.3 Observación microscópica de cristales de manteca de cacao	15
4.3 Formulación y elaboración de chocolate	20
4.3.1. Formulación de chocolate.....	20
4.3.2. Elaboración de chocolate	24
4.4 Temperado en chocolate	26
4.4.1. Métodos de temperado	28
4.4.2. Temperado automático usando la máquina temperadora chocovision.....	30
4.4.3. Floración de la grasa y el uso de lecitina como alternativa de solución.....	33
5.Resultados y discusión	35
5.1 Punto de fusión de 8 muestras de manteca de cacao	35
5.2 Morfología de los cristales de manteca de cacao	36

5.3 Temperado de chocolate.	40
5.4 Efecto del uso de lecitina en elaboración de chocolate.....	47
6. Conclusiones.....	51
7. Recomendaciones	52
8. Bibliografía	53
9. Anexos	57

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de CENSALUD	2
Figura 2. Situación administrativa.....	6
Figura 3. Procedimiento para la extracción de la manteca de semillas secas y tostadas de cacao con diferente origen genético.	12
Figura 4. Método del capilar para determinación de punto de fusión en manteca de cacao.....	16
Figura 5. Cristales de manteca de cacao y su transformación a formas más estables mediante el aumento de temperaturas.....	18
Figura 6. Preparación de muestras de manteca de cacao para observación microscópica.....	19
Figura 7. Fluidez del chocolate según el uso destinado.....	22
Figura 8. Balance de masas para chocolate negro al 60%.	23
Figura 9. Esquema que muestra los pasos para la elaboración de chocolate.	25
Figura 10. Elaboración de licor de cacao a partir del refinado de cacao premolido, utilizando maquina refinadora.....	24
Figura 11. Medición de granulometría en muestra de chocolate, utilizando un Grindometro.	26
Figura 12. Características en chocolate temperado y no temperado.	27
Figura 13. Pasos para el temperado de chocolate utilizando mesa de mármol.....	29
Figura 14. Pasos para el temperado manual en mesa de mármol.	29
Figura 15. Protocolo para temperado automático en maquina chocovision	31
Figura 16. Pasos para el temperado en maquina temperadora chocovision.....	33
Figura 17. Formación de “fatbloom” en barra de chocolate temperada, en ambas superficies de la tableta.	34
Figura 18. Cristales de manteca de cacao observados mediante un microscopio de luz polarizada a un aumento de 40x.	37
Figura 19. Cristales de manteca de cacao observados mediante luz polarizada.	38
Figura 20. Cristales observados mediante microscopia electrónica de barrido.	39
Figura 21. Cristales observados mediante microscopio de luz polarizada. La flecha señala la formación de un cristal tipo V, conformado por pequeñas estructuras cristalinas.....	40
Figura 22. Curva de temperado para chocolate negro.	41
Figura 23. Barras de chocolate temperado. Cara superior	42
Figura 24. Barras de chocolate temperado, cara posterior.....	42
Figura 25. Curva para temperado en maquina temperadora.	43
Figura 26. Barra de chocolate temperado en maquina temperadora. Cara superior. ...	44
Figura 27. Barra de chocolate temperado en máquina, cara inferior.	45

Figura 28. Barra de chocolate, utilizado lecitina. Cara superior.....	48
Figura 29. Barra de chocolate, utilizando lecitina. Cara posterior.	49

Índice de cuadros

Cuadro 1. Equipos y materiales.	4
Cuadro 2. Personal que labora en la institución.....	5
Cuadro 3. Principales pasos que se realizan en el análisis de control de calidad en grano de cacao seco.	9
Cuadro 4. Descripciones del proceso de extracción de manteca de cacao.	13
Cuadro 5. Tipos de cristales de la manteca de cacao y sus características.....	17
Cuadro 6. Clasificación del chocolate de acuerdo con su composición.	20
Cuadro 7. Temperaturas estándar para temperado de chocolate negro.....	27
Cuadro 8. Puntos de fusión de 8 genéticas diferentes de cacao.....	36
Cuadro 9. Comparación de características obtenidas mediante los métodos de temperado.	46
Cuadro 10. Factores ambientales que influyen en el proceso de temperado.....	50

Índice de anexos

Figura A 1. Hoja para el control de calidad en grano seco.....	57
Figura A 2. Clasificación de granos seco de cacao con base a sus características de fermentación	58
Figura A 3. Kit de aromas.	58
Figura A 4. Formulación de chocolate negro al 70% con lecitina como emulsionante .	59
Figura A 5. Máquina atemperadora Chocovision Minirev	59

Resumen

El desarrollo de la pasantía profesional se llevó a cabo en el laboratorio de investigación en cacao del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador, durante el periodo comprendido de julio de 2021 hasta mayo del 2022.

El trabajo consistió en un apoyo en torno a la formulación, elaboración y condiciones de temperado en barras de chocolate funcional, tomando como punto de partida las características de cristalización y el polimorfismo en la manteca de cacao, por lo que buena parte del estudio se centró en el análisis de diferentes muestras de manteca de cacao.

Como parte del proceso en el tema de cacao, se participó en diversos talleres informativos, así como también se realizó constante revisión bibliográfica con el objetivo de establecer las metodologías que serían guía para realizar los diferentes análisis.

Se logró determinar puntos de fusión en diferentes muestras de manteca de cacao, los cuales no demostraron ser lo suficientemente altos como para formular chocolate resistente al calor, sin embargo, mediante observación microscópica, se identificó la morfología de los tipos de cristales presentes en la manteca, encontrándose especialmente los cristales tipo V, los cuales son de interés durante el proceso de temperado.

Conociendo las características de cristalización y el polimorfismo, se desarrollaron pruebas de temperado para diferentes formulaciones de chocolate, empleando un método manual o mesa de mármol y un método automático, utilizando máquina temperadora chocovision. Luego de estandarizado dicho proceso y habiendo elaborado la curva de temperado, se determinó que no existen diferencias entre ambos métodos de temperado, pues las tabletas de chocolate evaluadas presentaron buenas características de brillo, chasquido y textura.

Como alternativa de solución para evitar el afloramiento de la grasa en barras de chocolate, se utilizó lecitina en la formulación, en un porcentaje del 0.3%, obteniéndose buenos resultados, ya que no hubo afloración y mejoró notablemente en cuanto al brillo.

1.Introducción

El temperado de chocolate es el paso final dentro del proceso de elaboración de chocolate, importante en la obtención de barras de chocolate con buen brillo, crocantes y textura suave, sin embargo, lograr un buen temperado no es solo cuestión de seguir indicaciones establecidas, que, por lo general, no siempre presentan buenos resultados, sino que hay muchos factores que deben ser considerados debido a su incidencia en el resultado final.

Uno de estos factores, es la manteca de cacao, al ser una matriz grasa con solidos de cacao, es la encargada de dar brillo y resistencia a la barra de chocolate, esto debido al polimorfismo de sus cristales y su punto de fusión.

El estudio de las características de cristalización y punto de fusión en mantecas de cacao se relaciona con el proceso de temperado, pues lo que se busca es la formación de cristales de grasa altamente estables en tamaño y cantidad correctos que permita formar una red homogénea, así mismo, determinar las causas del afloramiento de la grasa y las condiciones requeridas para un adecuado proceso de temperado.

Sumado a esto, es de gran importancia la formulación de chocolate y el conocimiento del perfil de cacao a utilizar, ya que esto determina hasta que porcentaje de cacao se puede elaborar un chocolate, aprovechando de forma correcta su contenido graso y perfil de sabores, pues el chocolate es un producto que busca deleitar el paladar del consumidor y al mismo tiempo aportar beneficios a la salud.

Teniendo el conocimiento sobre cómo lograr un buen temperado, formular chocolate de acuerdo con las características del cacao y el control de las condiciones ambientales que inciden durante dicho proceso, es posible aportar valiosa información que sea una guía para mejorar el proceso de elaboración de chocolate, permitiendo la fabricación de barras con buenas características sensoriales y una vida útil estable.

2. Información de la unidad productiva

2.1. Datos generales

2.1.1. Localización

El Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), se encuentra ubicado en la dirección Final, 25 Av Norte, San Salvador, Ciudad Universitaria.

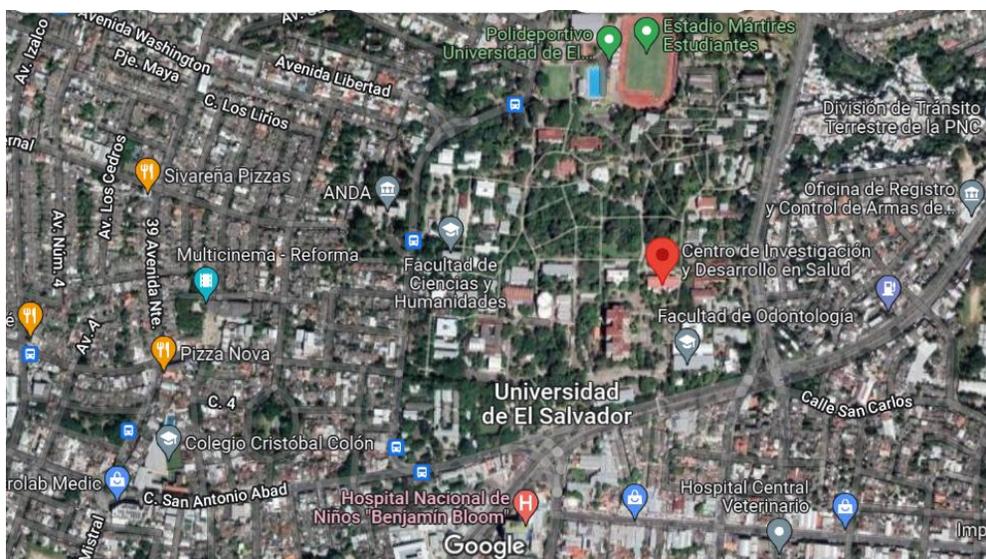


Figura 1. Ubicación geográfica de CENSALUD

Fuente: Google maps

2.1.2 Antecedentes

En 1998, las autoridades de la Universidad de El Salvador suscribieron un convenio con el Gobierno Español destinado al desarrollo de facilidades de infraestructura y equipamiento para promover la investigación en el área de las ciencias de la salud.

La Asamblea Legislativa de El Salvador aprobó, a instancias de la rectoría de la Universidad de El Salvador, un préstamo otorgado por el Gobierno de España para reconstruir el edificio destruido por el terremoto de 1986.

El Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), quedó adjunto a la Universidad de El Salvador, contando con todo su equipamiento, el cuál fue inaugurado el 24 de febrero de 2003. El mismo cuenta con una infraestructura para lograr el desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas, por tanto,

representa una oportunidad y un nuevo reto para la Universidad de El Salvador (ECURED, 2020).

CENSALUD cuenta con laboratorios especializados que fueron instalados entre los años 2002 y 2003, con el propósito de contribuir a la prevención y desarrollo de la salud vinculada a la problemática de la sociedad salvadoreña a través de la investigación científica.

A través de sus laboratorios, CENSALUD lleva a cabo diferentes líneas de investigación:

- ✓ Políticas y sistemas de salud
- ✓ Promoción y prevención de salud
- ✓ Enfermedades crónicas
- ✓ Enfermedades infecciosas
- ✓ Salud y medio ambiente
- ✓ Seguridad alimentaria y nutricional
- ✓ Enfermedades genéticas y congénitas

2.1.3. Recursos

2.1.3.1 Naturales

El edificio cuenta con servicio agua potable proveniente de ANDA.

2.1.3.2 Instalaciones y equipo

El edificio de CENSALUD cuenta con 3 niveles, en los cuales se encuentran sus 6 laboratorios especializados y equipados con las herramientas tecnológicas necesarias para llevar a cabo sus diferentes líneas de investigación:

- ✓ Laboratorio de Entomología de Vectores
- ✓ Laboratorio de Análisis Físico Químico
- ✓ Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido
- ✓ Laboratorio de Microbiología y Biotecnología
- ✓ Laboratorio de Experimentación Animal
- ✓ Laboratorio de Biología Molecular

Las investigaciones sobre seguridad alimentaria y nutricional son llevadas a cabo en el laboratorio de biología molecular, dentro del cual se encuentra un área designada específicamente para investigación en cacao. Dicha área cuenta con un espacio para trabajar todo el proceso agroindustrial del grano de cacao, y otra área para realizar los análisis químicos requeridos. En el cuadro 1 se detallan los diferentes equipos con los que cuenta el laboratorio y que han sido utilizados a lo largo de la pasantía.

Cuadro 1. Equipos y materiales.

Equipos y materiales en áreas de trabajo		
Equipos	Cantidad	Materiales en general
Balanzas	4	Espátulas de plástico
Termómetro infrarrojo	1	Bandejas
Termómetro digital	1	Tablas de plástico para picar
Humedímetro	1	Espátulas de acero para temperar
Grindómetro	1	Moldes para chocolate
Horno tostador de grano	2	Cristalería en general
Enfriador de grano tostado	1	Tubos capilares
Molino para granos	2	Envases de vidrio para almacenamiento de cacao
Maquina descascarilladora	1	Papel toalla
Molino para nibs	1	Papel aluminio
Refinadoras	4	Porta y cubre objetos
Maquina extractora de manteca de cacao	1	Kit de aromas
Guillotina	1	
Maquina temperadora	1	
Baño maría	3	
Cocina de mesa	1	
Nevera	1	
Centrifuga	1	
Estufa	1	
Hot plate	4	
Mesa de mármol		
Microscopio óptico	4	
pHmetro de laboratorio	2	
Deshidratador	1	
Mechero bunsen	4	

2.1.3.3 Humanos

La institución cuenta con personal asignado en administración, investigación y servicios generales, detallado en el cuadro 2.

Cuadro 2. Personal que labora en la institución.

Dirección	Investigadores	administrativo	Servicios generales	Total personal
1 persona	6 personas	1 persona	8 personas	16 personas

Fuente: Plan operativo anual, 2022, CENSALUD.

Aparte del personal del edificio, también se encuentran estudiantes de biología, química y farmacia, química, agroindustria, entre otras, realizando procesos de tesis u horas sociales, bajo la asesoría del personal dedicado a la investigación.

2.2 Actividades actuales

2.2.1 producción principal y otras

La actividad principal de CENSALUD es la investigación y divulgación científica, en apoyo con estudiantes que se encuentren realizando su servicio social o proyecto de tesis. Algunas de sus investigaciones más recientes:

- Estudio de calidad de agua para consumo humano
- Factores que inciden en el crecimiento de bacterias en las Tilapias, en apoyo con CENDEPESCA Y el MAG.
- Acerca de las enfermedades dengue, Zika, Chikungunya, el mal de Chagas y la Leishmaniasis

2.2.2 Situación técnica

Como se menciona anteriormente, los laboratorios cuentan con equipo tecnológico especializado, adquirido mediante la gestión de fondos con cooperantes nacionales e internacionales, de tal forma que se brinden las condiciones adecuadas para llevar a cabo las investigaciones. El personal de investigación cuenta con estudios especializados en las áreas de trabajo asignadas.

2.2.3 Situación administrativa

La organización de la institución se presenta en el siguiente organigrama (figura 2).

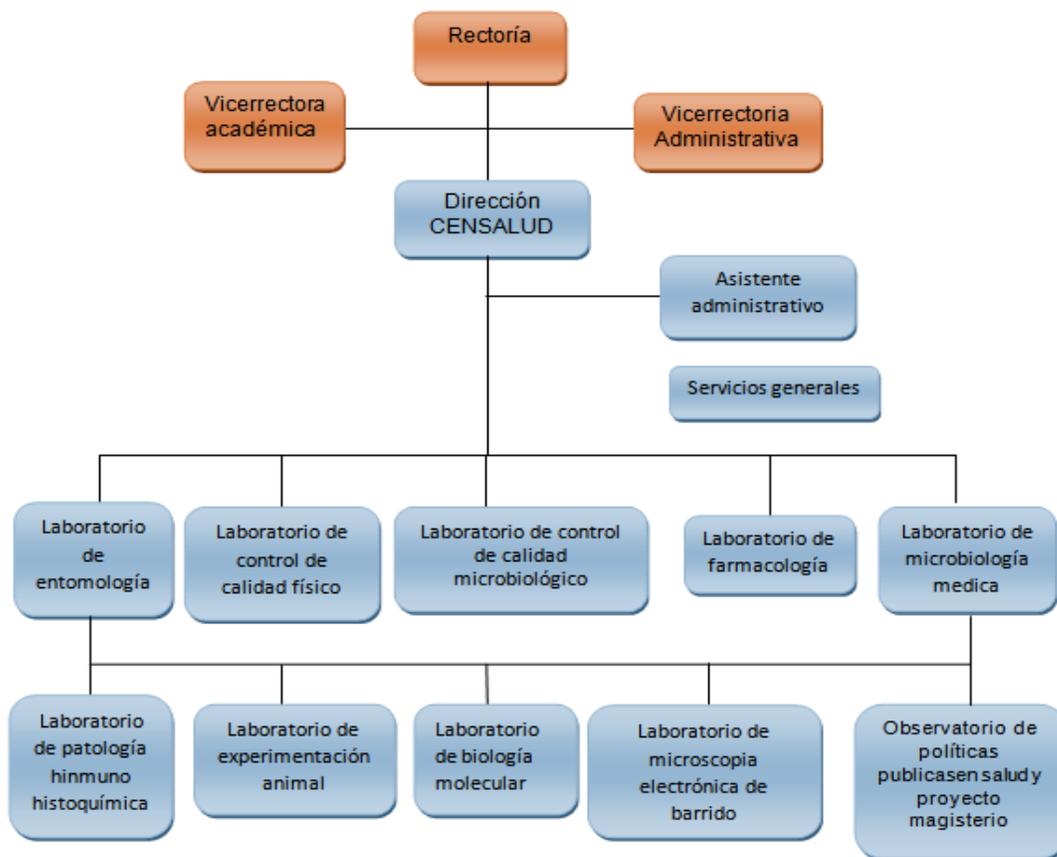


Figura 2. Situación administrativa

Fuente: Plan operativo anual, 2022, CENSALUD.

3. Análisis de la problemática en sector

En apoyo al sector agroindustrial dedicado a la producción y procesamiento de cacao, se buscan alternativas que ayuden a mejorar la calidad del chocolate para aumentar su valor agregado, esto tiene como paso fundamental la investigación y generación de resultados, los cuales son base para mejorar los procesos productivos, en este caso, la elaboración y temperado de chocolate.

El temperado se define como el proceso mediante el cual la masa de chocolate es tratada térmicamente para producir una fracción de cristales de grasa altamente estables, homogéneamente dispersados, de tipo, fracción y tamaño correctos, creando una red homogénea de cristales de grasa durante el enfriamiento (Callebaut, B. Sf).

Actualmente se tiene poco conocimiento acerca del proceso de temperado en función del tipo y origen de la manteca de cacao, así como también de las tecnologías a utilizar, ya que la composición de la manteca de cacao, el arreglo y los tipos de cristales presentan un complejo comportamiento polimórfico decisivo para la obtención de las propiedades deseadas del producto final

Un buen temperado brinda una tableta de chocolate con brillo, chasquido, textura agradable al paladar y una vida útil estable, ya que uno de los problemas que se ocasiona por un mal temperado es la floración de la grasa, aspecto que, si bien no afecta su sabor, genera un defecto de apariencia, que, por lo general, es desagradable para el consumidor (Notman,2015).

La formulación de chocolate es uno de los factores más importantes no solo en la elaboración sino también en el temperado, pues no se trata únicamente de seguir formulas establecidas teóricamente, sino más bien de conocer a exactitud la composición grasa del cacao utilizado, de tal forma que, mediante ecuaciones de balance de masa, se logre establecer valores reales en cuanto porcentajes de manteca y licor a emplear, logrando así una optimización de la manteca de cacao.

Para el chocolate se necesitan cristales en la manteca lo suficientemente estables para que el producto forme tabletas o barritas consistentes, pero que se partan con facilidad, esto se logra mediante la caracterización de los tipos de cristales presentes en la manteca de cacao, conociendo los puntos de fusión y de cristalización, de tal forma que se pueda generar la curva de temperado que permita estandarizar el proceso a la hora llevarlo a cabo, ya que se busca elaborar una tableta de chocolate con características agradables(Caravias, H. 2009).

Estandarizar el proceso de temperado es un reto, ya que este varia y presenta diferentes resultados en función de diversos factores, como se menciona anteriormente, uno de ello es el origen y el tipo de manteca utilizada, por lo que es importante analizar la problemática desde el punto de vista químico y morfológico, así como también englobar todo aquello que influye en el resultado final.

4. Metodología

4.1 Talleres preliminares sobre el análisis de calidad de cacao seco, licor de cacao y chocolate.

Se desarrollaron talleres informativos en relación con temas de interés sobre el cacao y su elaboración, cuyo objetivo principal fue proporcionar una base teórica práctica que facilitara el desempeño de las actividades programadas como parte de la metodología.

4.1.1. Análisis de control de calidad en grano seco

El objetivo fue obtener conocimiento y práctica acerca de las pruebas que deben realizarse al cacao seco y así determinar las características de la variedad, permitiendo mantener la trazabilidad que garantice la calidad del chocolate.

Las pruebas realizadas también se emplearon en las diferentes muestras de cacao procesadas a lo largo de la pasantía. Finalizado el control de calidad en grano seco, se llena una hoja de evaluación (figura A1). Es importante aclarar conceptos detallados en dicha hoja, ya que describen la calidad del grano.

Según CAOBISCO/ECA/FCC. (2015), se describe la calidad del grano de cacao de la siguiente forma.

Grano plano: grano de cacao demasiado delgado como para obtener una superficie completa de los cotiledones a cortarlo.

Grano germinado: aquél cuyo germen de la semilla ha perforado la cascara, dejando a la vista un agujero en la cascara tras su desprendimiento.

Grano pizarroso: grano que muestra un color pizarroso en al menos la mitad de la superficie de los cotiledones expuestos por la prueba de corte.

Grano violeta: grano que muestra un color violeta o morado en al menos la mitad de la superficie de los cotiledones expuestos por la prueba de corte.

El cuadro 3 describe cada una de las pruebas realizadas y los parámetros considerados en cada análisis.

Cuadro 3. Principales pasos que se realizan en el análisis de control de calidad en grano de cacao seco.

Contenido de humedad	
<p>Utilizando un humidímetro (a), se colocó una muestra de por lo menos 15 granos y se le realizó 3 mediciones, de las cuales se obtuvo el promedio y se colocó el dato en la hoja de evaluación.</p> <p>Este mismo procedimiento se realizó 3 veces, obteniendo 3 promedios, y de estos se determinó un promedio final. Según CAOBISCO/ECA/FCC. (2015) un valor de 6.5 y 7% es adecuado.</p>	<p>a)</p> 
Índice de grano	
<p>Esta prueba sirve para determinar el peso promedio de los granos de cacao en una muestra de 100 granos.</p> <p>Para ello, se mezcló la muestra y luego se dividió en 4 partes iguales (b), se fue tomando granos hasta completar las 3 muestras de 100 granos cada una, se pesó en balanza, luego se sacó promedio de los 3 valores. Así se determinó el peso promedio por grano.</p> <p>El peso ideal debería ser 1 g. por grano de cacao (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015)</p>	<p>b)</p> 

Prueba de corte de granos enteros

Se tomó una muestra al azar de 50 granos y se colocaron en la guillotina (c), la cual realizó el corte longitudinal del grano, quedando expuestas las partes internas (surcos, coloración, partes dañadas, insectos, moho, germen) que son las que permiten determinar las características de un grano: pizarroso, bien fermentado, parcialmente fermentado, violeta, sobrefermentado y dañado por insecto u hongo (ver A2). Se contabilizó cada uno de estos granos encontrados y se obtuvo porcentaje con respecto a la muestra que se tomó. Un cacao bien fermentado debe contener un 75% de fermentación (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015).

c)



Determinación de pH

Se tomó una muestra de granos de cacao y se molieron en un molino especial para granos, luego se pesó una muestra de 10 g. los cuales fueron diluidos en agua caliente, se filtró y luego se realizó la medición mediante el pH metro (d).

El pH óptimo para un cacao de calidad debe encontrarse en un rango de 5.1 a 5.4, ya que un pH menor a 5 indica presencia de ácidos no volátiles indeseables que dan al producto aromas desagradables. Para este caso el pH fue de 5.4 (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015).

d)



Fuente: Adaptado de CAOBISCO/ECA/FCC, 2015.

4.1.2. Catación de licor de cacao

El objetivo principal fue capacitar al estudiante mediante conocimientos y prácticas que permitan desarrollar de manera adecuada el proceso de catación de una muestra de licor de cacao, una herramienta de gran ayuda fue el kit de aromas (figura A3), el cual está compuesto por 46 diferentes tipos de aromas, entre las diferentes notas aromáticas se encuentran: florales, frutos verdes, frutos rojos, maderables, especias, entre otros.

La información obtenida de la catación de licores de cacao, fue plasmada en una ficha para el análisis sensorial de cacao, ficha obtenida a partir del modelo propuesto por USAID (2018).

4.1.3. Catación de chocolate

Mediante el análisis de diferentes muestras de chocolate fino y de aroma, se puso a prueba los conocimientos adquiridos sobre la catación, y fueron aplicados en la determinación de las notas florales, frutales o especias presentes en cada muestra de chocolate, de tal forma que se lograra tener una base y experiencia sobre como catar de forma adecuada un chocolate.

4.1.4 Formulación y elaboración de chocolate

Se participó en charlas virtuales impartidas por un especialista de la industria chocolatera, siendo uno de los temas de mayor aplicación la formulación de chocolate a partir de un balance de masas. Se explicó acerca de la importancia de conocer el perfil del cacao que se está trabajando, tanto en aromas como en sabores, ya que esto es una base fundamental para formular, de tal forma que se resalten aquellos atributos presentes en el cacao.

4.2. Análisis de la manteca de cacao

4.2.1. Extracción de la manteca de cacao

Se trabajó con 8 muestras de cacao de diferente origen genético, se estableció el flujograma (figura 3) y se procedió a extraer la manteca de cada muestra. A continuación, se presenta el lugar de origen de cada una de las muestras analizadas.

1. IICOEX004 Cooperativa Tecpan Izalco
2. IICOEX006 Finca ERL Zapote
3. IICOEX008 Cooperativa Los Nonualco
4. IICOEX010 Finca Victoria
5. IICOEX015 Empresas Palomo S.A de C.V
6. IICOEX016 Cooperativa cacao orgánico fino de aroma
7. IICOEX027 Cooperativa Barra ciega
8. IICOEX018 Acalpina S.A de C.V

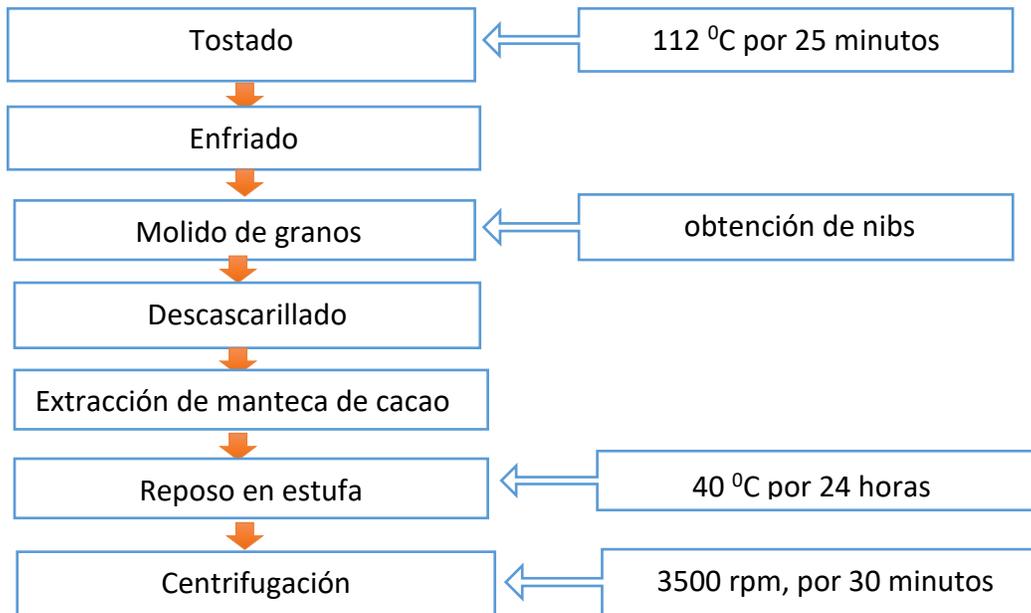


Figura 3. Procedimiento para la extracción de la manteca de semillas secas y tostadas de cacao con diferente origen genético.

Basado en el flujograma para la extracción de manteca de cacao, se llevó a cabo la obtención de mantecas provenientes de cacao de diferente origen genético, teniendo en cuenta diferencias en los procesos de tostado, ya que en función del

tamaño y cantidad de grano que se disponía, fue necesario tener un control de tiempos y temperaturas para evitar que el grano se quemara. Este proceso se realizó no solo para la obtención de muestras, sino también para extraer manteca que sería utilizada en la formulación y elaboración de chocolate.

El cuadro 4 detalla cada una de las acciones realizadas hasta obtener la manteca de cacao.

Cuadro 4. Descripciones del proceso de extracción de manteca de cacao.

Obtención de manteca de cacao	
<p>a)</p> 	<p>Utilizando el horno tostador comercial compacto, marca cocotown, (a), se inició el proceso de tostado en el grano de cacao, el cual cumplió con las características de calidad determinadas mediante el análisis de calidad en grano seco.</p> <p>Tiempo: 50 minutos Temperatura. 130 °C</p>
<p>b)</p> 	<p>Inmediatamente se realizó el enfriado del grano recién tostado, utilizando un enfriador mecánico, marca cocotown (b). Cuando el grano se enfrió, se procedió a molerlos en un molino para granos.</p>

c)



Luego del molido, se obtienen los nibs. Se le denomina así al grano de cacao tostado y molido, que mediante una maquina descascarilladora, elimina la cascarilla, quedando solo el nibs de cacao. Fue de esta forma como se llevó a cabo el proceso de descascarillado (c). También puede realizarse de forma manual.

d)



Los nibs de cacao se colocaron en la máquina para la extracción de la manteca de cacao (d). Mientras que en el beaker se depositó la manteca con sólidos del cacao, por el otro lado se obtuvo pasta o torta de cacao, la cual fue depositada en un recipiente.

e)



Al finalizar, se obtuvo la manteca con sólidos de cacao (e), y para lograr obtenerla en su estado puro, se dejó reposar en estufa a una temperatura de 30 °C por 24 horas, lo que permitió separar la mayor parte de la manteca por decantación, y para completar el proceso de separación, se utilizó una centrifugadora, realizando el respectivo proceso a 3500 rpm por 30 minutos.

Una vez obtenida la manteca fue decantada en pequeños recipientes de plástico, los cuales posteriormente fueron almacenados en nevera.

4.2.2. Determinación del punto de fusión de la manteca de cacao

En el chocolate, los compuestos grasos constituyen la fase continua en la cual el resto de los ingredientes están contenidos. Por consiguiente, las características de derretimiento de la grasa utilizada son importantes en la estabilidad del chocolate en los climas tropicales (Food-Info, 2021).

A través de la revisión bibliográfica, se estableció que el punto de fusión sería un importante parámetro de calidad en mantecas para elaboración de chocolate resistente al calor, por lo que se desarrolló la metodología de laboratorio para su determinación.

Según León, S. 2018, se define el punto de fusión como la temperatura a la cual la muestra se vuelve lo suficientemente fluida para subir en un tubo de capilar abierto. Bajo este principio, el mismo autor desarrolló una metodología para determinar el punto de fusión en mantecas, misma que es resumida en la figura 4, en la cual se detalla cada uno de los pasos aplicados en la determinación del punto de fusión de 8 muestras de manteca de cacao, tal como muestran las imágenes, se utilizó el método del capilar.

4.2.3 Observación microscópica de cristales de manteca de cacao.

Como parte del análisis de la manteca, se realizó la observación microscópica de dichas muestras, con el objetivo de estudiar el polimorfismo de la manteca de cacao, mismo que se define a continuación.

El polimorfismo es la propiedad que tienen las materias grasas y otros materiales de formar más de un tipo de celda unidad. Un sólido cristalino puede describirse como la repetición en el espacio de una celda unidad (Rincón, J. 2013).

Estas celdas pueden tener distintas geometrías y poseer distintas propiedades como punto de fusión. En el caso de la manteca de cacao, esta contiene las formas polimórficas que se conocen como I, II, III, IV, V, VI en orden de estabilidad termodinámica creciente. Cada forma polimórfica tiene un punto de fusión y una

celda cristalina que lo caracteriza. Al calentar las formas polimórficas meta estables se convierten en la forma V (Rincón, J. 2013).

Mediante la observación al microscopio, se propuso determinar la presencia y morfología de las formas polimórficas, ya que poseen diferentes propiedades y características, tal como se detalla en el cuadro 5.

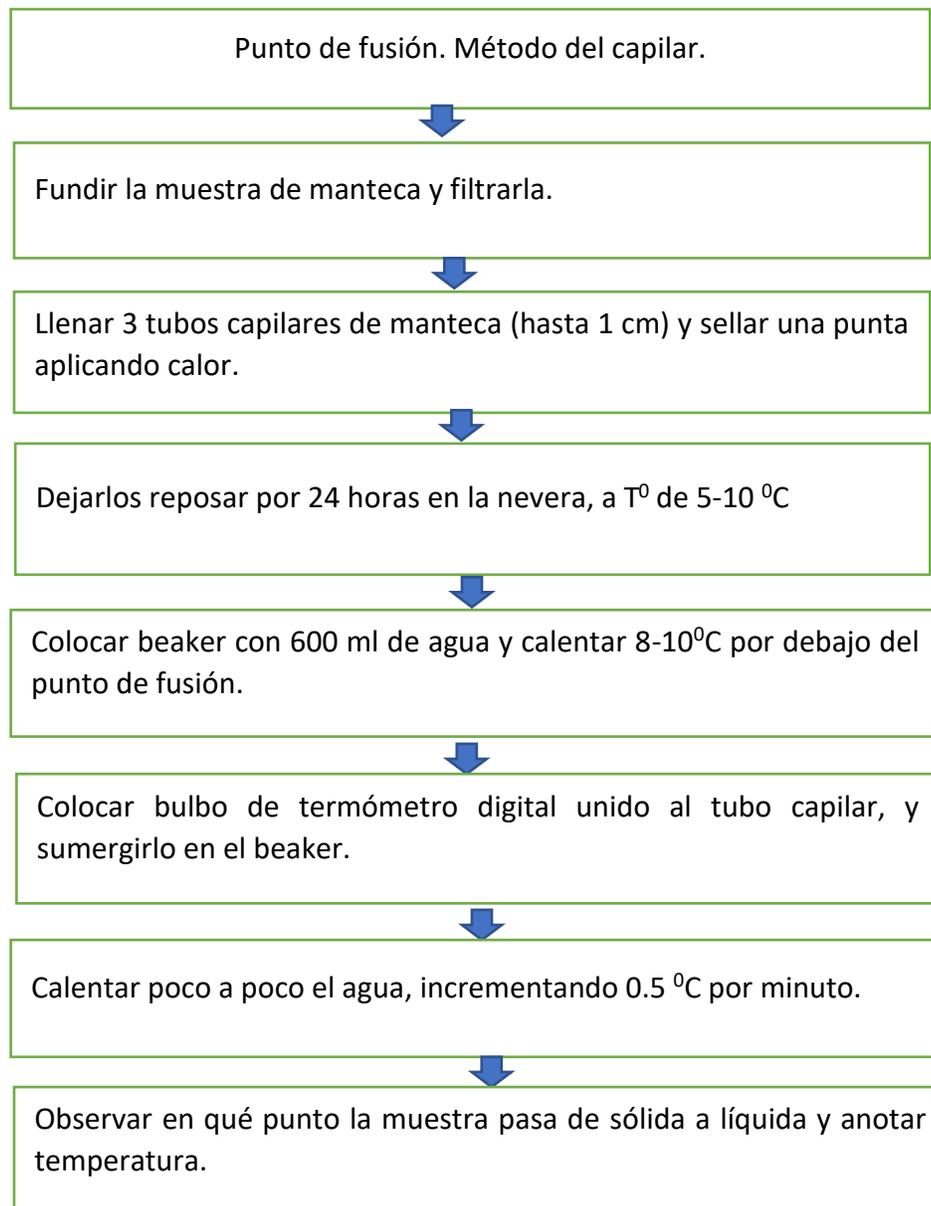


Figura 4. Método del capilar para determinación de punto de fusión en manteca de cacao.

Fuente: Adaptado de León, S. 2018

Cuadro 5. Tipos de cristales de la manteca de cacao y sus características.

Forma Polimórfica	Proceso de formación	Características del chocolate
I (17.3 °C)	La forma 1 se prepara enfriando rápidamente el chocolate derretido (por ejemplo, colocándolo en el congelador)	Presenta una textura suave, desmenuzable, y una floración notable.
II (23.3 °C)	La forma 2 se produce enfriando chocolate derretido a 2 grados centígrados por minuto. Los cristales de la forma 1 también se convierten gradualmente en la forma 2 después de un breve período de almacenamiento a temperatura de congelación.	
III (25.5 °C)	La forma 3 se produce enfriando a 5-10 °C. La forma 2 se convierte en la forma 3 después del almacenamiento a bajas temperaturas por encima de la congelación	Ambos firmes, pero no dan un buen chasquido y muestran algo de floración.
IV (27.3 °C)	La forma 4 se produce permitiendo que el chocolate derretido se enfríe a temperatura ambiente. La forma 3 también se convierte en la forma 4 después de haber sido almacenada a temperatura ambiente durante algún tiempo.	
V (33.8 °C)	Formado templando el chocolate lentamente a temperatura ambiente, lo más deseable.	Brillante, textura suave, buen chasquido y se derrite en la boca.
VI (36.3 °C)	Formado después de que el chocolate sólido templado haya reposado durante al menos 4 meses.	Duro y se derrite lentamente en la boca, muestra algo de floración.

Fuente. Adaptado de Templar el chocolate: La ciencia y el arte, 2017.

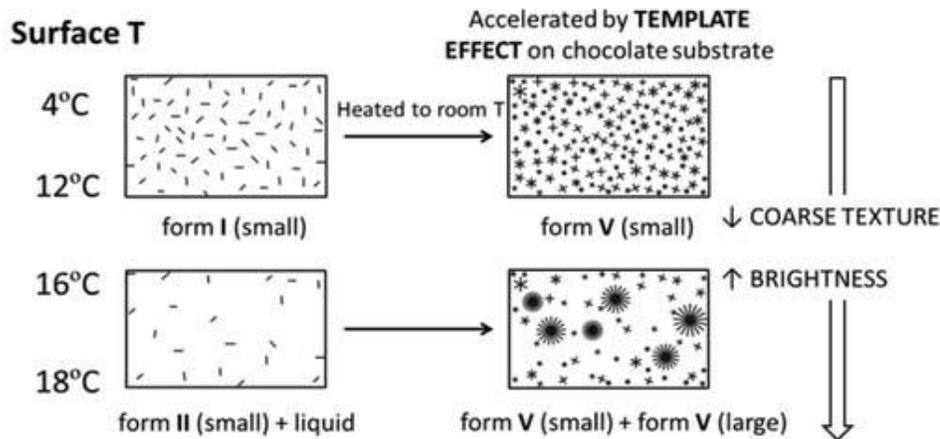


Figura 5. Cristales de manteca de cacao y su transformación a formas más estables mediante el aumento de temperaturas.

Fuente. Cot, J. 2016

La figura 5 muestra como cada forma polimórfica tiene un tipo de morfología en función de la temperatura a la que se encuentra, siendo los cristales tipo V los que tiene una forma más grande que les facilita formar una red cristalina estable en la masa de chocolate, y se forman a temperaturas mayores a 18°C.

Existen pocos estudios acerca de la morfología de los tipos de cristales, sin embargo, todos concuerdan en que dichos cristales varían entre unos con forma de varilla hasta los cristales con forma redonda y agrandada capaces de formar redes entre sí.

Se buscó determinar los tipos de cristales presentes en la manteca de cacao, con el objetivo de verificar la presencia de cristales tipo V responsables de generar las características en un buen templado. Se siguió el método descrito por Cuamba (2009), donde establece los pasos para la preparación de muestras de manteca de

cacao, mismo que es detallado en la figura 6. Para la observación, se utilizó un microscopio óptico haciéndose la observación a un aumento de 40x.

Se obtuvo imágenes difusas donde no se logró observar la morfología de los cristales presentes, por lo que fue necesario buscar alternativas en cuanto a un equipo óptico adecuado, fue así como se dio la oportunidad de utilizar un microscopio de luz polarizada, proporcionado por el laboratorio de algas marinas, de la facultad de ciencias naturales y matemática. Para el análisis de muestras, se siguió el mismo protocolo de preparación de muestras de manteca de cacao detallado en la figura 6.

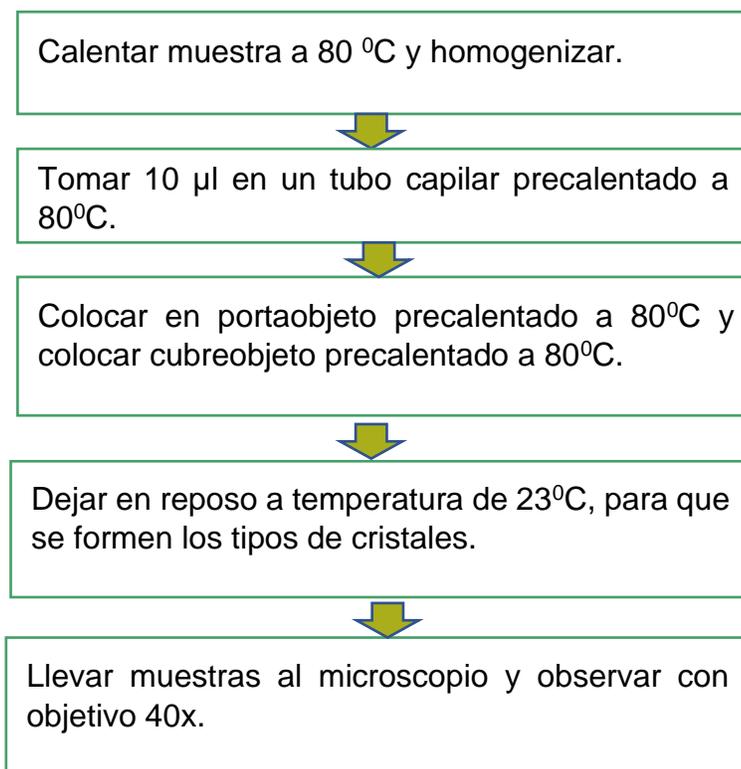


Figura 6. Preparación de muestras de manteca de cacao para observación microscópica.

Fuente. Elaborado con base a Cuamba, R.2009

4.3 Formulación y elaboración de chocolate

4.3.1. Formulación de chocolate

Para formular chocolate, es importante tener claro la clasificación de los tipos de chocolate, y así tener una base a partir de la cual realizar la formulación correspondiente.

Existen por lo menos 3 tipos de chocolate, clasificados por el Codex Alimentarius, en función de su composición, y a partir de los cuales se derivan otros productos. El cuadro 6 detalla las características de composición de los 3 tipos de chocolate.

Cuadro 6. Clasificación del chocolate de acuerdo con su composición.

Chocolate negro	Chocolate blanco	Chocolate con leche
Deberá contener, referido al extracto seco, no menos del 35% de extracto seco total de cacao, del cual el 18%, por lo menos, será manteca de cacao y el 14%, por lo menos, extracto seco magro de cacao.	Deberá contener, en extracto seco, no menos del 20% de manteca de cacao y no menos del 14% de extracto seco de leche (incluido un mínimo de grasa de leche entre el 2,5% y el 3,5%)	Deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 25% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2,5% de extracto seco magro de cacao) y un mínimo especificado de extracto seco de leche entre el 12% y el 14% (incluido un mínimo entre el 2,5% y el 3,5% de materia grasa de la leche).

Fuente: Norma para el chocolate y los productos del chocolate, 2016.

De los 3 tipos de chocolate, el que contiene mayor contenido de cacao es el chocolate negro, llegando a fabricarse chocolates con el 99% de cacao, lo que garantiza un producto funcional y con bajos contenidos de azúcar, siendo esta la característica principal para un chocolate de calidad.

El chocolate negro es el que se considera actualmente más benéfico, por ser más rico en cacao, por lo que se le atribuyen numerosos beneficios a la salud, entre ellos:

- Sensación de bienestar general gracias a que contiene triptófano y feniletilamina.
- Gran cantidad de fibra soluble que ayuda en el control de colesterol.
- Reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.
- Contenido de polifenoles y flavonoles con poder antioxidante que previene el envejecimiento celular.

Se aconsejan hasta 20g de chocolate negro por día, siempre y cuando el chocolate que se consuma este compuesto al menos por 65% de cacao (Infobae, 2017)

Con el fin de elaborar barras de chocolate funcionales y así lograr un máximo aprovechamiento de todos los beneficios que posee el cacao, se trabajó con diferentes formulaciones de chocolate.

Se procedió a formular chocolates a diferentes porcentajes, considerando los atributos percibidos en el licor, tales como:

- Intensidad de amargor, astringencia, acidez
- Notas frutales (frutos verdes, frutos secos, frutos tropicales)
- Notas florales (rosas, jazmín, violetas)
- Especias (canela, jengibre, pimienta, clavo de olor, vainilla)
- Nota a chocolate

En cacaos demasiado amargos y astringentes, fue preferible trabajarlos al 55%, ya que, a mayor contenido de cacao, el sabor era poco agradable, pues la astringencia resaltaba y opacaba las notas a chocolate. Se trabajó con al menos 4 tipos de cacao.

Para elaborar el balance de masas, fue necesario tener consideraciones y un fundamento teórico, el cual se presenta a continuación.

Criterios básicos para formulación

- Aspectos de normalización y reglamentación de país de producción y especialmente del país destino del producto.
- Contenido de grasa de la pasta o masa de cacao.
- Perfil organoléptico de la pasta de cacao asociado a tipo de tueste.
- Vocación de uso que está vinculado a la fluidez del chocolate (Gutiérrez, M. sf.).

Fluidez del chocolate y vocación de uso del chocolate

La fluidez del chocolate está dada por su contenido de grasa total, definido en su contenido de grasa del licor o pasta de cacao sumado a la manteca de cacao adicional. Este contenido de grasa le otorgará la vocación de uso del chocolate tal como se detalla en la figura 7.

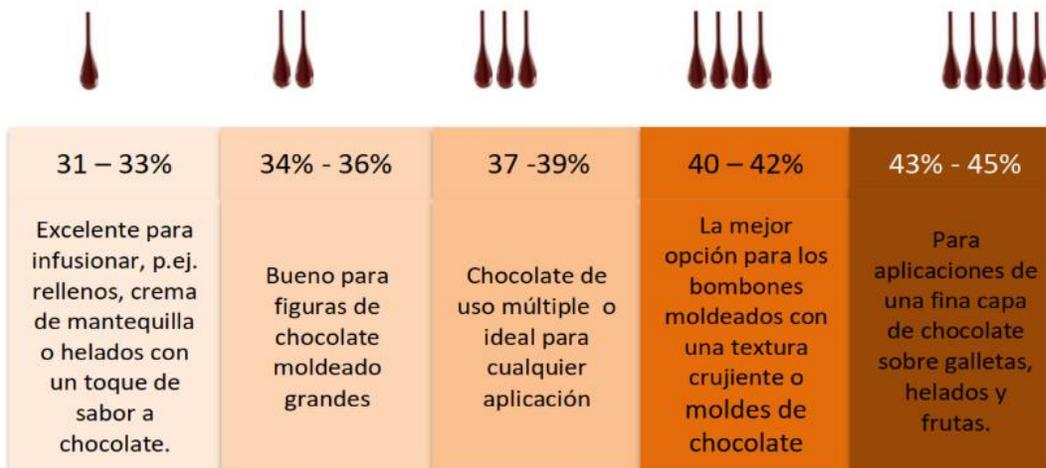


Figura 7. Fluidez del chocolate según el uso destinado.

Fuente: Gutiérrez, M.Sf.

Así mismo, se estableció utilizar como parte del balance, el contenido graso del cacao, ya que de esta forma se puede optimizar la manteca de cacao, evitando problemas de tener chocolates secos y poco fluidos, o chocolates demasiado fluidos, que si bien, no afecta en la calidad, dentro del proceso, se busca agregar

solo lo necesario, pues la manteca de cacao es una materia prima que genera un considerable costo en todo el proceso de fabricación de chocolate.

En la figura 8 se presenta el balance de masa realizado para una formulación de chocolate al 60%, siendo este el mismo método empleado para formulaciones al 70%.

Chocolate negro al 60%

Consideraciones:

Chocolate de uso múltiple: 39%

Contenido de grasa en la masa de cacao (%G): 50%

<p><u>Balance de masa</u></p> <p>$LqC + MC + Az = 100\%$</p> <p>$LqC + MC + 40\% = 100\%$</p> <p>$LqC + MC = 60\% \dots\dots\dots$Ecuación 01</p>	<p><u>Balance de Grasa</u></p> <p>$\% G (LqC) + MC = 39\%$</p> <p>$0.50(LqC) + MC = 39\% \dots\dots\dots$ Ecuación 02</p>
--	---

Ecuación 01 – Ecuación 02

<p>$1LqC + MC = 60\%$</p> <p>$-0.50 (LqC) - MC = -39\%.$</p> <p>-----</p> <p>$0.50 (LqC) = 21\%$</p> <p>$(LqC) = 21\% /0.50$</p> <p>$(LqC) = 42\%$ (Pasta de cacao o licor de cacao)</p> <p>$MC = 60\% - 42\%$</p> <p>$MC = 18\%$ (Manteca de cacao)</p>	<p>Masa de cacao= (LqC)</p> <p>Manteca de cacao =(MC)</p> <p>Azúcar= (Az)</p>
---	---

Figura 8. Balance de masas para chocolate negro al 60%.

Fuente: Elaborado con base a Gutiérrez, M.Sf.

Se estableció trabajar con las consideraciones de manteca para un chocolate de uso múltiple, es decir un valor de 39%, al igual que un valor de 50% en cuanto a contenido de grasa en pasta de cacao, ya que en promedio es el valor contenido en cacao.

Como siguiente etapa, se buscó información acerca del proceso de temperado y sus diferentes métodos, siendo esta la base para la serie de prueba que fueron realizadas.

4.3.2. Elaboración de chocolate

Para la elaboración de chocolate, primero se partió de fórmulas dadas por la literatura consultada, una de ellas es la que se presenta a continuación, tomada de CAOBISCO/ECA/FCC. 2015.

Formulación de chocolate al 70%

- ✚ 65% nibs
- ✚ 29.7% azúcar
- ✚ 5% manteca
- ✚ 0.04 % vainilla
- ✚ 0.03% lecitina

Para elaborar chocolate, se realizó el correspondiente diagrama de proceso donde se detalla cada paso hasta obtener el chocolate (figura 9)

La figura 10 muestra cómo se va agregando los nibs de cacao premolidos a la maquina refinadora, y como por medio de la fricción de sus rodillos, va transformando el cacao en licor de cacao, denominado así por su consistencia pastosa debido al derretimiento de la matriz grasa en la cual se encuentran los sólidos de cacao.



Figura 9. Elaboración de licor de cacao a partir del refinado de cacao premolido, utilizando maquina refinadora

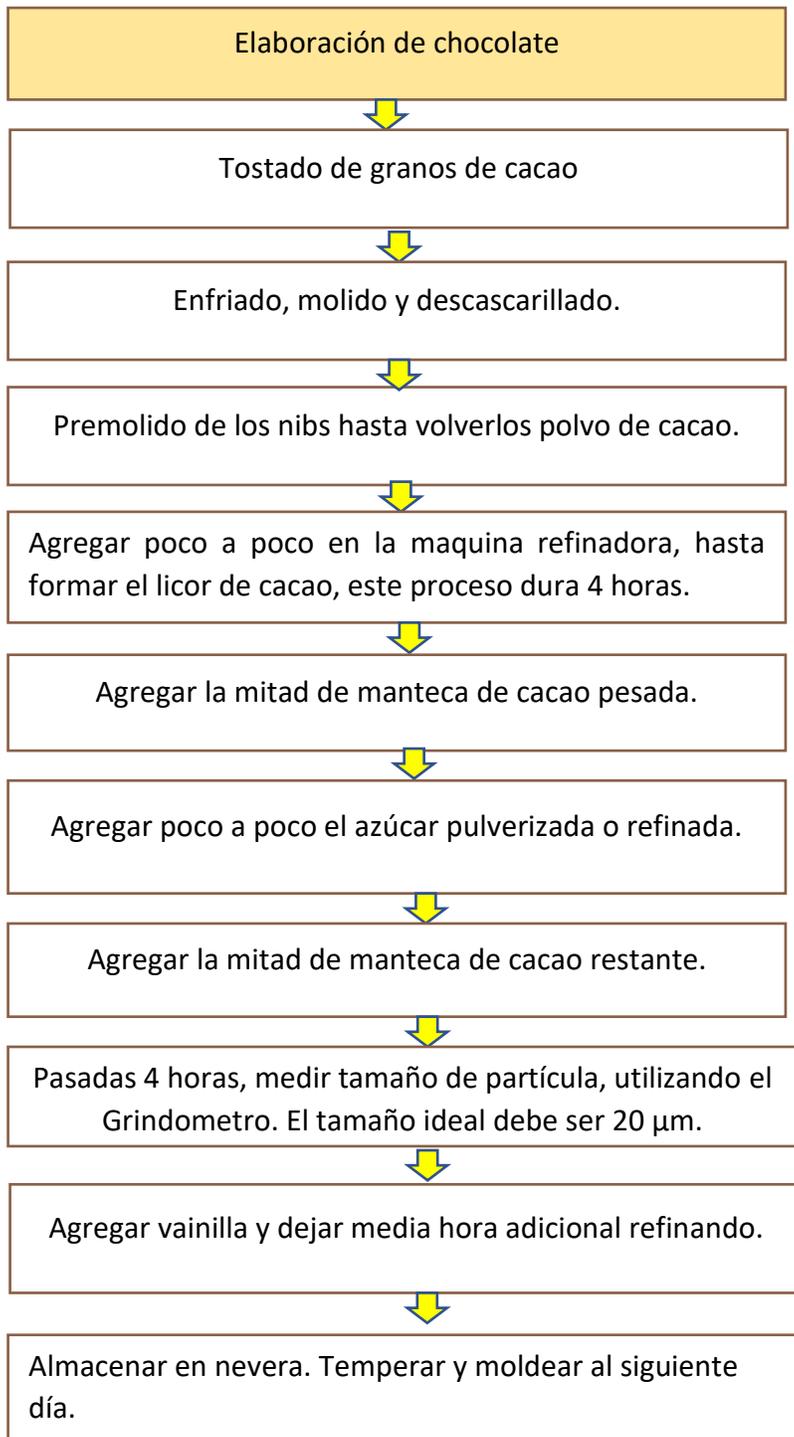


Figura 10. Esquema que muestra los pasos para la elaboración de chocolate.

Cuatro horas después del proceso de refinado del licor de cacao, se agregaron los demás componentes, como lo son la manteca y el azúcar, en el orden que indica el esquema de proceso, luego se dejó refinar 4 horas más. Se midió el tamaño de partícula haciendo uso de un medidor de partículas para determinar la granulometría del chocolate, pues lo óptimo es de 20 μm , ya que esto garantiza una textura suave al paladar.



Figura 11. Medición de granulometría en muestra de chocolate, utilizando un Grindometro.

La figura 11 muestra cómo se realizó la medición. Se tomó una pequeña muestra de chocolate y se deslizó en la superficie del medidor, luego se observó en que escala se encontraban las partículas, cuando hubo alcanzado 20 μm , se finalizó el proceso de refinado, se retiró el chocolate de la máquina refinadora y se almacenó en nevera para ser temperado al día siguiente.

4.4 Temperado en chocolate.

El objetivo de temperar el chocolate es precristalizar la manteca de cacao que contiene, lo cual es importante para dejar el chocolate listo para procesarlo. Durante el atemperado, la manteca de cacao que contiene el chocolate adopta una forma cristalina estable. Esto garantiza un producto perfectamente terminado con un brillo satinado y una textura firme al partirlo (Callebaut, B. Sf)

Además, hace que el chocolate se contraiga al enfriarse, lo cual facilita el desmoldado. Si el chocolate se funde sin más (entre 40 y 45 °C) y después se deja enfriar a una temperatura de trabajo adecuada, el producto final no será brillante. (Callebaut, B. Sf). El cuadro 7 muestra las temperaturas recomendadas para trabajar el temperado en chocolate negro.

Cuadro 7. Temperaturas estándar para temperado de chocolate negro.

Fusión	Pre cristalización	Cristalización
40-45°C	27-29°C	29-31°C

Fuente: Hinojosa, M. 2021.

La figura 12 presenta las características deseadas en chocolate bien temperado versus lo no deseado en un chocolate sin temperar. Un chocolate bien temperado refleja buen brillo, tal como se ve en la imagen del cuadro 8 y un chocolate sin temperar destaca principalmente una superficie sin brillo y la formación de una capa de color blanco, la cual corresponde a la grasa, que, al no haber formado la red de cristales estables con los sólidos del cacao, esta recrystaliza y se sube a la superficie de la tableta.

CHOCOLATE TEMPLADO	CHOCOLATE SIN TEMPLAR
Color uniforme y superficie brillante	Acabado sin brillo
Buen chasquido	Flor de grasa
Textura suave	Textura suave e irregular
Buena contracción	Mala contracción
Sin floración	Mal ajuste
	

Figura 12. Características en chocolate temperado y no temperado.

Fuente. Templar el chocolate. 2017

4.4.1. Métodos de temperado

Según Bau (2019), un reconocido chocolatero, existen diferentes métodos de temperado, los cuales se describen brevemente a continuación.

- **Baño maría.** Como su nombre lo indica, el derretimiento del chocolate se realiza en baño maría, y para el descenso de temperatura, se utiliza un baño maría invertido, es decir hielo o agua muy fría, controlando la temperatura del chocolate mediante el uso de termómetro. En todo el proceso es importante evitar que el agua entre en contacto con el chocolate.
- **Microondas.** Este método se aplica colocando el chocolate en el microondas por espacios de 15 segundos en potencia/temperatura baja. Cuando la mayor parte del chocolate se derrite, pero aún queden algunos trozos sin derretir, se remueve hasta conseguir fundirlos con el propio calor residual.
- **Mármol.** Consiste en fundir el chocolate en baño María y enfriar dos terceras partes sobre una mesa para atemperar chocolate (mármol), removiéndolo por la superficie con una espátula para chocolate, cuando alcanzan la temperatura deseada, se vuelve a mezclar con la otra parte del bol hasta lograr la temperatura de correspondiente de temple del chocolate.

Este último método es el más utilizado por los maestros chocolateros ya que es más apropiado para grandes cantidades de chocolate, fue el que se empleó para las diferentes pruebas realizadas, y se describe en la figura 13.

El primer paso es derretir el chocolate para destruir todos los cristales de manteca de cacao que están presentes. A continuación, el chocolate se enfría con mucha precisión, manteniendo la temperatura justo por debajo de donde se forma la buena forma de cristal de manteca de cacao. Generalmente los cristales en forma V comienzan a formarse justo por debajo de los 35 °C, mientras que los cristales de forma IV indeseables se cristalizan alrededor de los 27 °C (Notman, N. 2015).

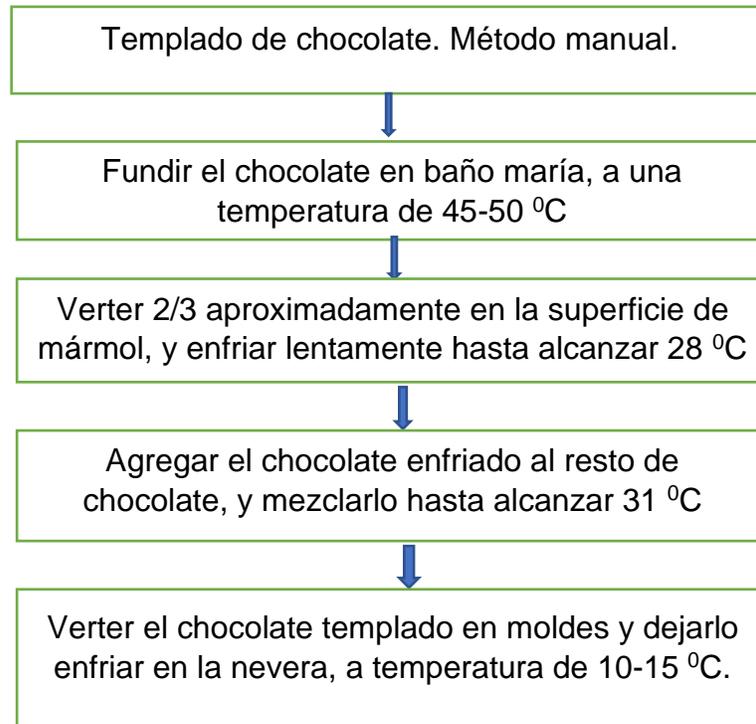


Figura 13. Pasos para el temperado de chocolate utilizando mesa de mármol.

Fuente: Elaborado con base a Notman, N. 2015.

Los cristales de Forma VI tardan demasiado en formarse y, por lo tanto, no se crean durante el proceso de templado rápido, aunque su punto de fusión más alto sugiere que deberían serlo debido a que también se forman unos cristales de la forma IV. Luego se calienta un poco de nuevo, de modo que los cristales no deseados (forma IV) que se hayan formado se vuelvan a fundir y queden solo cristales buenos. Una vez que eso suceda, se puede enfriar y verterlo en moldes (Notman, N. 2015).

La figura 14 muestra como primer paso, el derretimiento del chocolate en baño maría hasta lograr una temperatura de 45°C, luego se enfría 2/3 del chocolate fundido en mesa de mármol, utilizando espátulas de acero inoxidable que faciliten su dispersión y homogenizado, alcanzado 29°C; se vuelve a mezclar con el chocolate del recipiente que mantiene una alta temperatura, así ambas partes de chocolate se mezclan hasta llegar a la temperatura de 33°C. Como pasos finales, el chocolate temperado es vertido en moldes y colocados en refrigeración.



Figura 14. Pasos para el temperado en mesa de mármol.

No se logró obtener un buen temperado a partir de las temperaturas reportadas según la literatura, por lo que fue necesario realizar pruebas con temperaturas más elevadas, el control en las condiciones ambientales y nuevamente se requirió un taller impartido por el especialista en elaboración de chocolate para someter a discusión todos aquellos factores que estaban afectando el temperado, siendo este paso clave para afinar detalles que permitieran obtener buenos resultados.

Al elaborar chocolate con altos porcentajes de cacao, se presentó un problema de fluidez a la hora de moldear el chocolate, pues se solidificaba demasiado rápido, por ello, se puso en práctica la alternativa de agregar un contenido de manteca adicional equivalente a 2 o 3% durante la fusión del chocolate en baño maría, que no solo serviría para darle mayor fluidez, sino también, le daría brillo a la barra de chocolate, ya que según se explicó en el taller impartido, al no agregar lecitina, la manteca de cacao en proporciones adecuadas, otorga características emulsificantes y da buen brillo al chocolate.

4.4.2. Temperado automático usando la máquina temperadora chocovision.

Se realizó el reconocimiento del equipo de templado Chocovision (figura A5), y la traducción de manual de uso, para poder comprender el funcionamiento de la máquina. Ya que cuenta con 3 fórmulas de templado estándar, y temperaturas establecidas, se elaboró el protocolo de templado para emplear dichas fórmulas.

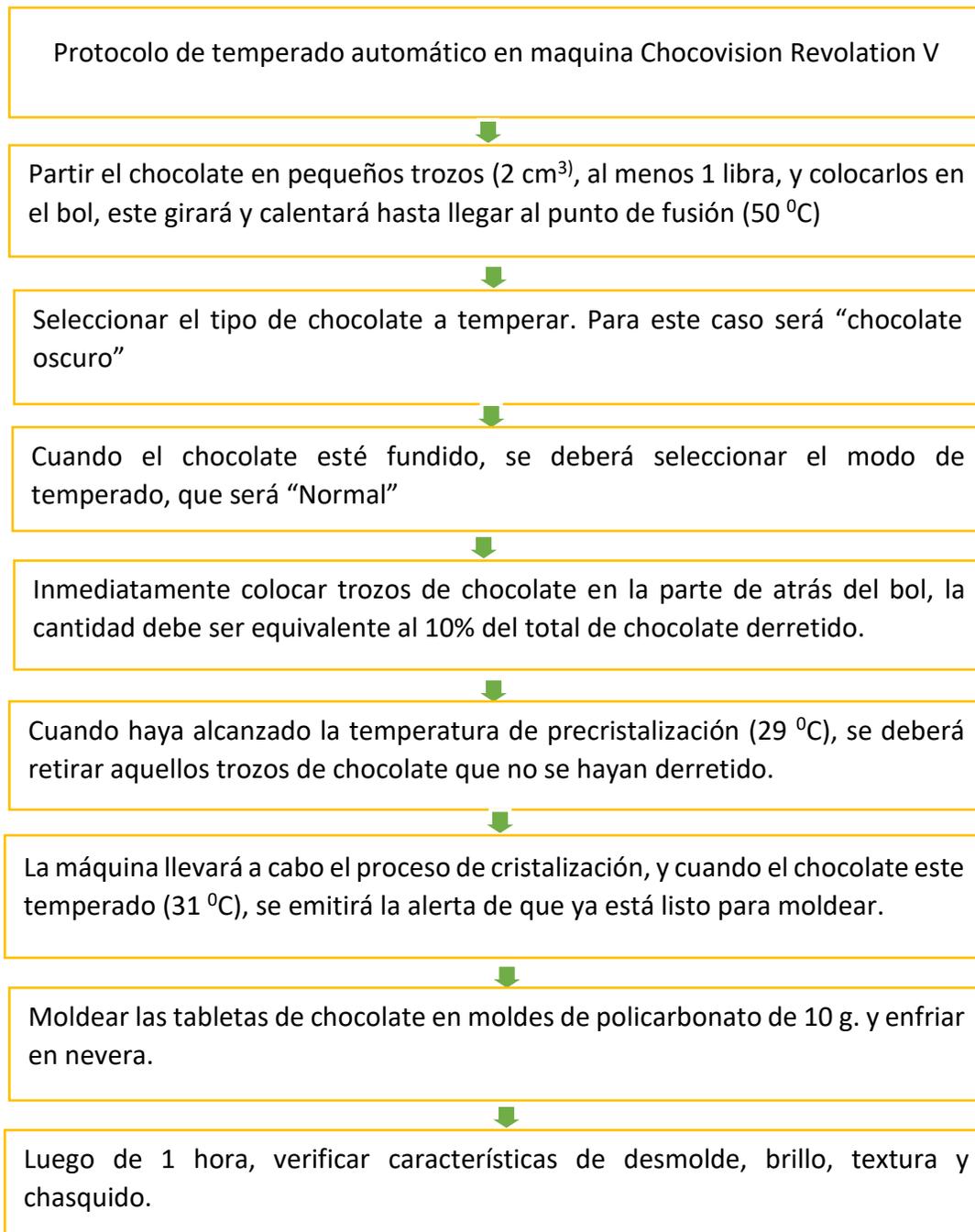


Figura 15. Protocolo para temperado automático en maquina chocovision.

La figura 15 muestra el protocolo elaborado para operar la máquina, dicho proceso se realizó en repetidas ocasiones, probando cada una de las fórmulas establecidas por la máquina

Finalmente se llegó a estandarizar dicho proceso, siguiendo los pasos descritos en la figura 16.

Temperado en maquina chocovision	
<p>a)</p> 	<p>1. Se partió en pequeños trozos (2 cm³) el chocolate previamente elaborado y almacenado en nevera (a), esto con el fin de facilitar que se funda en el bol.</p>
<p>b)</p> 	<p>2. Luego de agregar el 70% del chocolate en trozos al recipiente de la máquina, se seleccionó el tipo de chocolate “Dark”, y se incrementó el punto de fusión hasta 54.4^oC (b).</p>
<p>c)</p> 	<p>3. Cuando el chocolate estuvo totalmente fundido, la maquina emitió una alerta lo que indicó que se debía seleccionar el modo de temple, para este caso, se seleccionó “Temper 2” y se añadió el 10% de chocolate restante para bajar la temperatura hasta 29^oC (c).</p>

<p>d)</p> 	<p>4. Durante el proceso de descenso de temperatura, se agitó constantemente con una paleta a modo de homogeneizar bien la temperatura en toda la masa de chocolate y que se logran derretir totalmente los trozos de chocolate adicionados (d). Alcanzado los 29^oC, se estableció una temperatura de temperado de 35^oC para realizar el moldeado y evitar que se solidifique demasiado rápido.</p>
<p>e)</p> 	<p>5. Se procedió a verter el chocolate temperado en moldes limpios, se colocaron en maquina vibradora para eliminar burbujas de aire formadas y se colocaron de inmediato en nevera (e). El tiempo ideal para desmoldar es 24 horas después.</p>

Figura 16. Pasos para el temperado en maquina temperadora chocovision

4.4.3. Floración de la grasa y el uso de lecitina como alternativa de solución.

El fenómeno denominado “fatbloom” o floración de la grasa del chocolate, se caracteriza por la aparición de una película de color blanco grisáceo en la superficie del chocolate, atribuida a la transformación polimórfica descontrolada de la Forma V a la Forma VI. Este aspecto blanco se debe a la presencia de cristales de gran superficie, que dispersan la luz que incide sobre ellos (Chen et al. 2021).

Rincón, J. (2013) afirma que el blanqueo del chocolate es el resultado de dos problemas en la estabilidad: no haber obtenido una cantidad adecuada de cristales de la forma polimórfica V por haber realizado el templado en una forma inapropiada o haber sufrido fluctuaciones térmicas durante el almacenamiento y distribución del

producto que produjeran fusión y recristalización de la materia grasa en una forma polimórfica inadecuada.

La figura 17 muestra barras de chocolate con formación de “fatbloom” debido a los malos procesos de temperado, ya que en un principio se tuvo dificultad para desarrollar el proceso adecuadamente, por diversos factores que se fueron corrigiendo a través de la constante investigación y la realización de pruebas que derivó en los resultados esperados.



Figura 17. Formación de “fatbloom” en barra de chocolate temperada, en ambas superficies de la tableta.

Nótese el color blanco que se forma de tanto en la parte frontal como en la parte posterior, así como también la falta de brillo.

Como otra alternativa de solución para evitar la floración de la grasa, se revisó y evaluó en la literatura consultada acerca del uso de la lecitina en la elaboración de chocolate. La característica química más importante de la lecitina es su poder emulsionante. Las moléculas de fosfolípidos poseen una parte polar hidrofílica y otra apolar lipofílica, responsable por el poder de reducción de la tensión interfacial entre una mezcla aceite/agua por ejemplo (Escudero E, 2020).

Según Beckett (2002) la lecitina presta muy buenos servicios en la industria del chocolate, ahorra mucho trabajo en la preparación de la pasta y ayuda a reducir la cantidad de manteca de cacao en las pastas finas, esto debido a que es capaz de unirse de un modo particular al azúcar, dejando el otro extremo de la molécula libre en la fase grasa para facilitar el flujo. Y es este fenómeno el que la convierte tan efectiva en la fabricación de chocolate.

La lecitina líquida es aplicada en el final del proceso de conchado para que no interfiera en la eliminación de la humedad. Su presencia reduce considerablemente la viscosidad de la masa debido a la disminución de la tensión interfacial entre la manteca de cacao y las partículas de azúcar, evitando así la utilización de cantidad adicional de manteca de cacao (Escudero E, 2020).

Teniendo las consideraciones anteriores, se elaboró chocolate al 70% agregando lecitina al 0.3%, para lo cual se realizó el balance de masas, siendo esta una de las pruebas que brindo buenos resultados durante el proceso de temperado tanto en mesa mármol como en máquina, la fórmula empleada se presenta en la figura A4.

5.Resultados y discusión

5.1 Punto de fusión de 8 muestras de manteca de cacao.

Como parte de todo el proceso de investigación y revisión bibliográfica, se desarrollaron protocolos y metodologías para realizar diversas pruebas y análisis, una de ellas fue la determinación del punto de fusión en manteca de cacao, pues se buscaba una genética de cacao que tuviera una manteca con alto punto de fusión capaz de otorgarle resistencia al calor al chocolate elaborado. Como resultado se analizaron 8 materiales diferentes, en el cuadro 8 se muestra los resultados obtenidos en cuanto al punto de fusión, así como también otros datos relacionados al rendimiento.

Los puntos de fusión determinados se encuentran entre 32.0°C y 33.6°C, sin embargo, según López (2018) la manteca de cacao funde entre unos 34°C y 38°C, por lo que para poder elaborar un chocolate resistente al calor es necesario utilizar manteca de cacao con alto punto de fusión.

Esta fue una de las alternativas puestas a prueba, ya que según el estudio de las propiedades que tiene la manteca de cacao en el chocolate elaborado, la resistencia al calor está determinada por un alto punto de fusión.

Cuadro 8. Puntos de fusión de 8 genéticas diferentes de cacao.

Muestra	Peso (g)	Nibs (g)	Cascarilla (g)	Manteca (g)	Cocoa (g)	Rendimiento (%)	punto de fusión
IICOEX018	300	214	36	56	87	18.7	33.5°C
IICOEX004	237	173	27	65	73	27.4	32.6°C
IICOEX006	197	140	22	36	46	18.3	33.6°C
IICOEX008	240	179	29	51	55	21.3	33.4°C
IICOEX010	254	185	29	64	72	25.2	32.6°C
IICOEX015	330	255	32	96	108	29.1	32°C
IICOEX016	304	221	38	68	96	22.4	33.3°C
IICOEX027	480	357	55	142	167	29.6	33.6°C

5.2 Morfología de los cristales de manteca de cacao

La observación al microscopio de muestras de manteca de cacao implicó la búsqueda de protocolos para preparación de muestras, ya que, debido a las propiedades de la manteca, se requiere una serie de pasos para dar lugar a la formación de las diferentes formas cristalinas. Se requirió de un microscopio de luz polarizada. Las imágenes obtenidas se presentan a continuación en la figura 18.

Las imágenes corresponden a las muestras: A. IICOEX018; B. IICOEX008; C. IICOEX015; D. IICOEX027.

Se evaluaron 4 muestras de 8 que se tenía, tomándose aquellas con alto punto de fusión. Las imágenes A y B presentaron formación de cristales más grandes, a un aumento de 40x, por lo que fueron fotografiados de tal forma que se lograra apreciar su morfología, determinándose que se encuentran formados por estructuras aún más pequeñas. Las imágenes C y D presentan una secuencia de cristales más pequeños agrupados entre sí, pero con la misma morfología que los anteriores.

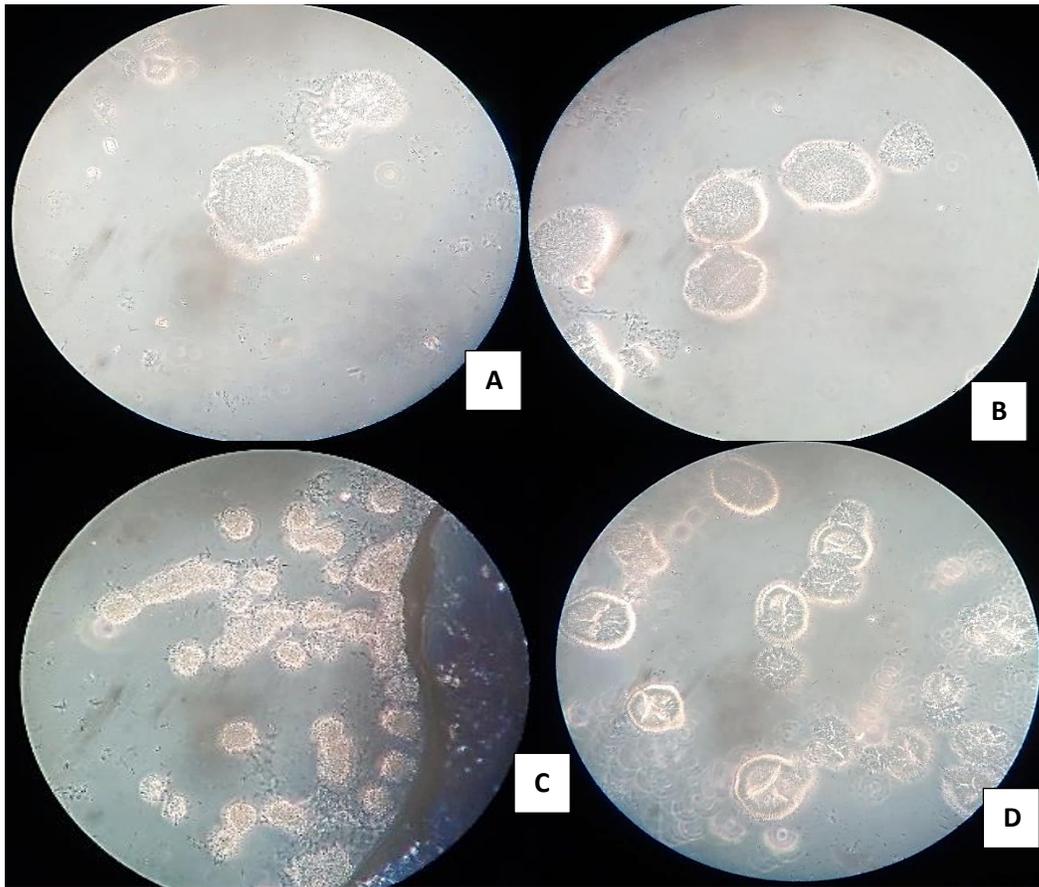


Figura 18. Cristales de manteca de cacao observados mediante un microscopio de luz polarizada a un aumento de 40x.

Un estudio realizado por Fernández-Sandoval (2013) sobre las características térmicas, estructurales y reológicas del chocolate negro con diferentes composiciones, reveló imágenes de como los ácidos grasos de la manteca de cacao se pueden organizar en empaques de longitud de cadena doble y empaque de longitud de cadena triple las cuales se incorporan a esferulidades (que tienen forma esférica), de forma tangencial desde el núcleo, creando un orden tangencial. La figura 19 presenta las imágenes observadas mediante microscopía de luz polarizada de manteca de cacao cristalizada a 25°C.

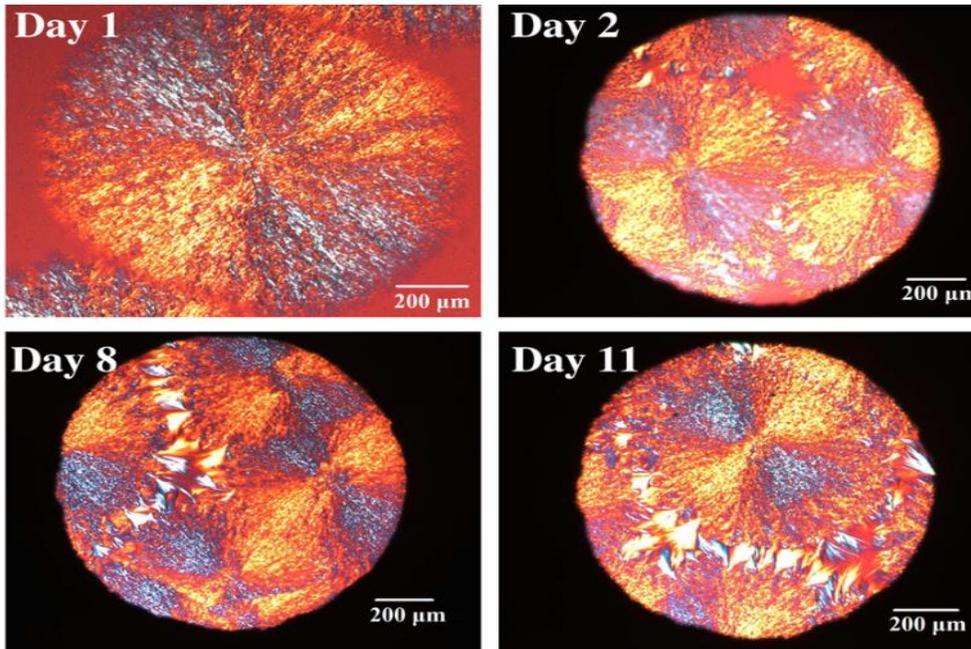


Figura 19. Cristales de manteca de cacao observados mediante luz polarizada.

Fuente: Fernández-Sandoval, 2013

Dicha morfología presentada en este estudio tiene similitudes con las imágenes obtenidas en la figura 18, donde se puede observar cómo los cristales tienen la misma forma esférica y parecen estar compuestos por cristales de menor longitud, pero agrupados de tal forma que se le confieren esa morfología tangencial.

Otro estudio desarrollado por Manning-Dimick (1985), consistió en la observación del comportamiento y morfología de los cristales presentes en manteca de cacao mediante uso de microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés), donde a partir de las imágenes obtenidas, se pudo afirmar que, a medida la temperatura de cristalización aumenta en un rango de 26⁰C a 30⁰C, se va formando un tipo de roseta, es decir una forma redonda a la cual se van incorporando pequeñas formas tipo pluma, dándole una estructura más estable. Transcurrido un intervalo de tiempo y a una temperatura de 28⁰C, esta fue la forma predominante en la muestra observada.

La figura 20 muestra diferentes imágenes a diferentes escalas en micras de las formas descritas anteriormente, donde se observa la morfología de los cristales de mayor tamaño (tipo roseta) y los cristales más pequeños que por sí solos no forman estructuras estables, sino que se mantiene dispersos.

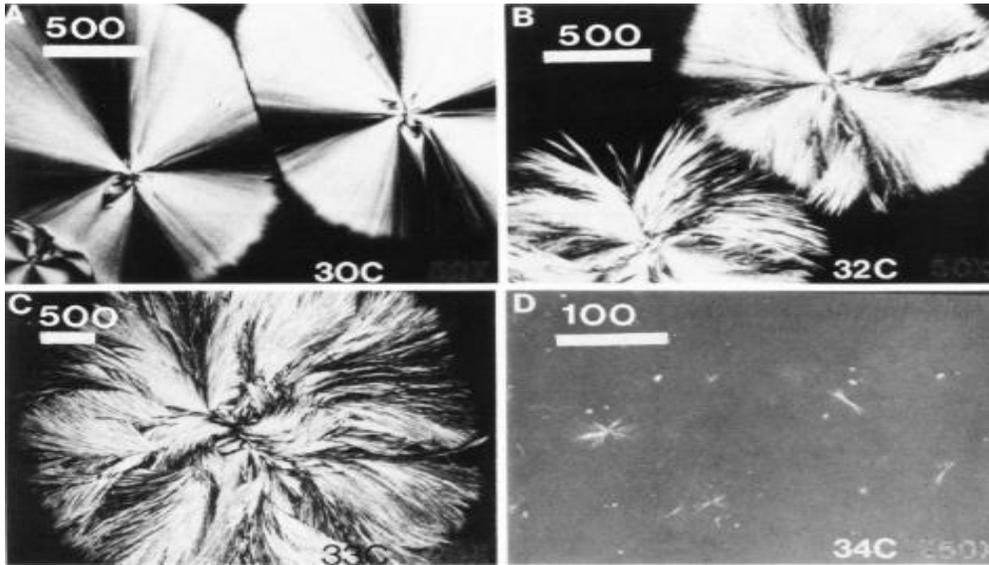


Figura 20. Cristales observados mediante microscopia electrónica de barrido.

Fuente: Manning-Dimick, 1985.

Lo mencionado anteriormente concuerda con la formación de los cristales observados mediante el microscopio de luz polarizada (ver figura 18), ya que luego de fundida la muestra de manteca, esta se dejó solidificar a temperatura ambiente, la cual fue de 24°C a 26°C , dando paso a la formación de estructuras redondas o de forma tangencial.

La figura 21 muestra pequeñas estructuras tipo pluma o espadas, las cuales se encuentran aisladas y se empiezan a formar a temperaturas de 26°C , conforme esta aumenta, las formas van creciendo y se van incorporando hasta formar un tipo de roseta, que sería la forma cristalina estable.

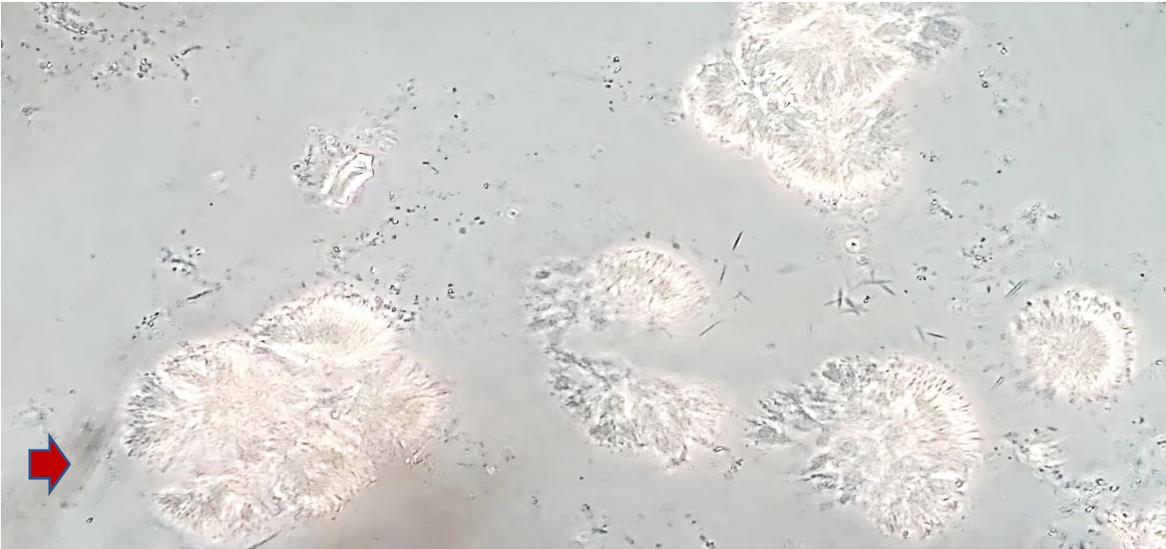


Figura 21. Cristales observados mediante microscopio de luz polarizada. La flecha señala la formación de un cristal tipo V, conformado por pequeñas estructuras cristalinas.

Los resultados anteriores muestran la importancia del proceso de cristalización, ya que este permite la formación de estructuras cristalinas más estables, siendo este el principio para llevar a cabo el temperado.

5.3 Temperado de chocolate.

El proceso de temperado involucra muchos aspectos relacionados no solo con el proceso de formulación y elaboración de chocolate, sino también de composición del grano de cacao y condiciones de trabajo o factores ambientales. Previo al desarrollo de la pasantía, se creía que únicamente aplicando las temperaturas reportadas por la literatura bastaba para obtener una tableta de chocolate con características aceptables, sin embargo, a lo largo del proceso investigativo, se estudió aquellos factores que requieren ser controlados para obtener resultados satisfactorios.

El primer reto fue la formulación de chocolate, ya que, a pesar de contar con fórmulas estándar, el resultado final no fue satisfactorio en cuanto al sabor y características de temperado, pues en esta etapa entra en juego el perfil del cacao, determinado en buena parte por su porcentaje de fermentación.

Uno de los conocimientos adquiridos de gran aplicación fue el poder realizar control de calidad en grano seco, el cual brinda muchos detalles sobre el tipo de cacao, y, por consiguiente, la formulación que le viene mejor para resaltar sus atributos.

El balance de masas fue una importante herramienta durante la elaboración de chocolate, ya que permitió establecer criterios o consideraciones sobre el tipo de chocolate a elaborar, teniendo en cuenta la composición grasa del grano de cacao utilizado. Este conocimiento fue adquirido mediante talleres impartidos por un especialista en chocolatería; fue a partir de esta etapa que se empezó con la elaboración de chocolate a diferentes porcentajes de cacao y el proceso de temperado.

Fue necesario realizar 12 pruebas de temperado, trabajando a diferentes temperaturas, no solo las recomendadas en la bibliografía consultada, sino incrementar dichas temperaturas y analizar los resultados en las barras de chocolate. Para el temperado manual, finalmente se establecieron las temperaturas en una curva de temperado, las cuales dieron mejor resultado en cuanto a las características en estudio. La figura 22 presenta la curva de templado para chocolate negro.

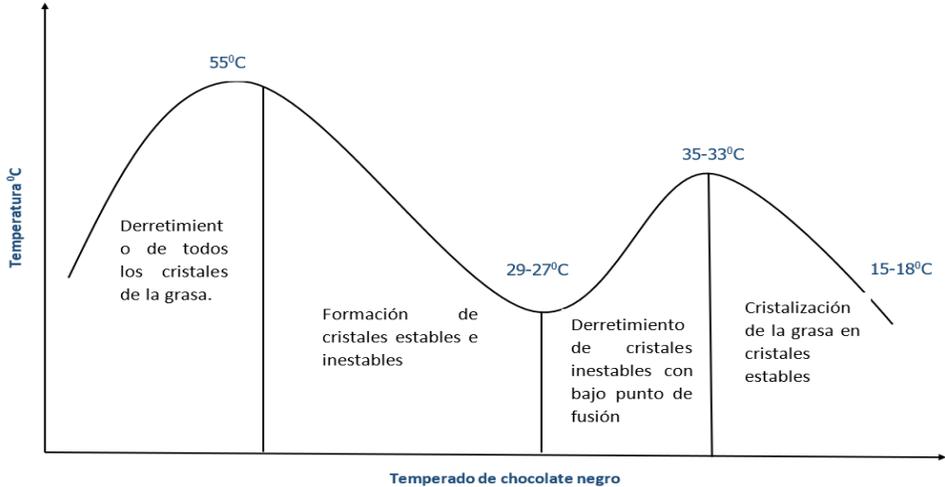


Figura 22. Curva de temperado para chocolate negro.

Las barras de chocolate obtenidas a partir de la curva de temperado se muestran en las figuras 23 y 24.



Figura 23. Barras de chocolate temperado. Cara superior



Figura 24. Barras de chocolate temperado, cara posterior.

El temperado en máquina se realizó utilizando las mismas temperaturas presentadas en la curva de temperado, ya que el principio es el mismo, sin embargo, se presentó la alternativa de utilizar únicamente dos temperaturas en las cuales se llevará a cabo el proceso de formación de cristales estables, aprovechando el funcionamiento de la máquina y simplificando dicho proceso.

Las temperaturas empleadas fueron las siguientes:

54⁰C----->32.2⁰C----->29⁰C----->35⁰C (punto de temple)

Se determinó mediante 5 pruebas realizadas que, el emplear agitación constante en la etapa de enfriamiento y calentamiento del chocolate, produjo mejores resultados en el temperado. Así mismo, se temperó empleando únicamente dos temperaturas y los resultados, en gran medida, fueron similares a los obtenidos llevando a cabo todo el proceso.

Basado en los resultados obtenidos, se presenta la siguiente curva de temperado utilizando temperatura de fusión y temperatura de cristalización, método utilizado por máquinas atemperadoras industriales.

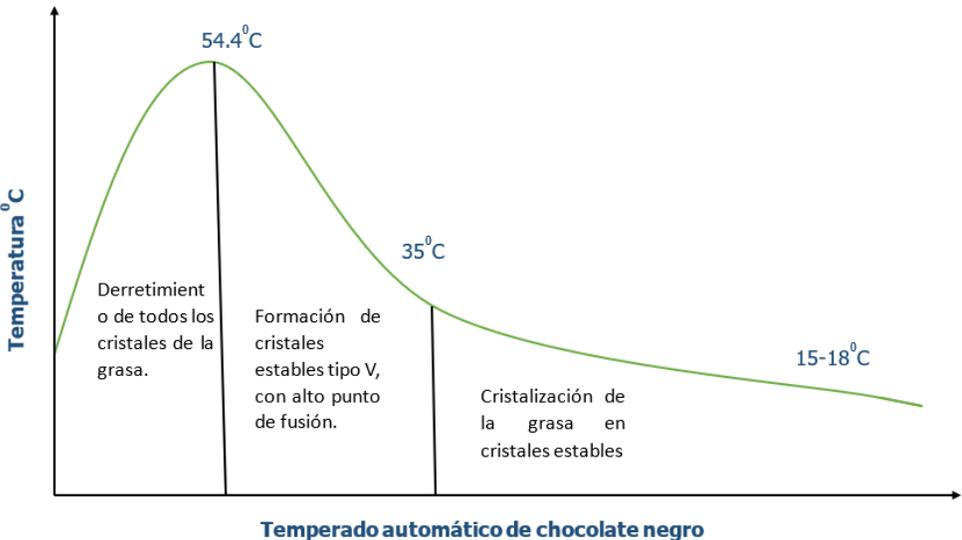


Figura 25. Curva para temperado en maquina temperadora.

Al realizar el proceso como lo indica la figura 25, la temperatura de fusión provoca el derretimiento de todas las formas cristalinas presentes en la grasa, y al descender hasta 35°C, se está dando la formación únicamente de los cristales tipo V, los cuales son estables y tienen un punto de fusión de por lo menos 34°C, mientras que por otro lado, debido a esta alta temperatura, no se da lugar a la formación de los cristales inestables y con bajo punto de fusión, es por ello que, alcanzado los 35°C, se procedió a verter el chocolate en moldes y almacenar de inmediato en nevera, de tal forma que el choque térmico permitiera la cristalización de la grasa en cristales estables.

Los resultados se muestran en la figura 26.



Figura 26. Barra de chocolate temperado en maquina temperadora. Cara superior.

El temperado en máquina presentó en general una muy buena apariencia de la barra de chocolate, con el único defecto de la presencia o formación de “fatbloom” en la parte posterior (ver figura 27), defecto que no se desarrolla en todas las barras solo en algunas, atribuido a la necesidad de homogenizar la masa de chocolate mediante agitación constante mientras se lleva a cabo el temperado en la máquina.



Figura 27. Barra de chocolate temperado en máquina, cara posterior.

A lo largo de las 12 pruebas de temperado, se fueron recolectando los resultados hasta obtener buenas características en la tableta de chocolate a fin de determinar diferencias entre los dos métodos de temperado, el cuadro 9 presenta las características obtenidas mediante cada uno de estos métodos.

Es importante mencionar que en ambos procesos de temperado se logró obtener características aceptables, sin embargo, se siguió observando la afloración de la grasa en la parte posterior de la barra.

Cuadro 9. Comparación de características obtenidas mediante los métodos de temperado.

Temperado manual en mesa de mármol	Temperado en máquina temperadora
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Buen desmolde ✓ Buen brillo ✓ Chasquido ✓ Textura suave 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Buen desmolde ✓ Buen brillo ✓ Chasquido ✓ Textura suave ✓ Poca formación de "fatbloom"
Consideraciones	
<p>Es muy importante la técnica enfriamiento del chocolate en mesa, debido a que conforme se va tomando práctica, los resultados van siendo mejores, ya que una adecuada distribución y mezcla del chocolate permite la formación y crecimiento de los cristales estables, al igual que mantener un control en las temperaturas de pre y cristalización.</p>	<p>Conocer el funcionamiento de la máquina y las temperaturas de temperado preestablecidas es fundamental para lograr un buen temperado, al igual que emplear agitación constante en las etapas de pre y cristalización, asimismo, calcular adecuadamente la tercera parte del total de chocolate, parte que es utilizada para la etapa de enfriamiento, ya que una cantidad insuficiente provocará un descenso de temperatura muy lento, y una cantidad mayor provocará un descenso demasiado rápido que evitará la formación y crecimiento de los cristales estables.</p>

5.4 Efecto del uso de lecitina en elaboración de chocolate.

Los triacilgliceroles (TAG) que componen la manteca de cacao, son de gran movilidad y especialmente sensibles al fenómeno de floración de la grasa, ya que la grasa migra hacia la superficie, donde puede provocar una cristalización descontrolada y, posteriormente, la eflorescencia de la grasa. (Svanberg, et al. 2011).

Según el estudio realizado por Chen et al. (2021), la adición de fosfatidilcolina saturada y fosfatidiletanolamina (conocidos como componentes lipídicos menores) a la manteca de cacao neutralizada y blanqueada o al chocolate comercial fundido y recristalizado a niveles de 0,1 % (p/p), seguido de un enfriamiento rápido a 20 °C en ausencia de cizallamiento, acelera la cristalización, estabiliza el polimorfo Forma V deseable e induce la formación de chocolate con una microestructura óptima, brillo superficial y resistencia mecánica.

Esto es debido a que muchas características importantes del chocolate de alta calidad dependen en gran medida de la estructura cristalina de los triacilgliceroles (TAG) presentes en la manteca de cacao.

El término "componentes menores" se refiere a moléculas de lípidos que no son TAG pero que están presentes en manteca de cacao en niveles de 3 % o menos, e incluyen monoacilgliceroles (MAG), diacilgliceroles (DAG), ácidos grasos libres (FFA), y fosfolípidos.

Según Chen et al. (2021), la manteca de cacao se compone principalmente de 3 ácidos grasos:

- Ácido esteárico 37,3 %
- Ácido palmítico 25.4%
- Ácido oleico 33.5%

Este estudio demostró que con la adición de fosfolípidos aumentó la tasa de cristalización en manteca de cacao, siendo uno de ellos la adición de fosfatidilcolina.

Dentro de este contexto, la lecitina jugó un papel importante para lograr buenas características de temperado, ya que está compuesta por fosfatidilcolina (PC), un fosfolípido constituyente del 15% (peso) del contenido total de grasa y fosfatidiletanolamina.

Por ello, se elaboró chocolate utilizando lecitina, con el propósito de determinar su efecto en el factor de calidad denominado "fatbloom". La figura 28 muestra los resultados de una barra de chocolate temperado utilizando la máquina temperadora, donde se puede apreciar como mejoró considerablemente la apariencia tanto de la cara como de la parte posterior, y presentó un buen brillo.



Figura 28. Barra de chocolate, utilizado lecitina. Cara superior.

Esto concuerda con los resultados obtenidos por Svanberg, *et al.* 2011, donde la adición de lecitina en muestra de chocolate desarrolló, transcurridos 15 minutos a 14 °C, una red de grasa homogénea, producto de la formación de numerosos sitios de nucleación y un rápido crecimiento de cristales, condiciones requeridas durante el proceso de temperado.



Figura 29. Barra de chocolate, utilizando lecitina. Cara posterior.

En la parte de la cara posterior ya no hubo formación de “fatbloom”, sin embargo, lo que se observa en la figura 29 son burbujas de aire que se formaron durante la etapa de moldeo, lo cual fácilmente se puede evitar mediante vibración de los moldes para retirar completamente las burbujas que se forman.

Con base a lo obtenido anteriormente, se determinó que el uso de la lecitina contribuye en gran medida a la obtención de buenas características en las barras, pues evita la separación de la grasa y le otorga buen brillo, por lo que su utilización es un factor de solución para el proceso de temperado.

Queda demostrado que los métodos de temperado, las formulaciones y uso de lecitina inciden en el proceso de temperado para la obtención de tabletas de chocolate de calidad, sumado a esto, las condiciones ambientales y de almacenamiento también fueron objeto de estudio y consulta en los diferentes

talleres impartidos por el especialista en chocolate. Los factores ambientales que fueron tomados en cuenta durante el temperado se resumen en el cuadro 10.

Cuadro 10. Factores ambientales que influyen en el proceso de temperado.

Factor	Escala
Temperatura de trabajo	22°C
Humedad relativa	<60%
Temperatura de Almacenamiento	14-18°C

La humedad se debe evitar durante todo el proceso, desde que se elabora el chocolate hasta que se tempera, ya que esta es causa de la separación de la grasa, así mismo, en aparatos de refrigeración, también es importante la ausencia de humedad, pues el almacenamiento es factor de gran interés para mantener el chocolate en perfecto estado.

6. Conclusiones

1. Mediante revisión bibliográfica, se logró determinar las diferentes formas polimórficas presentes en manteca de cacao, al igual que sus características de cristalización,
2. A través del uso de microscopia, se analizaron diferentes muestras de manteca de cacao donde se logró observar la formación y morfología de los cristales V, los cuales son los responsables de formar una red cristalina estable, así como lograr el buen brillo y chasquido en la tableta de chocolate. Esta evaluación sirvió de base para desarrollar la curva de temperado, teniendo en cuenta la temperatura de cristalización.
3. De acuerdo con la calidad de cacao, se trabajó con formulaciones al 65% y 70%, obteniéndose buenos resultados en cuanto a sus características sensoriales, así como de brillo, textura y buen desmolde, esto logrado mediante el proceso de temperado. Así mismo, se trabajó con cacao de variedad Trinitario, debido a que no se encontraron diferencias significativas en cuanto a su punto de fusión.
4. Se estableció la curva de temperado para chocolate negro, tanto para temperado en máquina como para temperado en mesa de mármol, utilizando en ambos casos, temperaturas superiores a las reportadas por la literatura, siendo la temperatura de fusión 55°C y un punto de temple de 35°C , ya que esta temperatura permite moldear sin que se solidifique demasiado rápido el chocolate. Sumado a esto, considerar los factores ambientales detallados en el cuadro 10.
5. Se elaboró el protocolo de temperado en máquina y la curva de temperaturas empleadas, de este modo, se logró obtener buenos resultados en tabletas de chocolate, resultados iguales a los obtenidos mediante temperado en mesa de mármol, por lo que se estableció que no hay diferencias entre ambos procesos de temperado, sin embargo, se comprobó que el método manual requiere el desarrollo de habilidad y destreza mediante práctica constante hasta lograr buenos resultados.

7. Recomendaciones

1. La dinámica de cristalización en manteca de cacao está sujeta a los factores de tiempo y temperatura, por lo que se recomienda estudiar más a profundidad cómo obtener un proceso de cristalización rápido y controlado mediante estudio con equipo adecuado.
2. Aplicar temperaturas de fusión superiores a 50°C y temperaturas de cristalización de 35°C al temperar chocolate negro con altos porcentajes de cacao, ya que esto permitirá la fusión de todas las formas cristalinas presentes y la formación correcta de los diferentes cristales durante las etapas de pre y cristalización.
3. Para evitar la afloración de la grasa usar lecitina en la formulación de chocolate.
4. Usar lecitina en un porcentaje del 0.3%, como una alternativa de solución para lograr mejores características de temperado en la barra de chocolate, ya que desempeña una buena función emulsificante debido a sus características estudiadas en este proyecto de pasantía.
5. Conocer el perfil del cacao, es decir, el conjunto de atributos o características sensoriales que diferencian una variedad de otra, al igual que su contenido graso, ya que este valor varía en función de factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico, sin embargo, es de gran importancia durante la formulación.

8. Bibliografía

- Bau, F. 2019.** Atemperar el chocolate. (en línea). Consultado 19 may.2022. Disponible en <https://www.valrhona.com/es/l-ecole-valrhona/descubra-l-ecole-valrhona/lexico-del-chocolate/atemperar-el-chocolate>
- Callebaut, B. Sf.** Temperado del chocolate. (en línea). Consultado 13 ago. 2021. Disponible en <https://www.barry-callebaut.com/es-ES/artesanos/chocovic/servicios/tecnicas/c%C3%B3mo-atemperar-chocolate>
- CAOBISCO/ECA/FCC. 2015.** Cacao en grano: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. (en línea). Consultado 18 ago. 2021. 110 p.
- Caravias, H. 2009.** El chocolate: cristales y atemperado. España. (en línea) consultado 15 abr. 2021. Disponible en <https://www.hosteleriasalamanca.es/opinion/hector-carabias/el-chocolate-cristales-y-atemperad.php#:~:text=La%20forma%20concreta%20en%20latemperatura%20entre%2018%C2%BA%20y%2025%C2%BAC.&text=A%20esta%20temperatura%20m%C3%A1s%20alta,de%20fusi%C3%B3n%20de%20unos%2033%C2%BAC>
- Centro de Investigación sobre el Cacao. 2016.** Protocolos para calidad del cacao: análisis del estado actual de la industria. Consultado 12 mar. 2021.pag.22
- Chen, J. Ghazani, S. et al. 2021.** Templado de manteca de cacao y chocolate utilizando componentes lipídicos menores. (en línea). Consultado 7 nov. 2021. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41467-021-25206-1>
- Codex Alimentarius. 2016.** Norma para el chocolate y los productos del chocolate. (en línea). Consultado 27 jun. 2022. Disponible en https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B87-1981%252FCXS_087s.pdf

- Codini, N. Et al. 2004.** Obtención y utilización de la manteca de cacao. (en línea) consultado 25 abr. 2021. Disponible en <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/Dialnet-ObtencionYUtilizacionDeLaMantecaDeCacao-3331434-1.pdf>
- Corriher, S. 2007.** Los elementos del chocolate. Chocolate templado. Nueva York. (en línea). Consultado 13 abr. 2021. Disponible en https://acselementsofchocolate.typepad.com/elements_of_chocolate/TEMPERINGCHOCOLATE.html
- Cot, J. 2016.** Los cristales que forma el chocolate. Efecto terciopelo en un estudio científico. (en línea) consultado 24 oct. 2021. Disponible en <https://www.pasteleria.com/noticia/201604/2307-los-cristales-que-forma-el-chocolate-efecto-terciopelo-en-un-estudio-cientifico>
- Cuamba, R. 2009.** Tesis: Caracterización de grasas alternativas a la manteca de cacao. (en línea). Consultado 16 sept. 2021. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/171902292/Caracterizacion-de-Grasas-Alternativas-de-La-Manteca-de-Cacao>
- Beckett ST. 2002.** La ciencia del chocolate. (en línea). Consultado 28 ene. 2022. disponible <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/873/3/AL421.pdf>
- ECURED. 2020.** Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD). (en línea). Consultado 12 may. 2022. Disponible en [https://www.ecured.cu/Centro_de_Investigacion_y_Desarrollo_en_Salud_\(El_Salvador\)](https://www.ecured.cu/Centro_de_Investigacion_y_Desarrollo_en_Salud_(El_Salvador))
- Escudero E. 2020.** Lecitina de soya. El emulsionante versátil. (en línea). Consultado 28 ene. 2022. disponible <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/lecitina-de-soya-el-emulsionante-versatil/>
- Fernández, V. Sandoval, A. 2013.** Características térmicas, estructurales y reológicas del chocolate negro con diferentes composiciones. (en línea). Consultado 15 oct. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877412005869>

- Food-Info. 2021.** ¿Qué factores determinan el punto de fusión del chocolate? (en línea). Consultado 28 may.2022. Disponible en <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp45.htm>
- Gutiérrez, M.Sf.** Principios de formulación de un chocolate dark o amargo. (en línea). Consultado 19 nov.2021. Disponible en <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/aminoje/files/2014/03/atemperado-chocolate-.pdf>
- Hinojosa, M. 2021.** ¿Cómo atemperar chocolate? (en línea). Consultado 16 ago. 2021. Disponible en <https://www.mykaramelli.com/blog/como-atemperar-chocolate/>
- Infobae. 2017.** Chocolate amargo: 5 beneficios de consumir un poco todos los días. (en línea). Consultado 25 jun.2022. Disponible en <https://www.infobae.com/tendencias/nutriglam/2017/03/04/chocolate-amargo-5-beneficios-de-consumir-un-poco-todos-los-dias/>
- Kinta, Y; Hartel, R. 2010.** Formación de floración en chocolate mal templado y efectos de la adición de semillas.(en línea). Consultado 12 ago. 2021. Disponible en <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1007/s11746-009-1473-5>
- Leon, S. 2018.** Evaluación del comportamiento de los triglicéridos POP, POS Y SOS en la cristalización fraccionada y separación de una mezcla grasa para la obtención de CBE. (en línea). Consultado 20 sep. 2021. Disponible en <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6719/1/6112818-2018-1-IQ.pdf>
- López, H. 2018. La manteca de cacao: lo más valioso del chocolate.** (en línea). Consultado 20 abr. 2022. Disponible en <https://helenchocolate.es/la-manteca-cacao/>
- Manning, DM. Dimick, PS. 1985.** Morfología cristalina de la manteca de cacao. (en línea). Consultado 7 ago. 2021. Disponible en: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1103&context=foodmicrostructure>

- Notman, M. 2015.** Chocolate bien templado. (en línea). Consultado 24 abr. 2021. Disponible en <https://www.chemistryworld.com/features/well-tempered-chocolate/9200.article>
- Rincón, J. 2013. Chocolate.** (en línea). Consultado 10 ago. 2021. Disponible https://www.researchgate.net/publication/256657226_Chocolate
- Sabrina, S. 2017.** Templar el chocolate: la ciencia y el arte. (en línea) consultado 6 abr. 2021. Disponible en <https://straitsoadkitchen.com/tempering-chocolate-the-science-and-art/>
- Svanberg, L. Loren, N. 2011.** Cristalización de la manteca de cacao y la microestructura resultante en sistemas modelo de chocolate. (en línea). Consultado 12 nov. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211601X11002823>
- USAID (U.S. Agency for International Development). 2018.** Guía para la ficha de catación para análisis sensorial de cacao. Consultado 18 mar. 2021.pag.24

9. Anexos

EVALUACIÓN No.

 **Coexca**
Comité Ejecutivo

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE CACAO SECO EN GRANO

ORIGEN DE LA MUESTRA		ORGANIZACIÓN	
N° LOTE		MUNICIPIO/DEPARTAM.	
FECHA DE MUESTREO	22-10-21	FECHA DE EVALUACIÓN	22-10-21
CÓDIGO DE LA MUESTRA		EVALUADOR	

1. Descripción general

Muestra	Criterio	Valor de referencia	Medición
Muestra de 1.000 gr.	Aroma de la muestra	Típica de cacao (T), Atípica (A)	T
	Apariencia externa de la muestra	Homogénea (H), No homogénea (NH)	NH

2. Material tamizado

1.000 gr. (tamizado, malla de 5,00 mm)	Material tamizado (gr.)	Partículas extrañas, tierra, restos de cacao, cascarilla, otros, en gramos y luego expresado como % sobre los 1.000 gr.	0%
--	-------------------------	---	----

3. Residuos y material extraño

		A. Subtotal Tamizado %	0%
Separación manual en la muestra restante, medición en peso y % expresado sobre la muestra de 1.000 gr.	Contenido residuos (cacao) (%)	Partes de cáscaras, granos, placentas, hojas u otras partes de cacao.	0.3%
	Granos aplastados o partidos (pasilla) (%)	Granos planos que no permiten su corte longitudinal.	13.6%
	Contenido materias extrañas (%)	Piedras, madera, hojas, granos de suelo y otros materiales no propios de la planta de cacao.	
	Restos de insectos (%)	Partes o insectos enteros, vivos o muertos en la muestra.	3.2%
	Granos pegados (%)	Dos o más granos que se encuentran fuertemente pegados	
		B. Subtotal residuos y material extraño% (suma)	17.1%
		Total granos enteros (100% - A-B)	82.9%

4. Índice de grano y humedad

		1	2	3	Promedio
3 submuestras, peso según el equipo de medición	Contenido de humedad % (m/m)	7.1	7.4	6.9	7.1
3 submuestras, cada una de 100 granos	Índice de grano (peso de 100 granos (expresado en gramos)	111	115	112	112.6

5. Evaluación sobre corte de granos enteros

		1	2	3	Promedio
3 submuestras de 100 granos enteros c/u, (prueba de corte, expresado en %). La suma de cada columna debe ser de 100%	Granos sin fermentar, violetas (%)	64%			
	Granos sobre fermentados (%)	-			
	Granos dañados por insectos (%)	-			
	Granos germinados (%)	-			
	Granos mohosos (%)	-			
	Granos pizarrosos (%)	12%			
	Granos con manchas blancas (%)	-			
	Parcialmente fermentados (%)	4%			
Suma (debe ser 100%)		100%			

% de fermentación total (suma de los promedios de completa y parcialmente fermentados) 24%

% de granos no deseados (100% - % fermentación total) 76%

6. Análisis de laboratorio de granos enteros

		1	2	3	Promedio
En grano sin cascarilla	pH	6.60	6.42	6.66	6.56
En grano sin cascarilla	Cadmio (ppm), N° análisis: 1356 CD				

RESULTADOS EVALUACIÓN

EVALUACIÓN GLOBAL	Grado 1 <input type="checkbox"/>	Grado 2 <input type="checkbox"/>	Grado 3 <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES GENERALES			

ELABORADO POR EL GRUPO ASISTENTE
Coexca - 2010
Coexca - 2010
Coexca - 2010

Elaborado por: Miguel Ansel Pérez, Coordinador General Proveedor COEXCA

Figura A 1. Hoja para el control de calidad en grano seco.



Figura A 2. Clasificación de granos seco de cacao con base a sus características de fermentación

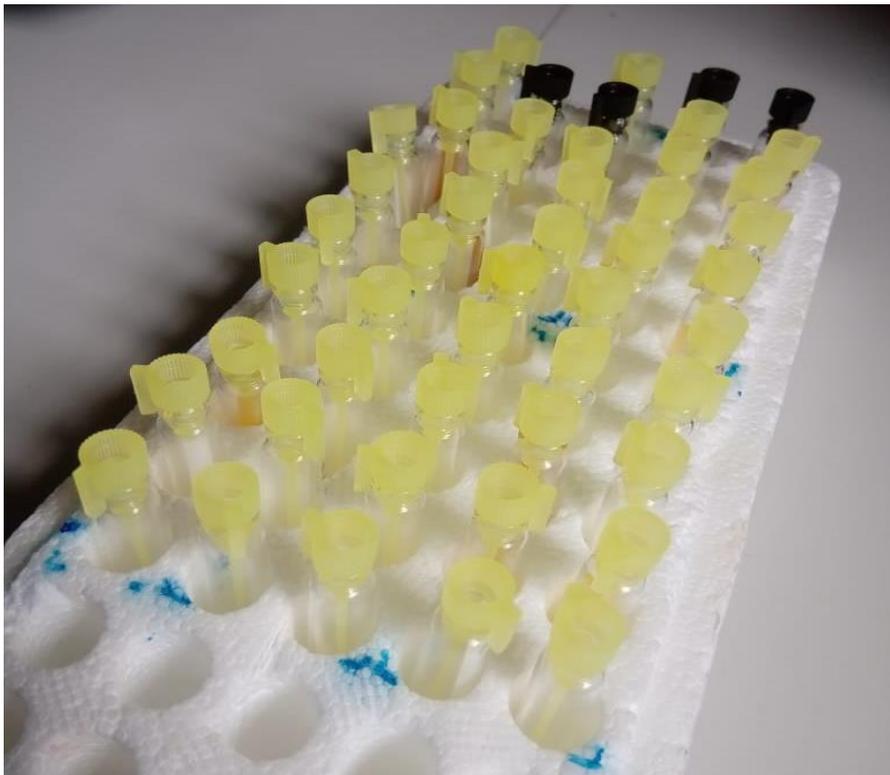


Figura A 3. Kit de aromas.

Chocolate negro al 70%

Consideraciones:

Chocolate de uso múltiple: 39%

Contenido de grasa en la masa de cacao (%G): 50%

Balance de masa

$$LqC + MC + Az + Em = 100\%$$

$$LqC + MC + 29.7\% + 0.3\% = 100\%$$

$$LqC + MC = 100\% - 29.7\% - 0.3\%$$

$$LqC + MC = 70\% \dots \dots \dots \text{Ecuación 01}$$

Balance de Grasa

$$\%G (LqC) + MC + Em = 39\%$$

$$0.50(LqC) + MC + 0.3\% = 39\%$$

$$0.50(LqC) + MC = 39\% - 0.3\%$$

$$0.50(LqC) + MC = 38.7\% \dots \dots \dots \text{Ecuación 02}$$

Ecuación 01 – Ecuación 02

$$1LqC + MC = 70\%$$

$$-0.50 (LqC) - MC = -38.7\%.$$

$$0.50 (LqC) = 31.3\%$$

$$(LqC) = 31.3\% / 0.50$$

$$(LqC) = \mathbf{62.6\%}$$
 (Pasta de cacao o licor de cacao)

$$MC = 70\% - 62.6\%$$

$$MC = \mathbf{7.4\%}$$
 (Manteca de cacao)

Masa de cacao= (LqC)

Manteca de cacao =(MC)

Azúcar= (Az)

Figura A 4. Formulación de chocolate negro al 70% con lecitina como emulsionante



Figura A 5. Máquina atemperadora Chocovision Minirev

