

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



“Tecnologías para la elaboración de chocolate y productos semielaborados de cacao en la Planta Procesadora de Cacao, parte del Programa de Agroindustria del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA)”

POR

DIANA VERÓNICA GARCÍA GUZMÁN

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



“Tecnologías para la elaboración de chocolate y productos semielaborados de cacao en la Planta Procesadora de Cacao, parte del Programa de Agroindustria del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA)”

POR

DIANA VERÓNICA GARCÍA GUZMÁN

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. MSc. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO:

ING. MSc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ING. MSc. OSCAR ALONSO RODRIGUEZ GRACIAS

ASESOR INTERNO

ING. AGR. MSc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRIOS

ASESORA EXTERNA

ING. ANA MARGARITA ALVARADO

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADO DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

RESUMEN

El cacao es una de las materias primas agrícolas más importantes del comercio internacional y como tal, es una fuente indispensable de divisas para los países productores. Es uno de los principales productos agrícolas no perecederos que se comercializa en las bolsas principales del mercado mundial

Con el objetivo de contribuir al desarrollo del rubro del cacao en el país, se realizó una pasantía profesional en el Programa de Agroindustria del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA), la cual consistió en realizar y documentar las diferentes actividades realizadas en la Planta Procesadora de Cacao para la obtención de chocolate y productos semi elaborados de cacao.

Como resultado, se adquirió conocimiento teórico y práctico los siguientes procedimientos: cosecha, poscosecha, clasificación de granos de cacao, descascarillado, tostado, pre refinado, refinado, prensado (obtención de manteca de cacao y cocoa); formulación, elaboración y atemperado de chocolate para barras y bombonería; elaboración de chocolate de tablilla; análisis sensorial de cacao en grano y licor de cacao, en cada uno de estos procesos, se aprendió el manejo de los equipos utilizados, así como los parámetros de calidad, que con base a los datos obtenidos en las diferentes pruebas que se realizaron, garantizan la buena calidad de los productos y subproductos elaborados en la Planta Procesadora de Cacao. También se elaboró el documento "Control de operaciones en el procesamiento de cacao", donde se recopilan los resultados obtenidos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	10
3. INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN	11
3.1. Datos generales	11
3.2. Antecedentes de la institución	12
3.3. Recursos.....	13
3.4. Servicios proporcionados por la unidad productiva.....	13
4. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DEL SECTOR.....	14
5. MARCO TEÓRICO.....	16
5.1. Cosecha.....	16
5.2. Poscosecha	16
5.2.1. Partido de los frutos.....	16
5.2.2. Fermentación	17
5.2.3. Secado	17
5.3. Procesamiento del cacao.....	18
5.4. Productos obtenidos en el procesamiento de cacao	19
5.5. Normativas	19
5.6. Evaluación física de granos.....	20
5.7. Evaluación sensorial de licor de cacao.....	21
6. METODOLOGÍA.....	22
6.1. Metodología de oficina.....	22
6.2. Metodología de campo	22
6.3. Metodología de laboratorio	25
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
7.1. Práctica de cosecha y poscosecha del cacao.....	32
7.2. Práctica de clasificación de grano de cacao.	37
7.3. Práctica de tostado de grano de cacao.	38

7.4.	Práctica de descascarillado.....	38
7.5.	Práctica del proceso de pre refinado y refinado.	40
7.6.	Práctica del proceso de prensado (cacao en polvo y manteca de cacao).....	41
7.7.	Práctica sobre procesamiento tecnificado para la elaboración de chocolate de tablilla.....	41
7.8.	Formulación y elaboración de chocolate.	42
7.9.	Práctica del proceso de atemperado de chocolate.....	42
7.10.	Proceso de elaboración de barras de chocolate.	44
7.11.	Técnicas básicas de bombonería.....	44
7.12.	Aprendizaje del análisis sensorial de grano y licor de cacao.....	44
8.	CONCLUSIONES	46
9.	RECOMENDACIONES	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica de la Sede Central de CENTA y la Estación Experimental San Andrés 1. Tomado de Google Maps, 2023.	11
Figura 2.	a) Caseta de fermentación y b) Caja tipo Rohan	23
Figura 3.	Medición de temperatura con termómetro digital.	24
Figura 4.	Proceso poscosecha de cacao.	25
Figura 5.	Procesamiento de cacao.	27
Figura 6.	Formulación y elaboración de chocolate.....	30
Figura 7.	Guillotina utilizada para determinar el porcentaje de fermentación.	31
Figura 8.	Mazorcas obtenidas en la cosecha.	32
Figura 9.	Proceso de fermentación del grano de cacao.	33
Figura 10.	Temperatura durante el proceso de fermentación aeróbica.	34
Figura 11.	Comparativa del pH de testa y cotiledón durante el proceso de fermentación.	35
Figura 12.	Pruebas de corte realizadas durante la fermentación.....	36
Figura 13.	Grano de cacao en patio de secado.	37
Figura 14.	Granos de cacao clasificados por su tamaño.....	37

Figura 15. Comparativa de granos pequeños y grandes.	38
Figura 16. Grados de tostado de grano de cacao.	38
Figura 17. Chocolate refinado y empaçado.	40
Figura 18. Productos obtenidos en la práctica: a la izquierda manteca de cacao y a la derecha, cocoa (cacao en polvo).	41
Figura 19. Chocolate en tablilla obtenido en la práctica.	42
Figura 20. Chocolate con leche obtenido en la práctica.	42
Figura 21. Curva de temperatura de atemperado en mesa de granito.	43
Figura 22. Gráfico de curva de temperatura de atemperado de siembra.	43
Figura 23. Barras de chocolate con leche obtenidas en la práctica.	44
Figura 24. Barras de chocolate con leche decoradas, bombones rellenos y decorados.	44
Figura 25. Prueba de corte realizada en la práctica.	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temperaturas de atemperado según el tipo de chocolate	19
Cuadro 2. Formulación para chocolate de tablilla	28
Cuadro 3. Formulación para chocolate blanco.	28
Cuadro 4. Formulación para chocolate con leche	28
Cuadro 5. Datos obtenidos durante el proceso de fermentación de grano de cacao.	33
Cuadro 6. Datos obtenidos en la práctica de descascarillado.	39
Cuadro 7. Resultados obtenidos en la práctica de prensado.	41
Cuadro 8. Curva de temperatura de atemperado en mesa de granito.	42
Cuadro 9. Curva de temperatura de atemperado de siembra.	43
Cuadro 10. Resultados obtenidos en la práctica de análisis sensorial de grano de cacao.	45
Cuadro 11. Notas de sabor identificadas en el análisis sensorial de licor de cacao.	45

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) ha sido un cultivo muy importante en la historia de El Salvador. Según (Esquivel et. al., 2015) “El fruto del cacao se ha cultivado y consumido desde hace más de 3000 años, por los pueblos mayas que habitaron México, Guatemala, Honduras y el occidente de El Salvador”. (Esquivel García, García Aguilar, & Ortez Canales, 2015)

De acuerdo a ES-CACAO (2014) “A mediados del siglo XVIII, ocurrieron varios acontecimientos que contribuyeron al declive del cultivo de cacao en la zona de los Izalcos, y para el siglo XX, el cultivo desapareció como uno de los cultivos importantes en El Salvador”.

La Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador realizó esfuerzos para la conservación de materiales autóctonos, especialmente de almendra blanca; capacitaciones en la Estación Experimental y de Prácticas sobre la transformación de cacao en diferentes productos como la tablilla de chocolate y bombones. (Universidad de El Salvador, 2019) Asimismo, el MAG a través del CENTA, recuperó la base genética del cultivo de cacao de alta calidad para resguardar este material y desarrollar investigaciones para su transferencia tecnológica. (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2018)

Con el objetivo de contribuir al desarrollo del rubro del cacao en el país, se realizó una pasantía profesional en el Programa de Agroindustria del CENTA, donde se aprendieron y documentaron los siguientes procesos tecnificados: cosecha, poscosecha, clasificación de granos de cacao, descascarillado, tostado, pre refinado, refinado, prensado (obtención de manteca de cacao y cocoa); formulación, elaboración y atemperado de chocolate para barras y bombonería; elaboración de chocolate de tablilla; análisis sensorial de cacao en grano y licor de cacao. También se elaboró un documento técnico titulado “Control de operaciones en el procesamiento de cacao”, donde se presentan los parámetros a medir durante la elaboración de chocolate y productos semi elaborados de cacao; este documento tiene como fin disponer de recursos técnicos en beneficio de los actores de la cadena de valor de cacao.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Analizar la cadena de valor del cacao, con énfasis en los procesos de elaboración de chocolate y productos semielaborados para comparar datos obtenidos en CENTA con estándares nacionales e internacionales.

2.2. Objetivos específicos

- Registrar el uso de tecnologías innovadoras en la elaboración de productos a base de cacao en la Planta Procesadora de Cacao.
- Comparar los datos obtenidos en las prácticas de procesamiento de cacao con parámetros de calidad utilizados en otras investigaciones científicas.
- Elaborar un documento que sintetice los parámetros de calidad dentro del procesamiento de cacao para obtención de chocolates y productos semielaborados de cacao.

3. INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

3.1. Datos generales

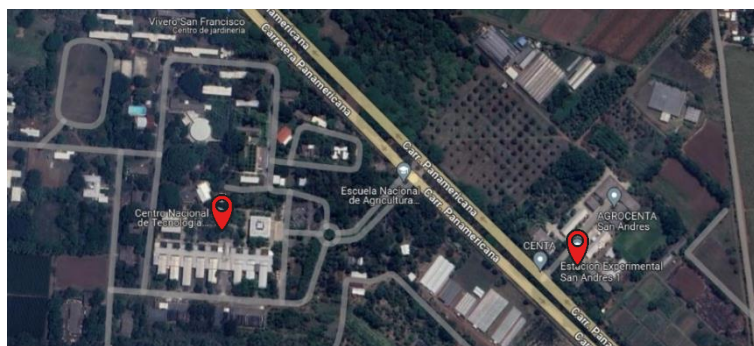
La pasantía profesional se realizó en el Programa de Agroindustria del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal - Enrique Álvarez Córdova (CENTA).

3.1.1. Localización

3.1.1.1. Sede central del CENTA. Se desarrolló dentro del Programa de Agroindustria, principalmente en el área de la Planta Procesadora de Cacao, ubicada en km 33 1/2 Carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad con coordenadas geográficas N 13°80' y W 089°40', a 473 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Figura 1).

3.1.1.2. Estación Experimental San Andrés 1 del CENTA. Se realizó en el Centro de Poscosecha de Cacao de la Estación Experimental San Andrés 1, ubicada en km 33 1/2 carretera a Ciudad Arce, La Libertad, con coordenadas geográficas N 13°48' y W 089°23' a 460 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Figura 1).

Figura 1. Ubicación geográfica de la Sede Central de CENTA y la Estación Experimental San Andrés 1. Tomado de Google Maps, 2023.



3.1.2. Organigrama de CENTA

Dentro de la estructura organizativa del CENTA, se encuentra la Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico, encargada de la creación y distribución de nuevas tecnologías en el

sector Agropecuario. Dentro de la Gerencia, están los Programas de Investigación, siendo uno de estos el Programa de Agroindustria (A-1).

3.2. Antecedentes de la institución

En el año 1942 se creó el “Centro Nacional de Agronomía” (CNA) siendo su principal objetivo el fomento de la producción lucrativa de artículos agrícolas tropicales exportables, básicos y estratégicos. A través de los años se reestructuró y renombró múltiples veces hasta que en 1993 se creó el “Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA)”, siendo su principal objetivo el contribuir al incremento de la producción agropecuaria y forestal, por medio de la generación y transferencia de tecnología idónea para cultivos, especies animales y recursos naturales renovables, ([CENTA], 2015).

De acuerdo a los Art. 1 y 2 de la Ley de Creación del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (1993), el CENTA es una Institución Autónoma de Derecho Público, de carácter científico y técnico, con personalidad jurídica y patrimonio propio; con autonomía en lo administrativo, en lo económico y en lo técnico; cuyo funcionamiento y objetivos se rigen por las políticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y las políticas de desarrollo agropecuario y forestal del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería); está adscrito al MAG y su acción cubre todo el país, buscando siempre la coordinación de actividades similares o complementarias que realicen otras entidades públicas, privadas, nacionales e internacionales.

Según [CENTA] (2022), sus principales prioridades según los objetivos estratégicos sectoriales e institucionales 2019-2024, son las siguientes:

- Seguridad alimentaria y nutricional.
- Fomento sostenible de la producción; comercialización de frutas y hortalizas.
- Fomento sostenible de la producción y generación de valor agregado del cacao.
- Reactivación y modernización de la ganadería nacional.
- Fortalecimiento de la producción y comercialización de la miel
- Sustentabilidad ambiental, mitigación y adaptación al cambio climático.

Dentro del Programa de Agroindustria se realizan actividades para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional, así como también el fomento sostenible sobre la generación de valor agregado del cacao.

3.3. Recursos

3.3.1. Naturales

El CENTA cuenta con agua potable apta para consumo, actividades de limpieza y aseo personal realizadas por los empleados dentro de las oficinas y la Planta Procesadora de Cacao.

3.3.2. Instalaciones y equipos

El Programa de Agroindustria cuenta con tres áreas:

- Oficinas administrativas
- Planta de Procesamiento de Cacao
- Centro de Capacitaciones

El equipo utilizado en la Planta Procesadora de Cacao se describe en el A-3 y el equipo utilizado en el Centro de Capacitaciones se describe en el A-4.

3.3.3. Humanos

El Programa de Agroindustria del CENTA cuenta con 7 empleados, los cuales se dividen de la siguiente manera:

- a) Coordinadora: 1 persona
- b) Técnicos: 5 personas
- c) Auxiliar: 1 persona

3.4. Servicios proporcionados por la unidad productiva

La Planta Procesadora de Cacao del CENTA, ofrece a productores y emprendedores servicios de procesamiento de chocolate y productos semi elaborados de cacao, así como otros servicios varios, los cuales se detallan en A-2.

4. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DEL SECTOR

El cacao es una de las materias primas agrícolas más importantes del comercio internacional y como tal, es una fuente indispensable de divisas para los países productores. Es uno de los principales productos agrícolas no perecederos que se comercializan en las bolsas principales del mercado mundial (bolsa de Londres [NYSE Liffe] y la bolsa de Nueva York [ICE Futures US]), (Cruz Montesinos, 2012).

“En los últimos años del siglo XVI, el país estaba establecido como uno de los mayores productores de cacao, siendo Izalco el principal centro de producción y comercialización del cacao” Browning (1998).

“A finales del siglo XVII, la producción de cacao disminuyó por epidemias que atacaron a la población indígena, la erupción del volcán de Izalco y la suma de Venezuela y Ecuador como grandes productores, restándole competitividad a El Salvador” (Fraile Saget *et al.* 2018).

“Esto trajo grandes consecuencias en el área productiva del cultivo de cacao, por lo que el sector agroindustrial no pudo aprovechar el potencial de desarrollo de la cadena de valor del cacao” ([MAG], 2018).

El Salvador es deficitario en la producción de grano de cacao, en promedio importa de Centroamérica cerca del 71% de sus requerimientos anuales, siendo Nicaragua su principal abastecedor. De la producción nacional de cacao, cerca del 8%, se exporta como cacao fino de aroma y su principal mercado es Honduras y Estados Unidos, (Alianza Cacao, 2021).

La Universidad de El Salvador a través de la Facultad de Ciencias Agronómicas, el departamento de Fitotecnia y la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), realizó un proyecto sobre la colecta de germoplasma de cacao, principalmente de almendra blanca, y en menor proporción otras variantes de cacaos criollos. También, se realizaron capacitaciones en la EPP sobre procesos artesanales en el procesamiento de cacao para la obtención de diferentes productos como la tablilla de chocolate y bombones. Además, el Departamento de Fitotecnia

en un acuerdo con CARITAS de El Salvador, capacitó productores de cacao en propagación por injerto, (Universidad de El Salvador, 2019).

En la década del 2010, el MAG ejecuta el Plan de Agricultura Familiar y Emprendedurismo Rural para la Seguridad Alimentaria y Nutricional (PAF) 2011-2014, como parte del Plan Quinquenal de Desarrollo 2010-2014. El plan fue desarrollado por el MAG y el IICA por un período de 21 meses; al finalizar este período, el IICA le transfirió las capacidades técnicas y gerenciales al MAG y al CENTA. Actualmente, el CENTA da seguimiento a las acciones relacionadas con el PAF-Cadena Productiva de cacao, (Say et al., 2013).

De acuerdo al Anuario de Estadísticas Agropecuarias del ([MAG], 2021), “se reporta que en el periodo 2021-2022 se importaron 1,032,987 kg de cacao (grano entero o partido, crudo o tostado)”, esto indica que, aunque la producción ha aumentado en los últimos años, aún no se logra satisfacer la demanda nacional.

A escala mundial, el crecimiento del consumo de chocolates artesanales se ha incrementado notablemente en los últimos años. Durante este período, la demanda de cacao convencional ha crecido a un ritmo medio de 3% al año, mientras que la de cacao fino de aroma alcanzó hasta un 9% de crecimiento anual, (Ríos et. al., 2017).

Debido al incremento en la producción de cacao en el país y a la expansión del mercado del cacao fino de aroma, surge la oportunidad de establecer la base técnica de la cadena de valor del cacao.

Para contribuir al conocimiento sobre el cultivo de cacao y las técnicas agroindustriales sobre la producción de chocolate y productos semielaborados de cacao, se realizó una pasantía profesional dentro del Programa de Agroindustria del CENTA, donde se desarrollaron y documentaron los conocimientos y herramientas necesarias para potenciar nuevos agentes de cambio, para el desarrollo del rubro de cacao en El Salvador, aprovechando las cualidades especiales del cacao cultivado en el país, con la finalidad de contribuir a la población salvadoreña con una nueva fuente de sustento económico.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Cosecha

La cosecha consiste en el corte y recolección de las mazorcas maduras. El intervalo recomendado entre cosechas es de 8 a 15 días, si este período se excede, hay riesgo de pérdida de frutos por sobre madurez, robo, plagas y enfermedades, (Dubón & Sánchez, 2016).

Los frutos o mazorcas de cacao se cosechan cuando llegan a madurez fisiológica, momento en que alcanzan la mayor cantidad de azúcares. La mayor característica de un fruto maduro es el cambio de color en su cáscara, que va a depender de la variedad de cacao. Por lo general las variedades de mazorcas verdes al madurar se tornan de color amarillo y las variedades de mazorcas rojas se tornan de un color rojo intenso o anaranjadas. Otra práctica para identificar la madurez antes de la cosecha, es golpear con los dedos la mazorca y obtener un sonido hueco. (GrandSur s.f.).

Las condiciones de lluvia, temperatura y luz durante el desarrollo de las mazorcas influyen en las características de los granos de cacao. Las mazorcas que se desarrollan durante la estación seca tienden a contener granos más pequeños y menos baba que las que se desarrollan durante la estación húmeda, (Fraatz, 2021).

5.2. Poscosecha

5.2.1. Partido de los frutos

El partido de la mazorca de cacao se hace para extraer los granos frescos, también conocidos como cacao en baba. Esta operación se debe efectuar en un sitio preferiblemente de cemento o cubierto con un plástico de modo que aisle tierra, arena o lodo que puede adherirse a la cáscara de las mazorcas. Antes de partir los frutos, se deben separar los frutos sanos y maduros de los sobre-maduros, enfermos, daños por plagas, o con daños físicos; al separarlos, se garantiza la calidad del grano en la fermentación, (Dubón & Sánchez, 2016).

5.2.2. Fermentación

“Se refiere a la descomposición de la pulpa del cacao por parte de microorganismos tales como levaduras y bacterias, donde como resultado de su metabolismo se obtienen los precursores de aroma y sabor que caracterizan el chocolate” (Patrimonio Natural, 2020).

La fermentación del cacao debe alcanzar temperaturas cercanas a los 50°C para el día 4 de fermentación, y la cantidad mínima de granos húmedos para una fermentación adecuada es de 100 kg (220 libras). La fermentación de cantidades muy pequeñas de granos perderá calor y la fermentación será deficiente, (Fraatz, 2021).

Dentro de la fermentación, se pueden identificar dos fases:

5.2.2.1. Fermentación anaeróbica o alcohólica. Durante esta fase que comprende las primeras 24 horas, las levaduras predominan debido al bajo pH (3-4), las cuales consumen los azúcares y las transforman en alcohol por la ausencia de oxígeno, finalizando cuando la concentración de alcohol (alrededor del 12%) aumenta en la masa, se consumen todos los azúcares del mucílago y se eleva el pH, esto hace que la levadura muera, (Fraatz, 2021).

5.2.2.2. Fermentación aeróbica o acética. Comienza una vez finalizada la fermentación anaeróbica. Para que este proceso ocurra es necesaria la presencia de oxígeno en la masa de cacao, el cual debe ser volteado y expuesto al oxígeno. En este proceso, la bacteria *Acetobacter* convierte el alcohol (etanol) en ácido acético, el cual penetra completamente en los granos de cacao, mata el cotiledón y abre fisuras mientras produce precursores de sabor, (Fraatz, 2021).

5.2.3. Secado

Durante el secado la humedad interna de los granos de cacao pasa de cerca del 60% hasta 7%. En este proceso, continúan las transformaciones físicas y químicas que no alcanzan a completarse durante la fermentación generando las características organolépticas deseables, (Dubón & Sánchez, 2016).

Cuando la humedad desciende a más del 6%, los granos se vuelven quebradizos, pero si no se secan al punto indicado, son más susceptibles al ataque de moho (hongos), que producen micotoxinas patógenas (ocratoxina) que presentan un riesgo para la salud humana (Fraatz, 2021).

5.3. Procesamiento del cacao

Según Aguero (2012) el procesamiento del cacao consiste en los siguientes pasos:

- **Limpieza:** consiste en la eliminación de los objetos como piedras, cuerdas, granos pegados, ramitas, etc., que acompañan al cacao en grano que se utilizará como materia prima.
- **Tostado:** el objetivo es obtener el sabor adecuado para cada producto. El grano de cacao se eleva hasta la parte superior del tostador de forma que se va tostado por medio de vapor de agua procedente de la parte inferior del mismo.
- **Descascarillado:** consiste en la separación de la cascarilla del resto del grano. La cascarilla se rechaza y el grano se aprovecha para la fabricación.
- **Molido o pre refinado:** una vez que el cacao ha sido tostado y descascarillado, se procede al molido de la masa, hasta la obtención de un producto líquido conocido con el nombre de licor de cacao, que será la materia prima básica para la obtención de los chocolates.
- **Prensado:** en este proceso se separa la grasa de los sólidos de cacao mediante la presión, obteniendo como resultado: manteca de cacao y torta de cacao, la cual se rompe y se pulveriza para obtener cocoa (cacao en polvo).
- **Refinado o conchado:** se obtiene un producto muy fino de un tamaño de partícula impalpable, de forma que pasa perfectamente por el paladar sin sentir ninguna rasposidad.
- **Atemperado:** en este proceso se forman cristales estables de manteca de cacao que hacen que el producto tenga brillo y se desprege perfectamente del molde. Siempre que el producto se mantenga en un lugar fresco y seco, estará en las condiciones adecuadas para su consumo.

De acuerdo a la formulación del chocolate, la curva de temperatura será como se muestra a continuación (Cuadro 1):

Cuadro 1. Temperaturas de atemperado según el tipo de chocolate

Tipo de chocolate	Fundido	Enfriado	Atemperado
Chocolate negro	45-50°C	28-29°C	31-32°C
Chocolate con leche	45-50°C	26-27°C	31-32°C
Chocolate blanco	45°C	26-27°C	29-30°C

Tomado de CENTA, 2023.

5.4. Productos obtenidos en el procesamiento de cacao

De acuerdo con Cruz (2012) “a partir del fruto de cacao se obtienen varios productos como el cacao en grano, los productos semielaborados y como producto terminado, el chocolate”

Productos semielaborados: dentro de los productos semi elaborados del cacao están:

- **Licor de cacao:** es una pasta fluida que se obtiene del cacao a partir de un proceso de molienda. Se utiliza como materia prima en la producción de chocolates.
- **Manteca:** es la materia grasa del cacao obtenida al someterse al proceso de prensado. Es utilizada en la producción de chocolate, cosméticos y farmacéuticos.
- **Torta:** es la fase sólida del licor de cacao obtenida al someterse al proceso de prensado. Se utiliza en la elaboración de chocolates.
- **Polvo:** la torta puede ser pulverizada y convertirse en polvo de cacao. El cacao en polvo se utiliza en panadería, pastelería, helados, confitería y bebidas.

Productos elaborados: es principalmente el chocolate, que puede ser: barras, tabletas, bombones, coberturas, blanco, en polvo, relleno, etc., obtenidos a partir de mezclas con otros productos o frutos secos, (Cruz, 2012).

5.5. Normativas

De acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria [NSO] (2000), la composición de los diferentes tipos de chocolates se distribuye como se muestra en el A-5.

5.6. Empacado de grano de cacao y productos derivados

Empacado de grano: según la Cooperación Suiza en América Central (2022), para almacenar grano de cacao fermentado y seco se deben “utilizar bolsas de plástico limpias y nuevas, la bolsa debe ser tipo ziploc con sello de seguridad y libre de BPA”, esto aplica para muestras pequeñas de grano.

Para cantidades grandes se deben usar costales de yute y si todavía están caliente el grano, se dejará enfriar antes de ensacarlos. El ambiente donde se va almacenar debe estar exento de olores extraños, como los provenientes de pesticidas, combustible, alimentos con olores penetrantes, etc. Se debe evitar del todo la contaminación por humo (Asociación Peruana de Productores de Cacao [APPCACAO], s.f.).

Empacado de chocolate y productos semielaborados: a nivel práctico, el chocolate no requiere envases muy diferentes a los que se aprovechan en todo el sector de dulces y confitería, que son hechos de plástico. Algunos aspectos clave que deben tener estos envases son la protección contra la humedad y la luz: El chocolate es muy susceptible a la humedad y la luz, ya que pueden afectar su calidad. Un buen envase debe garantizar un sellado hermético para evitar la entrada de aire y la posible oxidación del chocolate (SPGroup, 2023).

5.7. Evaluación física de granos

Según Cacao de Excelencia (2023), la evaluación física de granos se divide en dos fases:

- **Evaluación física de granos enteros:** tiene como objetivo describir la apariencia externa general; describir el aroma externo; medir la pérdida por limpieza; categorizar el material extraño y relacionado con el cacao; calcular el rendimiento de granos de cacao limpios, enteros y bien formados; estimar el tamaño medio de los granos mediante el conteo de granos y el índice de granos.
- **Evaluación física de granos cortados:** se utiliza para evaluar visualmente la calidad física de los granos, incluido el color, el agrietamiento interno y la presencia de defectos. Además, se evalúa el aroma de los granos cortados.

Para evaluar la calidad física de los granos de cacao, se basa en la evaluación cualitativa y cuantitativa de criterios específicos, determinados mediante la prueba de corte. Estos criterios incluyen:

- **Defectos:** la presencia de granos enmohecidos, germinados o dañados por insectos.
- **Atributos sensoriales:** la detección de olores ahumados, mohosos o ajamonados.
- **Grado de fermentación:** examinar el color y el agrietamiento de la superficie de los granos cortados para determinar el nivel de fermentación, distinguiendo entre superficies lisas o agrietadas.

Según la Ficha técnica de calidad de grano de cacao de CENTA (A-6), los parámetros de calidad en grano de cacao son los siguientes:

5.8. Evaluación sensorial de licor de cacao

De acuerdo a Cacao de Excelencia (2023), se evalúan los atributos de sabor y la calidad global de los granos de cacao fermentados, secos y tostados procesados en masa sin ningún ingrediente adicional, basándose en la norma ISO 13299:2016. El objetivo principal es un perfil sensorial de uno de los dos tipos siguientes:

Perfil sensorial de sabor cuantitativo: se obtiene mediante el análisis estadístico de los datos generados por varios evaluadores (panel) que evalúan las mismas muestras y atributos de sabor.

Perfil sensorial del sabor obtenido por consenso: se obtiene mediante la discusión y el llegar a un acuerdo por parte de un grupo de evaluadores (panel) que evalúan las mismas muestras y atributos de sabor tras una evaluación individual.

6. METODOLOGÍA

6.1. Metodología de oficina

- **Planificación de las actividades:** con ayuda de la asesora interna, cada semana se estableció la agenda de acuerdo al cronograma planteado en el proyecto de investigación, adaptándolo a las actividades del CENTA para desarrollar las diferentes prácticas con mayor efectividad.
- **Investigación bibliográfica:** utilizando diferentes libros, tesis, revistas científicas, folletos, guías técnicas y otras fuentes de información facilitadas por el CENTA o encontradas en internet, se obtuvo información teórica para respaldar las prácticas a desarrollar.
- **Análisis de resultados:** implicó procesos mentales como observación, comprensión, comparación y evaluación, que permitieron interpretar adecuadamente la información obtenida. Los resultados fueron respaldados con bibliografía especializada y validados por los asesores.
- **Redacción de documentos:** los documentos elaborados en esta pasantía fueron los siguientes:
 1. Proyecto de investigación
 2. Seis informes mensuales de las actividades realizadas, incluyendo sus bitácoras;
 3. Documento final de la pasantía y
 4. Una guía técnica titulada “Control de operaciones en el procesamiento de cacao”.

6.2. Metodología de campo

6.2.1. Práctica de cosecha y poscosecha del cacao.

Cosecha: se recibió una charla informativa por parte del Programa de Agroindustria del CENTA, acerca de los pasos y parámetros a seguir durante la cosecha y poscosecha del cacao para obtener un grano fermentado.

Para realizar la práctica de esta temática, se visitó la parcela de cacao de la Estación Experimental San Andrés 1 del CENTA, donde se identificaron las mazorcas listas para cosechar, que, en este caso, eran los frutos de un tono amarillo, siendo este el criterio de selección de las mazorcas maduras (Figura 4, a).

La cosecha se realizó con tijeras de podar, desinfectadas y bien afiladas, haciendo el corte en el pedúnculo hacia la parte más cercana posible del fruto. Al momento de cosechar los frutos, se tuvo el cuidado de no dañar los cojines florales, ya que esto comprometería la producción de nuevos frutos. Los datos de cosecha se presentan en el apartado de resultados.

Desgrane de frutos: se separaron los frutos dañados por insectos o por alguna enfermedad (Figura 4, c), ya que esto puede incidir en promover una mala fermentación o generar alguna pudrición en el proceso de secado, es por eso que se seleccionan los frutos sanos (Figura 4, b).

Como siguiente paso, se realizaron cortes por la circunferencia de la parte central de la mazorca, teniendo cuidado de no llegar a los granos; luego se aplicó un poco de fuerza para separar el fruto por el corte, y posteriormente se realizó el retiro de los granos con los dedos utilizando guantes de látex, retirando la pulpa y colocándola en un recipiente (Figura 4, d).

Fermentación: el proceso de fermentación se realizó dentro de la caseta de fermentación y secado (Figura 2, a); los granos con su pulpa quedaron directamente en contacto con la madera de la caja tipo Rohan (Figura 2, b), y sobre estos se colocaron hojas de huerta y un saco de yute, dejándolo en reposo para su fermentación (Figura 4, e), que tuvo una duración de 6 días, de los cuales los primeros 2 comprendieron la fase anaeróbica, donde se deja reposar el grano completamente cubierto, y a partir del día 3 comienza la aeróbica, para lo que se procede a retirar las hojas de huerta y el saco, realizando volteos una vez al día, para oxigenar el grano, hasta completar la fermentación, siendo esta la fase aeróbica. En esta última, se midió la temperatura y pH, y se verificó el grado de fermentación a través de pruebas de corte.

Figura 2. a) Caseta de fermentación y b) Caja tipo Rohan



Secado: una vez que la etapa de fermentación finalizó, se inició el secado del grano dentro de la misma caseta (Figura 4, f), el cual comprendió 5 días; para este proceso, se extendió el grano en una capa delgada sobre un saco de yute, y se realizaron volteos diarios durante este periodo; al finalizar, se guardaron los granos secos a una bolsa plástica y se almacenó a temperatura ambiente dentro de la Planta Procesadora de Cacao.

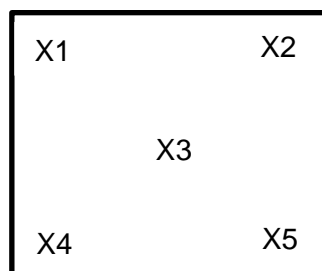
6.2.2. Análisis de calidad de grano a través de las pruebas de corte

Las pruebas de corte se realizaron durante los 4 días que duró el proceso de fermentación aeróbica. En cada volteo, por indicación de técnicos del CENTA se tomó una muestra de 10 granos al azar para cortarlos a la mitad de forma longitudinal con una navaja, con el fin de observar el interior del grano para monitorear la fermentación (Figura 4, g y h), finalizando cuando este presentó forma arriñonada y el color cambió de café claro a un tono más oscuro.

6.2.3. Medición de temperatura durante la fermentación

Durante el proceso de fermentación del grano, con ayuda de un termómetro digital (Figura 4, i), se midió la temperatura antes de realizar cada volteo, tomó una muestra representativa de 5 puntos en la caja Rohan donde se estaba realizando este proceso (Figura 3) para luego sacar el promedio y obtener la temperatura de cada día.

Figura 3. Medición de temperatura con termómetro digital.



6.2.4. Medición de pH durante la fermentación

Para la toma de pH en campo se utilizó papel indicador y se tomaron como muestra los granos previamente seleccionados para la prueba de corte (Figura 4, j), separando el área del cotiledón con la de la cascarilla. Este método se utilizó durante los 3 primeros días de la fermentación anaeróbica.

Figura 4. Proceso poscosecha de cacao.



Nota: a) A la izquierda una mazorca de cacao que aún no está madura y a la derecha una en el punto de cosecha. b) Mazorca de cacao madura y sana. c) Mazorca con sobre maduración y germinación dentro del fruto. d) Extracción del grano con mucílago. e) Inicio de la fermentación del cacao. f) Inicio del secado del grano de cacao. g) y h) Prueba de corte en grano de cacao. i) Puntos de muestreo de temperatura en la caja tipo Rohan. j) Medición de pH con papel indicador.

6.3. Metodología de laboratorio

6.3.1. Medición de pH con potenciómetro digital

Para el día 4 de fermentación, se llevaron al laboratorio una muestra de testa y una de cotiledón tomadas del grano de cacao de la caja Rohan, las cuales se maceraron con la ayuda de un mortero (Figura 5, a) y se agregó agua destilada para obtener muestras líquidas (Figura 5, b) y utilizando un potenciómetro digital se midió el pH (Figura 5, c) con el fin de obtener una medida más exacta para determinar si este proceso había finalizado, lo cual ocurre cuando el pH del cotiledón y la testa tienen valores cercanos. Este proceso se realizó según indicaciones de los técnicos del CENTA.

6.3.2. Práctica de clasificación de grano de cacao

Se utilizó un Tamizador PackInt modelo X3-400 (Figura 5, d), para la práctica de clasificación de granos de cacao por tamaño: grano grande de 2.5 a 3 cm de largo y grano pequeño de 2 a 2.5 cm de largo. En esta práctica se utilizó cacao del CENTA. También se aprendió el funcionamiento y forma de uso de los tamices.

6.3.3. Práctica de tostado de grano de cacao

Para esta práctica se utilizaron 3 muestras, cada una de 1 lb de cacao fermentado y seco del CENTA, colocándolas en el tostador una por una, a diferentes temperaturas: para el tostado ligero se colocó a 200°F (93.33°C); para el medio, 225°F (107.22°C); y para el alto, 250°F (121.11°C). Después de dejarlo tostar por 15 minutos, se tomaron fotografías y se compararon las características de las muestras, como son color, sabor y olor. El equipo utilizado para la práctica fue una tostadora Cocatown (Figura 5, e).

6.3.4. Práctica de descascarillado

Se realizó una prueba en una descascarilladora PackInt modelo RCFESE75/150 (Figura 5, f), utilizando 8 muestras de 200 g de grano de cacao previamente tostado proveniente de emprendedores, con el objetivo de determinar la mejor combinación de velocidad de alimentación de grano y la velocidad del ventilador. En cada una de estas muestras, se utilizó una configuración diferente de las preestablecidas en el equipo. Los datos que se tomaron para el monitoreo, fue el tiempo, peso final de los nibs y la presencia de cascarilla, la cual se evaluó en una escala del 1 al 3, siendo 1= poca presencia, 2= presencia moderada y 3= alta presencia.

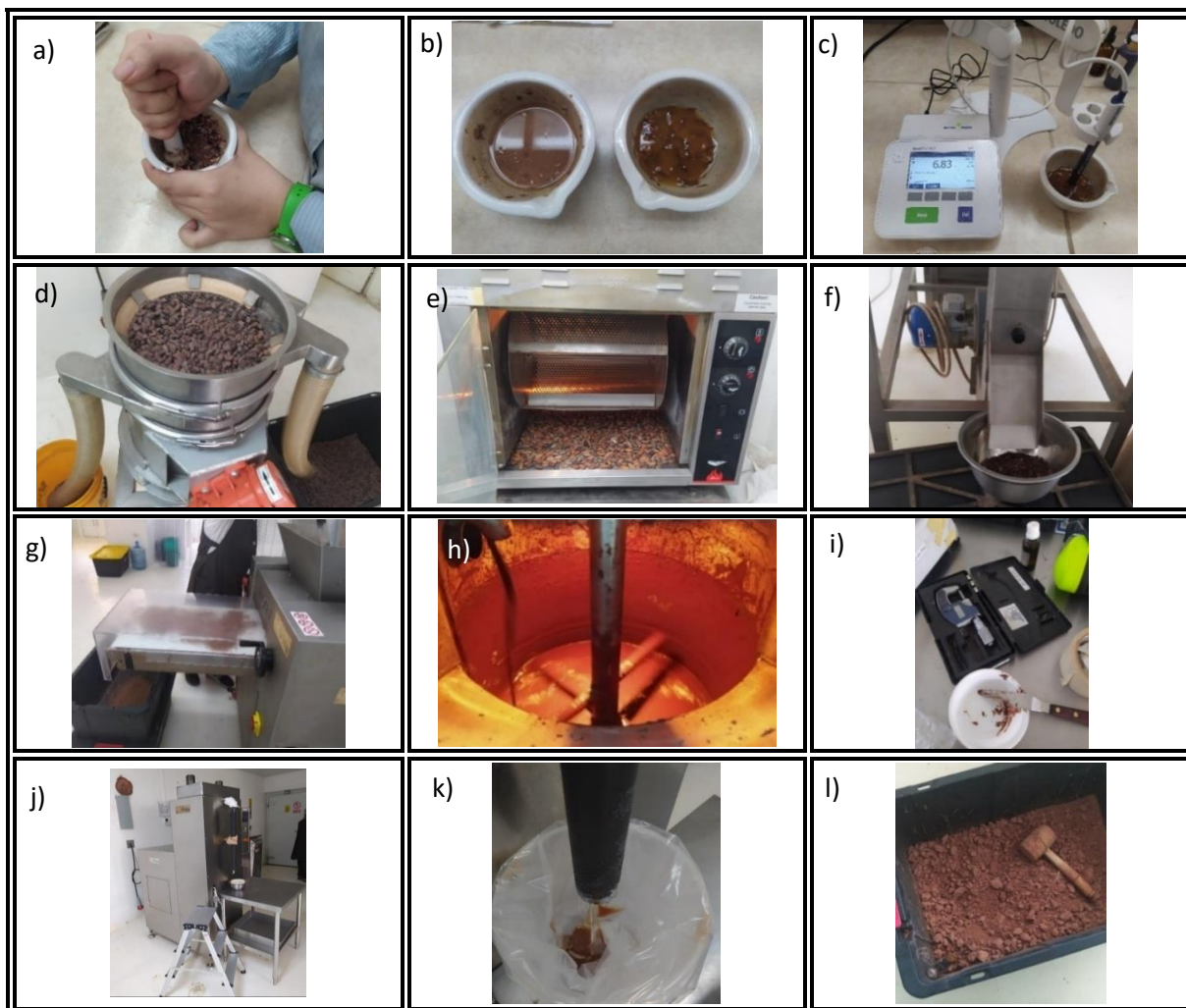
6.3.5. Práctica del proceso de pre refinado y refinado

Se realizó la práctica del proceso de pre refinado (A-7) en una Pre-refinadora PackInt modelo ROL-R2 (Figura 5, g) y el refinado en un Molino de bolas PackInt modelo MILL/250 (Figura 5, h); en la segunda de estas, se midió el tamaño de partículas en el licor de cacao (pasta) durante el proceso, para asegurarse que cumpliera con los parámetros establecidos (Figura 5, i). En esta práctica se utilizó cacao del CENTA.

6.3.6. Práctica del proceso de prensado (cacao en polvo y manteca de cacao)

Se realizó la práctica de extracción de manteca de cacao (A-8) en una Prensa hidráulica PackInt modelo PRH7 (Figura 5, j, k y l). Durante esta práctica, se tomaron datos de peso desde la recepción hasta la extracción, para obtener el rendimiento del cacao en la elaboración de este producto. También se tomaron datos para calcular el rendimiento de cocoa que se obtiene en relación a la manteca. En esta práctica se utilizó cacao proveniente de emprendedores.

Figura 5. Procesamiento de cacao.



Nota: a) Macerado de la muestra. b) Muestra de cotiledón y testa del grano de cacao, respectivamente. c) Medición de pH con potenciómetro digital. d) Clasificación de los granos de cacao en el Tamizador. e) Grano de cacao en el proceso de tostado. f) Descascarillado del grano de cacao. g) Pre refinado de los nibs. h) Refinado del licor de cacao. i) Micrómetro utilizado en la medición de tamaño de partícula durante el proceso de refinado. j) Prensa hidráulica utilizada en la práctica. k) Proceso de extracción de manteca de cacao. l) Torta de cacao partida con martillo.

6.3.7. Práctica sobre procesamiento tecnificado para la elaboración de chocolate de tablilla

En un molino de nixtamal, se mezclaron los ingredientes listados en el Cuadro 2, mezclando hasta una pasta homogénea (A-9) para obtener 5 lbs de chocolate de tablilla (Figura 6, a). Se empacó con papel aluminio y luego se colocó en una bolsa de plástico.

Cuadro 2. Formulación para chocolate de tablilla

Ingredientes	Porcentaje	Peso
Licor	32%	1.6 lb
Azúcar	67.8%	3.39 lb
Canela	0.2%	4.54 g

6.3.8. Formulación y elaboración de chocolate

Se recibió una charla sobre formulación de chocolate, con el fin de conocer los principios básicos de la formulación; también se realizaron prácticas formulando y elaborando chocolate blanco y chocolate con leche (A-10) (Figura 6, b). La formulación utilizada para obtener 7.2 libras de chocolate blanco (Figura 6, c), se describe a continuación en el Cuadro 3:

Cuadro 3. Formulación para chocolate blanco

Ingredientes	Porcentaje	Peso
Leche en polvo	20%	1.5 lb
Manteca de cacao	34.5%	2.5 lb
Azúcar	45%	3.26 lb
Lecitina de soya	0.4%	3.15 g
Vainilla en polvo	0.1%	3.28 g

Para 7.14 libras de chocolate con leche, la formulación fue la siguiente (Cuadro 4):

Cuadro 4. Formulación para chocolate con leche

Ingredientes	Porcentaje	Peso
Licor de cacao	42%	2.94 lb
Manteca de cacao	8%	0.6 lb
Azúcar	37%	2.59 lb
Leche en polvo	14%	0.98 g
Lecitina de soya	0.4%	12.70 g

6.3.9. Práctica del proceso de atemperado de chocolate

En el Programa de Agroindustria se realizó la capacitación “Técnicas básicas de bombonería”, en la que se adquirió conocimiento sobre el atemperado de chocolate mediante la práctica de dos métodos diferentes:

6.3.9.1. Atemperado en mesa de granito: en esta práctica se utilizó chocolate con leche en trozos pequeños, los cuales se fundieron en el microondas en intervalos de 30 segundos hasta alcanzar la temperatura de fundido (45-50°C), luego se vertió sobre la mesa y con ayuda de espátulas, se mezcló repetidas veces para lograr que la temperatura fría de la mesa baje la del chocolate hasta alcanzar la temperatura óptima de enfriado (26-27°C) (Figura 6, d); finalmente, se volvió a utilizar el microondas para hacer que el chocolate alcanzara la temperatura de atemperado (31-32°C), momento en el que ya está listo para ser moldeado. La temperatura se monitoreó con ayuda de un termómetro infrarrojo.

6.3.9.2. Atemperado de siembra: en esta práctica también se utilizó chocolate con leche en trozos pequeños, separando 1/3 en un bowl; los 2/3 restantes, se fundieron en el microondas en intervalos de 30 segundos hasta que alcanzó los 45-50°C, apartando la mitad del chocolate fundido en otro recipiente (Figura 6, e). Para lograr el templado del chocolate se agregó el chocolate picado separado en el primer paso al chocolate fundido, y se mezcló hasta alcanzar una temperatura de 27-28°C, removiendo hasta que todo el chocolate picado se haya fundido. Finalmente se agregó el chocolate fundido a 45-50°C separado previamente, para subir la temperatura del chocolate a 31-32°C, momento en el que estuvo listo para el moldeado.

También se realizaron prácticas utilizando una atemperadora ChocoVision Revolution Delta (Figura 6, f) con chocolate con leche y chocolate oscuro al 70%, el cual fue utilizado en prácticas de elaboración de barras.

6.3.10. Proceso de elaboración de barras de chocolate

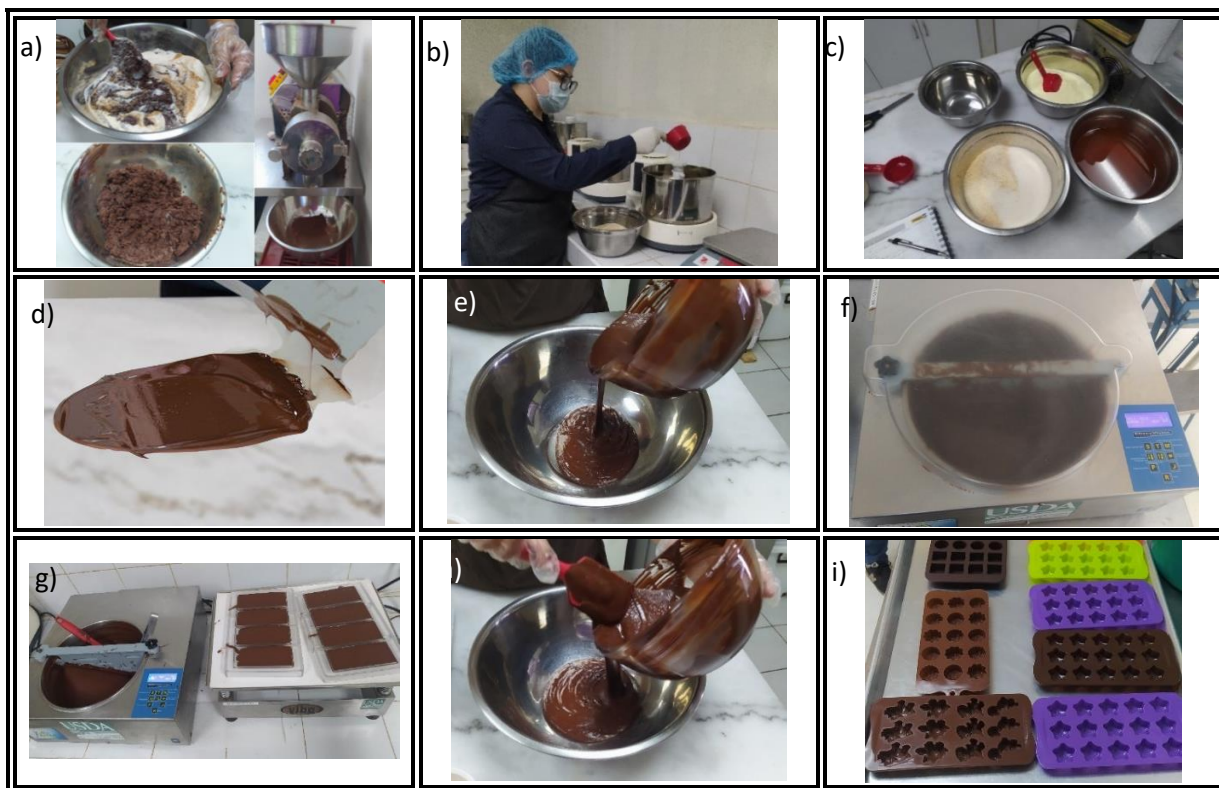
La elaboración de barras de chocolate, consistió en verter sobre moldes de 50 gramos las formulaciones de chocolate de 56% y 70% de cacao, utilizando una vibradora para eliminar las

burbujas de aire (Figura 6, g); se dejaron reposar en un refrigerador a temperatura entre 12-14°C por una hora, luego se procedió a desmoldar y dejó reposar por otra media hora antes de proceder al empacado en bolsas de polipropileno.

6.3.11. Técnicas básicas de bombonería

Durante la capacitación se aprendió mediante la teoría y práctica a elaborar bombones de chocolate, algunos se rellenaron con varias frutas deshidratadas, ganache (mezcla de chocolate blanco y chocolate con leche) y bebida alcohólica de chocolate, también se decoraron utilizando chocolate blanco y finalmente se empacaron (Figura 6, h, i). También se realizaron barras de chocolate amargo y semiamargo utilizando chocolate blanco, frutos deshidratados y nueces para decorarlas.

Figura 6. Formulación y elaboración de chocolate.



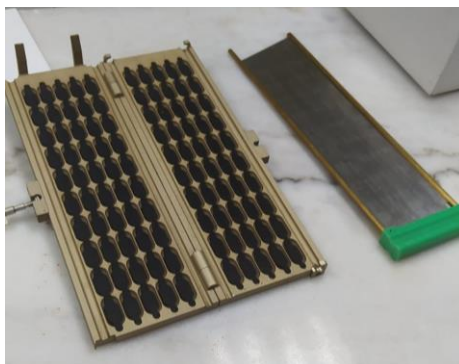
Nota: a) Elaboración de chocolate en tablilla. b) Formulación de chocolate. c) Materia prima utilizada en la elaboración de chocolate blanco. d) Atemperado en mesa de granito. e) Atemperado por método de siembra. f) Proceso de atemperado utilizando la temperadora. g) Moldeado de barras de chocolate. h) Chocolate utilizado en la elaboración de bombones. i) Moldes utilizados en bombonería.

6.3.12. Aprendizaje del análisis sensorial de grano y licor de cacao

Se recibió una charla introductoria sobre la evaluación física de los granos de cacao y la evaluación sensorial del licor de cacao, cubriendo desde la preparación de las muestras hasta la planificación y procesamiento de datos del análisis sensorial.

Se realizó una práctica de evaluación física de granos de cacao del CENTA, donde se tomó una muestra de 50 granos de cacao tostados que fueron cortados utilizando una guillotina (Figura 7) para identificar granos defectuosos, los atributos sensoriales y el grado de fermentación.

Figura 7. Guillotina utilizada para determinar el porcentaje de fermentación.



Para el análisis sensorial de licor de cacao del CENTA, se realizó una práctica demostrativa donde se aprendió a identificar notas de sabor. Se utilizaron 2 muestras diferentes que fueron evaluadas por un panel de 4 personas, utilizando el Formato de Evaluación Sensorial de Cacao de Excelencia (A-11) para identificar las notas percibidas en cada muestra. Al final se realizó una discusión para comparar los resultados obtenidos, la cual se presenta en el apartado de resultados y discusión.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las actividades realizadas dentro del Programa de Agroindustria del CENTA, se describen a continuación:

7.1. Práctica de cosecha y poscosecha del cacao.

Las prácticas de cosecha y poscosecha se realizaron en la Estación Experimental San Andrés del CENTA. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en las siguientes etapas:

7.1.1. Cosecha y desgranado

Luego de identificar las mazorcas con el índice de maduración adecuado, se procedió a cortarlas, obteniendo un total de 42 mazorcas.

De los frutos obtenidos (Figura 8), se realizó el proceso de desgrane, donde se obtuvieron 10 lbs de pulpa de cacao, a las que se les realizó medición de grados Brix, obteniendo un valor de 22° Brix, valor aceptable, ya que “para que ocurra una correcta fermentación, el valor debe ser de 16° Brix en adelante”, (Patrimonio Natural, 2020)

Figura 8. Mazorcas obtenidas en la cosecha.



Es importante que en la fermentación se utilicen granos de mazorcas recién maduras y saludables, ya que los granos de las mazorcas inmaduras, demasiado maduras, dañadas o enfermas serán de menor calidad, tendrá grados Brix (azúcares) más bajos, serán más difíciles de separar de la placenta, y afectarán la fermentación (Fraatz, 2021).

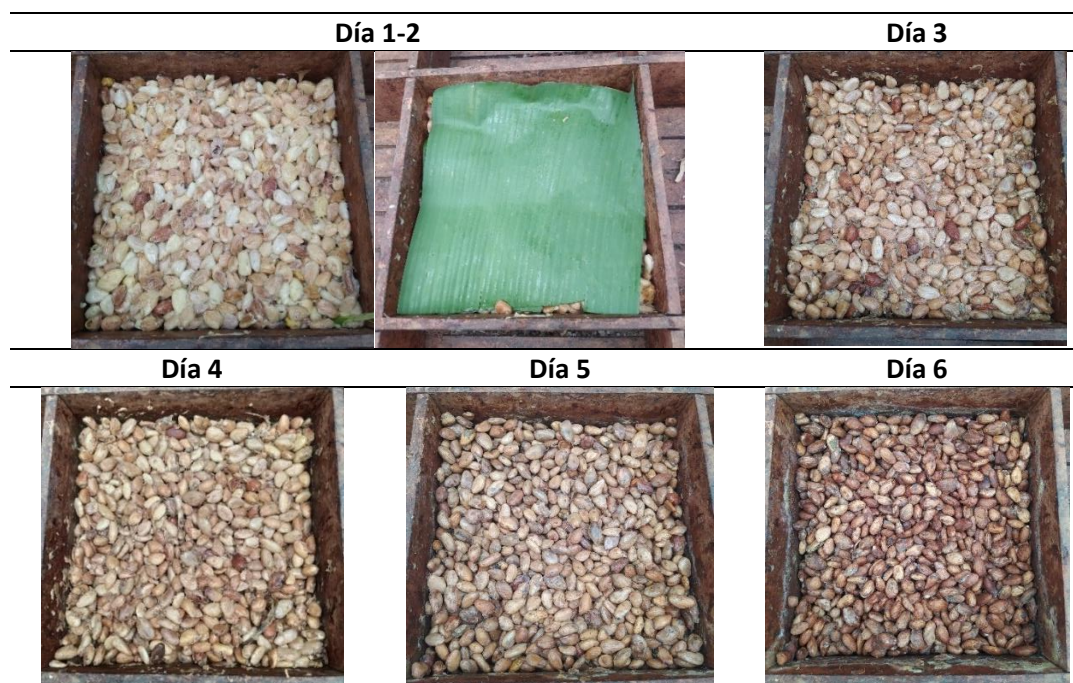
7.1.2. Fermentación

Los resultados obtenidos durante estas prácticas se detallan a continuación en el Cuadro 5; y en la Figura 9 se puede observar el cambio en la apariencia del grano a lo largo del proceso:

Cuadro 5. Datos obtenidos durante el proceso de fermentación de grano de cacao.

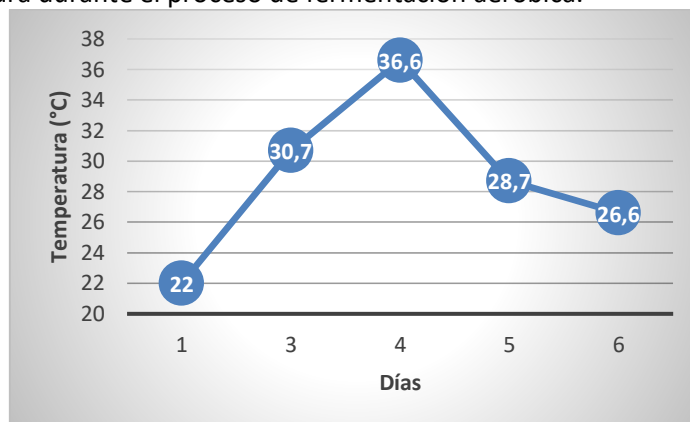
Día	Datos obtenidos	Actividades realizadas
Día 1-2: Fermentación anaeróbica. Hora: 12:13 p.m.	Temperatura inicial: 22°C Peso inicial: 10 lbs Grados Brix: 22° pH: 3.7	Toma de pH, se cubrió el grano con hojas de huerta y un saco de yute.
Día 3: Inicio de fermentación aeróbica. Hora: 10:12 a.m.	Temperatura: 30.7°C pH en la testa: 3 pH en el cotiledón: 3	Se retiraron las hojas de huerta para dar inicio a la segunda fase de la fermentación.
Día 4: Fermentación aeróbica. Hora: 10:49 a.m.	Temperatura: 36.6°C pH en la testa: 4.5 pH en el cotiledón: 5	Luego de la toma de datos, se realizó el primer volteo del grano.
Día 5: Fermentación aeróbica. Hora: 10:08 a.m.	Temperatura: 28.7°C (nublado) pH en la testa: 5 pH en el cotiledón: 5	Luego de la toma de datos, se realizó el segundo volteo del grano.
Día 6: Fin del proceso de fermentación. Hora: 8:53 a.m.	Temperatura: 26.6°C (nublado) pH en la testa: 6.83 pH en el cotiledón: 5.53	Se finalizó el proceso al alcanzar los parámetros indicativos de un buen fermentado.

Figura 9. Proceso de fermentación del grano de cacao.



7.1.2.1. Temperatura durante la fermentación. En la Figura 9, se observa un gráfico que muestra el cambio de la temperatura del grano de cacao a lo largo del proceso de fermentación, comenzado con la menor temperatura en el día 1 con 22°C, y finalizando en el día 6 con 26.6°C, obteniendo la temperatura más alta en el día 4 con 36.6°C.

Figura 10. Temperatura durante el proceso de fermentación aeróbica.



La calidad del grano de cacao es mejorada cuando las almendras en baba son fermentadas en cajas de madera por 3 a 7 días. Esto depende del tipo de cacao, y debe alcanzar una temperatura entre 45-50°C, que es cuando muere el embrión ([CENTA], 2018). Según (Patrimonio Natural, 2020), “La temperatura del cacao en fermentación se debe mantener en el rango de 48 a 51° C”.

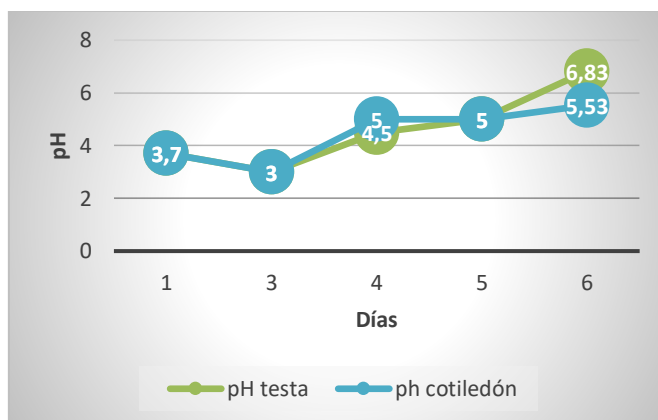
Se pudo observar un aumento de 5.5°C durante las primeras 48 horas, lo cual cumple con la literatura consultada que indica que debe tener un incremento de al menos 5°C en las primeras 12 horas de fermentación, aumentando gradualmente a medida que avanza la fermentación, comenzando a disminuir a medida finaliza (Patrimonio Natural, 2020).

Sin embargo, las temperaturas obtenidas pasadas las primeras 48 horas del proceso de fermentación (22-36.6°C) (Figura 10) son más bajas que el rango indicado en la literatura (45-51°C), esto se debe que el clima durante estos días fue lluvioso y nublado la mayor parte del día, teniendo pocas horas soleadas.

También se debe tener en cuenta que “la fermentación de cantidades muy pequeñas de granos perderá calor, siendo la cantidad mínima 100 kg (220 lbs)” (Fraatz, 2021). En este caso se tomó una cantidad pequeña ya que era la disponibilidad de granos en el momento y estos únicamente se utilizaron para realizar la práctica.

7.1.2.2. pH durante la fermentación. En la Figura 11, se presenta el cambio en el nivel de pH de los granos de cacao durante la fermentación, separando el pH de testa y cotiledón. Comenzando con un valor de 3.7 en ambos, también puede observarse que presentaron valores diferentes en los días 4 y 6 siendo para el día 4 los valores de 4.5 y 5, mientras que para el día 6 los valores fueron de 5.53 y 6.83, marcando esta diferencia el final de la fermentación.

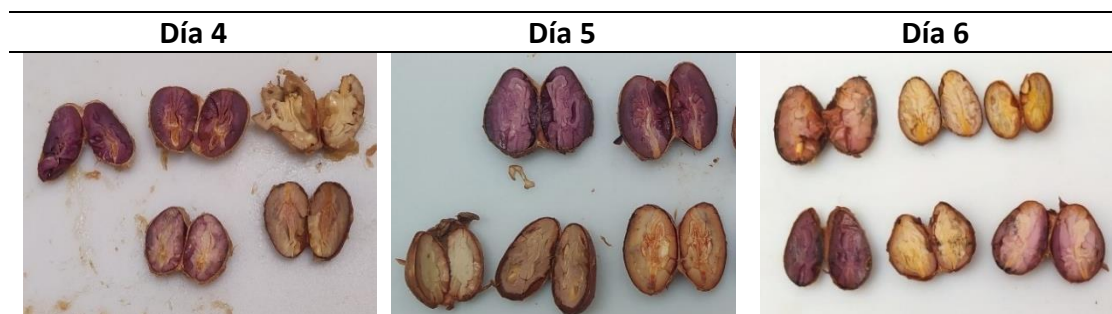
Figura 11. Comparativa del pH de testa y cotiledón durante el proceso de fermentación.



En la práctica de fermentación, el pH inicial fue de 3.7, y mientras el proceso fue avanzando, el pH fue aumentando hasta alcanzar un valor de 6 en la testa y 5 en el cotiledón (Figura 11). Esto contrasta con la información de (Patrimonio Natural, 2020): “El pH inicial de la pulpa debe ser menor de 4.5, ya que favorece la prevalencia de las levaduras y comienza a aumentar lentamente durante la fermentación hasta alcanzar un valor de 6-7”.

7.1.2.3. Pruebas de corte. Las pruebas de corte se realizaron los días 4, 5 y 6 del proceso de fermentación; en la Figura 12 se observan los cambios físicos en el grano.

Figura 12. Pruebas de corte realizadas durante la fermentación.



Según ([CENTA], 2018) “los indicadores de un buen fermentado son: granos enteros hinchados, la cáscara se quita fácilmente, color marrón o café rojizo del grano, cicatriz del embrión, muchas rajaduras en el grano, es fácil quebrarlo, color homogéneo del grano y agradable olor”, características que el grano presentó al final de la práctica.

7.1.3. Secado

El secado del grano se realizó durante 5 días, pasado este tiempo se recogió el grano y se procedió a almacenarlo (Figura 13). La temperatura inicial del grano fue de 26.6°C, el peso en baba fue de 10 lbs y el peso final fue de 4.21 lbs, con una humedad de 7.4%.

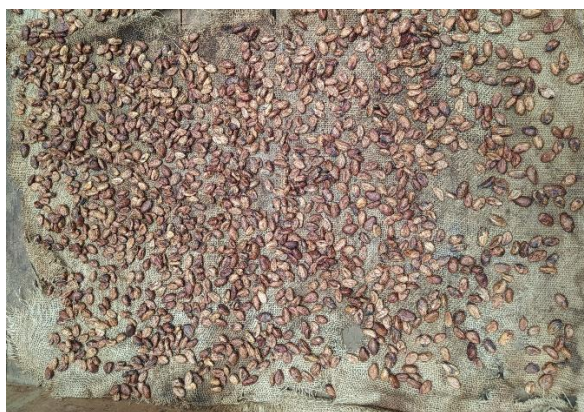
“El rango seguro de humedad para prevenir el deterioro es entre 7 y 8%, lo que corresponde a una a_w de 0,67 que asegura que microorganismo no dañaran el cacao durante el almacenamiento” (Patrimonio Natural, 2020), por lo tanto, el valor obtenido durante la práctica entra en el rango óptimo.

Según (Fraatz, 2021) “Cuando la humedad desciende a más del 6% los granos se vuelven quebradizos, pero si no se secan al punto indicado, son más susceptibles al ataque de moho (hongos)”

Esto indica que, bajo las condiciones de este estudio, se requieren de 10 libras de grano en baba para obtener 4.21 libras de grano seco, lo que significa que el rendimiento es del 42.1%. También nos indica que este resultado varía un poco de acuerdo con la variedad, región y época de recolección, que, en este caso, fue del 4.1%.

De acuerdo (Nogales, 2017), “el factor de conversión de cacao en baba a seco es de 0.38, lo que indica que se requieren 10 libras de grano en baba para obtener 3.8 libras de grano seco, obteniendo un rendimiento del 38%”.

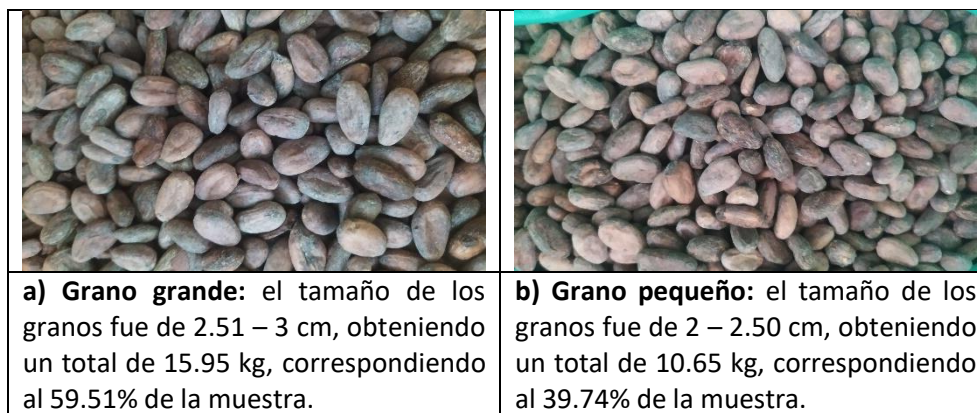
Figura 13. Grano de cacao en patio de secado.



7.2. Práctica de clasificación de grano de cacao.

El peso inicial de la muestra de granos de cacao fue de 26.80 kg, los cuales fueron clasificados con ayuda de la maquinaria, en dos categorías (Figura 14):

Figura 14. Granos de cacao clasificados por su tamaño.



El 0.75% restante corresponde a los residuos, como polvo, trozos de cascarilla, etc.

A continuación, en la Figura 15 se presenta la diferencia de tamaño entre los granos pequeños y grandes.

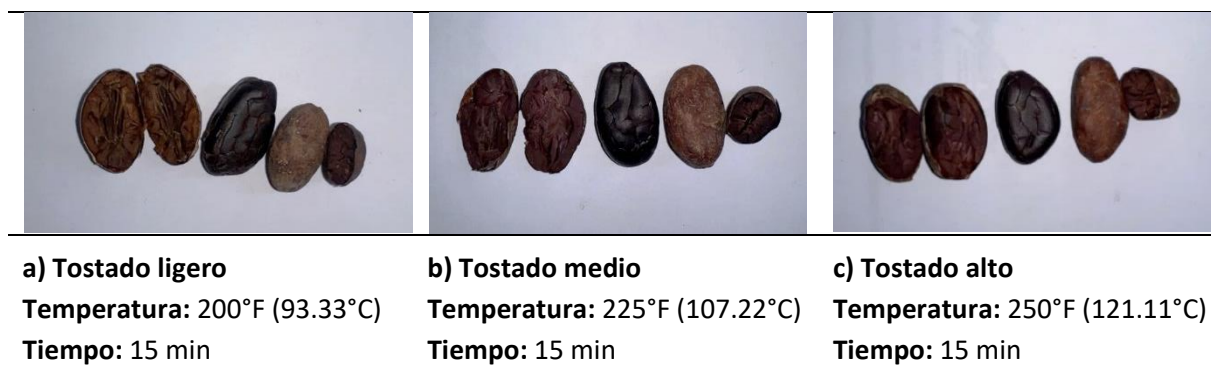
Figura 15. Comparativa de granos pequeños y grandes.



7.3. Práctica de tostado de grano de cacao.

Los resultados obtenidos en la prueba de tostado, se detallan en la Figura 16:

Figura 16. Grados de tostado de grano de cacao.










7.4. Práctica de descascarillado.

Se realizó una práctica de descascarillado en el cual se utilizaron 7 muestras de 200 g de grano de cacao previamente tostado. Para cada una de las muestras se usó una configuración diferente en el equipo, ajustando la velocidad del ventilador y del alimentador (o carga), las cuales tenían una escala de 1 al 10, donde el 1 era la menor intensidad y 10, la mayor. Los datos que se tomaron para el monitoreo fueron el tiempo y peso final de los nibs.

A continuación, en el Cuadro 6 se detalla la configuración utilizada en cada una de las muestras y los resultados obtenidos:

Cuadro 6. Datos obtenidos en la práctica de descascarillado.

Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
			
Velocidad ventilador: 5 Velocidad carga: 5 Peso inicial: 200 g Peso final: 180 g Tiempo: 1:50 min Rendimiento: 90% Presencia de cascarilla: 2	Velocidad ventilador: 8 Velocidad carga: 8 Peso inicial: 200 g Peso final: 162 g Tiempo: 0:40 min Rendimiento: 81% Presencia de cascarilla: 1	Velocidad ventilador: 10 Velocidad carga: 10 Peso inicial: 200 g Peso final: 118 g Tiempo: 0:35 min Rendimiento: 59% Presencia de cascarilla: 1	Velocidad ventilador: 4 Velocidad carga: 8 Peso inicial: 200 g Peso final: 196 g Tiempo: 0:30 min Rendimiento: 98% Presencia de cascarilla: 2
Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	
			
Velocidad ventilador: 9 Velocidad carga: 5 Peso inicial: 200 g Peso final: 152 g Tiempo: 1:38 min Rendimiento: 76% Presencia de cascarilla: 3	Velocidad ventilador: 5 Velocidad carga: 6 Peso inicial: 200 g Peso final: 152 g Tiempo: 1:28 min Rendimiento: 76% Presencia de cascarilla: 3	Velocidad ventilador: 3 Velocidad carga: 9 Peso inicial: 200 g Peso final: 194 g Tiempo: 0:30 min Rendimiento: 97% Presencia de cascarilla: 2	

Con los resultados obtenidos, bajo las condiciones del equipo utilizado, se concluye que la muestra 2 tuvo el mejor rendimiento y menor presencia de cascarilla en los nibs. Por lo que se recomienda trabajar el equipo a una velocidad del ventilador de 8 unidades y la velocidad del alimentador o carga a velocidad de 8 unidades, ya que, entre las dos muestras con menor contenido de cascarilla, esta fue la de mayor rendimiento (peso inicial menos peso final).

7.5. Práctica del proceso de pre refinado y refinado.

Para el pre refinado, la muestra pasa por tres repeticiones del proceso de prensado, con lo que se logra llegar a un tamaño de partículas entre 180 – 200 micras, que es la normativa encontrada en la literatura.

Regalado Rodas & Sánchez Legarda (2015), indican que una pequeña proporción de partículas grandes pueden producir un efecto arenoso en el paladar, por lo tanto, las partículas deberán quedar en un rango entre 180 – 200 micras.

Para el refinado, el tamaño de partícula se monitoreó 3 veces: la primera vez se le tomó al licor obteniendo un valor de 17 micras; luego se le agregó el leche y azúcar y aproximadamente una hora después de iniciado el proceso, se midió nuevamente y la medición dio un tamaño de 26 micras; finalmente 40 minutos después de la anterior, se midió y el tamaño registrado fue de 20 micras, completando el proceso de refinado, dicho valor coincide con la recomendación de la literatura, que menciona que “para el proceso de refinado, se debe disminuir el tamaño de partícula hasta estar en un rango entre 20 y 25 micras, lo cual ayudará en la etapa del conchado” (Regalado Rodas & Sánchez Legarda, 2015).

Al finalizar el proceso, el chocolate se empaca en bolsas de polietileno de alta densidad con capacidad de 5 kg (Figura 17), dejándolo reposar a temperatura ambiente para que se enfríe, posteriormente se almacena en el cuarto frío.

Figura 17. Chocolate refinado y empacado.



7.6. Práctica del proceso de prensado (cacao en polvo y manteca de cacao).

Se tomaron datos para dos procesos de prensado, la primera muestra fue de 19 kg de licor y la segunda de 30.50 kg (Figura 18), que luego fueron empacadas en bolsas de polietileno de alta densidad. Los resultados obtenidos fueron los siguientes (Cuadro 7):

Cuadro 7. Resultados obtenidos en la práctica de prensado.

Muestra	Peso inicial	Peso de manteca	Rendimiento de manteca	Peso de torta	Rendimiento de torta
1	19 kg	9.14 kg	48.1%	9.86 kg	51.9%
2	30.50 kg	14.83 kg	48.6%	15.67 kg	51.4%

Ponce & Solórzano (2006), realizaron un proyecto de factibilidad y funcionamiento de un centro de acopio de cacao en la ciudad de Calceta, Ecuador, previo a la comercialización internacional, obteniendo como resultado que para que un proceso de extracción de manteca de cacao sea viable, el rendimiento de manteca a partir de licor, debe estar entre 45-50 %, lo cual confirma que el rendimiento obtenido durante el proceso realizado en esta práctica, está dentro de estándares de calidad.

Figura 18. Productos obtenidos en la práctica: a la izquierda manteca de cacao y a la derecha, cocoa (cacao en polvo).



7.7. Práctica sobre procesamiento tecnificado para la elaboración de chocolate de tablilla.

En esta práctica se obtuvieron 4.85 lbs de chocolate de tablilla, con una merma de 60 g.

El chocolate fue moldeado en tablillas de 113 g para luego ser empacados en papel aluminio y ser colocados dentro de unas bolsas de polietileno de alta densidad (Figura 19) para almacenarlos en el cuarto frío.

Figura 19. Chocolate en tablilla obtenido en la práctica.



7.8. Formulación y elaboración de chocolate.

Se obtuvieron 7 libras de chocolate blanco y 7 libras de chocolate al 70% de cacao (Figura 20), los cuales fueron almacenados para ser moldeados posteriormente en la capacitación sobre “Técnicas básicas de bombonería”.

Figura 20. Chocolate con leche obtenido en la práctica.



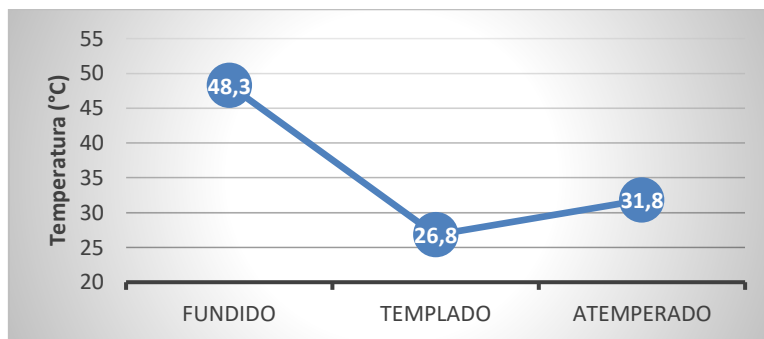
7.9. Práctica del proceso de atemperado de chocolate.

Para la práctica de atemperado, utilizando el método de la mesa de granito, se obtuvieron los resultados que se presentan en el Cuadro 8 y Figura 21:

Cuadro 8. Curva de temperatura de atemperado en mesa de granito.

Fundido	Templado	Atemperado
48.3°C	26.8°C	31.8°C

Figura 21. Curva de temperatura de atemperado en mesa de granito.



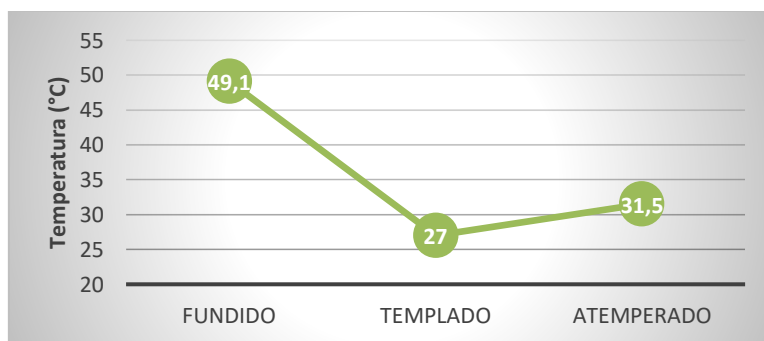
La Figura 21 muestra la curva de temperatura del chocolate durante el atemperado con el método de mesa de granito. El proceso inició con el fundido a 48.3 °C, descendió a 26.8 °C durante el templado, y finalizó con 31.8 °C al alcanzar el atemperado adecuado.

En la práctica de atemperado, utilizando el método de siembra, se obtuvieron los resultados presentados en el Cuadro 9 y Figura 22:

Cuadro 9. Curva de temperatura de atemperado de siembra.

Fundido	Templado	Atemperado
49.1°C	27°C	31.5°C

Figura 22. Gráfico de curva de temperatura de atemperado de siembra.



En la Figura 22 se presenta la curva de temperatura del chocolate durante el atemperado por el método de siembra. El proceso inició con el fundido a 49.1 °C, descendió a 27 °C en el templado y finalizó con 31.5°C al alcanzar el atemperado adecuado.

7.10. Proceso de elaboración de barras de chocolate.

Se obtuvieron 50 barras de chocolate con leche de 50 g durante esta práctica (Figura 23), las cuales se empacaron en bolsas de polipropileno (celofán) y almacenaron en el cuarto frío para su conservación.

Figura 23. Barras de chocolate con leche obtenidas en la práctica.



7.11. Técnicas básicas de bombonería.

Al finalizar esta capacitación, se obtuvieron 8 barras de chocolate con leche decoradas, 150 bombones rellenos y 20 bombones decorados, las que luego fueron empacadas en bolsas de polipropileno (Figura 24).

Figura 24. Barras de chocolate con leche decoradas, bombones rellenos y decorados.

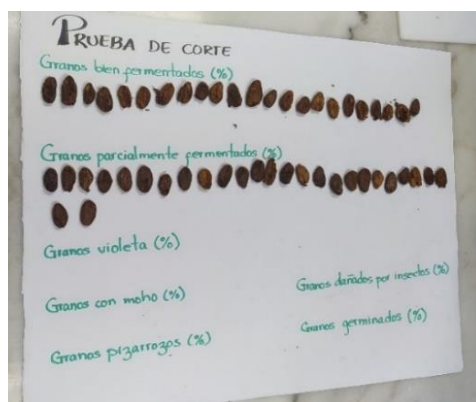


7.12. Aprendizaje del análisis sensorial de grano y licor de cacao.

La muestra de 50 granos de cacao estudiada no presentó olores extraños, estaba libre de impurezas y materiales extraños. Al realizar la prueba de corte, 23 granos fueron clasificados como bien fermentados y 27 como parcialmente fermentados con base a la técnica descrita en la metodología; no se encontraron granos defectuosos (granos violetas, con moho, pizarrosos, dañados por insectos, germinados) (Figura 25). Los resultados obtenidos se

compararon con los datos de referencia del CENTA presentados anteriormente, y se identificó que la muestra de granos estudiada puede ser clasificada en el fermentado tipo C (Cuadro 10).

Figura 25. Prueba de corte realizada en la práctica.



Cuadro 10. Resultados obtenidos en la práctica de análisis sensorial de grano de cacao.

Especificaciones	Resultados obtenidos
Granos bien fermentados	46%
Granos parcialmente fermentados	54%
Granos violetas	0%
Granos con moho	0%
Granos pizarrosos	0%
Granos dañados por insectos	0%
Granos germinados	0%
Porcentaje de humedad	7.2%

En la prueba de análisis sensorial de licor de cacao, las notas de sabor detectadas en las muestras se detallan en el Cuadro 11:

Cuadro 11. Notas de sabor identificadas en el análisis sensorial de licor de cacao.

Muestra 1	Muestra 2
Acidez frutal, un poco amargo, astringencia media, notas de frutos cítricos y madera	Ligera acidez frutal, sabor amargo, leve astringencia, notas de sabores florales, madera y nueces.

La descripción de las notas de sabor del análisis sensorial del licor de cacao obtenida en la muestra 1 y 2 se detallan en el A-12.

8. CONCLUSIONES

- La pasantía proporcionó la oportunidad de colaborar en un entorno profesional y colaborativo, interactuando de manera directa con técnicos del Programa de Agroindustria de CENTA, desarrollando habilidades en el área de cosecha, poscosecha y procesamiento de cacao para la obtención de chocolate y productos semi elaborados (licor, manteca, cacao en polvo).
- Se aprendieron y documentaron 14 tecnologías innovadoras: cosecha, poscosecha, clasificación de granos de cacao, descascarillado, tostado, pre refinado, refinado, prensado (obtención de manteca de cacao y cocoa); formulación, elaboración y atemperado de chocolate para barras y bombonería; elaboración de chocolate de tablilla; análisis sensorial de cacao en grano y licor de cacao, que con base a los datos obtenidos en las diferentes pruebas que se realizaron, garantizan la buena calidad de los productos y subproductos elaborados a partir de cacao en la Planta Procesadora de Cacao.
- Los parámetros de calidad para el procesamiento de cacao estudiados en esta pasantía, están acorde a los parámetros utilizados en otros países, por lo que se puede concluir que la tecnología utilizada por CENTA es la adecuada para lograr productos de alta calidad que compitan en el mercado.
- Como producto de la pasantía, se elaboró el documento “Control de operaciones en el procesamiento de cacao”, donde se describen de forma breve los resultados y parámetros obtenidos en la realización de este documento. Este documento facilitará a los trabajadores del Programa de Agroindustria y a la población en general el acceso a la información documentada en este informe.

9. RECOMENDACIONES

- Durante la fermentación, se deben realizar pruebas de corte, mediciones de temperatura y pH a partir del día en que inicie la fermentación aeróbica, para poder llevar un correcto monitoreo del proceso e identificar el momento en que el grano ha finalizado la fermentación.
- Se deben limpiar las cajas de fermentación y asegurarse que los drenajes estén abiertos antes de llenarlas con el grano de cacao en baba, llenándolas completamente para obtener mejores resultados en este proceso.
- Antes de iniciar el tostado de cacao, se recomienda clasificar los granos por tamaño y realizar dos procesos separados para obtener un tostado más uniforme y evitar que los granos más pequeños tengan un tostado mayor que los grandes, ya que esto puede influir en las características organolépticas del producto final.
- La elaboración de chocolate, ya sea en barra o bombones, siempre se debe realizar en un lugar fresco y dentro de lo posible, destinar un área exclusivamente para esto, evitando así que el chocolate cambie sus características organolépticas debido a la temperatura.
- Se recomienda consultar el documento “Control de operaciones en el procesamiento de cacao” durante el procesamiento de cacao para llevar un mejor control de los procedimientos. Este debe actualizarse en caso de ser necesario, consultando las normativas nacionales e internacionales.

BIBLIOGRAFÍA

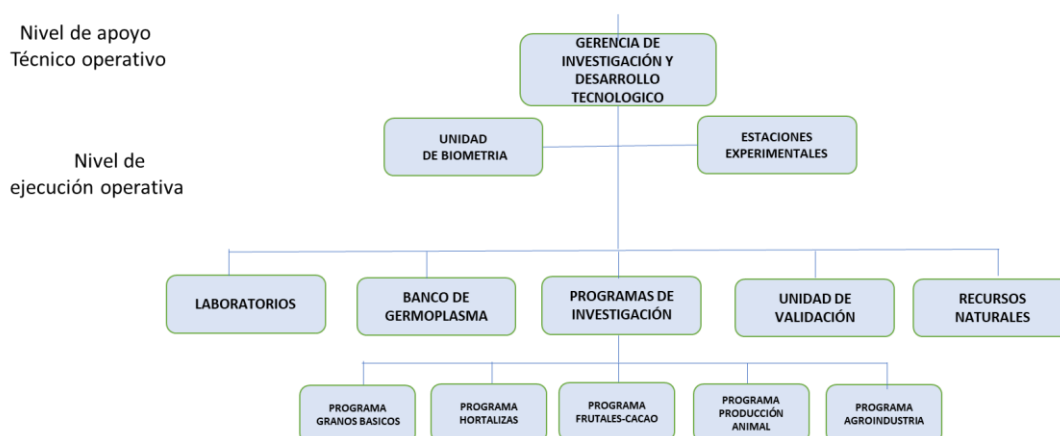
- Aguero, N. (2012, agosto 14). *Proceso productivo del chocolate*. Recuperado el 10 de febrero de 2025, de <https://www.calameo.com/books/0012918120ca33ac4d55e>
- Asociación Peruana de Productores de Cacao [APPCACAO]. (s.f.). *Cosecha y post-cosecha del cacao*. Recuperado el 27 de junio de 2025, de https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Cosecha_y_post_cosecha_de_cacao.pdf
- Alianza Cacao El Salvador. (2021, abril). *Presentación de la estrategia comercial de cacao*. Alianza Cacao, 4. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <http://www.alianzacacao.com/documentos/boletin-informativo/>
- Alianza Cacao El Salvador. (s.f.). *Cadena de Cacao*. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://cadenacacaoca.info/region/el-salvador/>
- Browning, D. (1998). *El Salvador, la tierra y el hombre* (4ª ed.). San Salvador, El Salvador: Dirección de Publicaciones e Impresos CONCULTURA.
- Cacao de Excelencia. (2023). *Guía para la evaluación de la calidad y el sabor del cacao*. Compilado por el programa Cacao de Excelencia de la Alianza de Bioersity International y CIAT, en colaboración con los miembros del Grupo de Trabajo de International Standards for the Assessment of Cacao Quality and Flavour - ISCQF)
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova"). (2022). *Marco Institucional*. (en línea, sitio web). El Salvador. Recuperado el 26 de agosto de 2022, de <https://www.centa.gob.sv/marco-institucional/>
- [CENTA] s.f. *Guía metodológica de postcosecha y transformación de cacao (Theobroma cacao L.)*. El Salvador. 21 p.
- [CENTA]. (2015). *Guía de descripción del archivo institucional del CENTA*. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 17 de septiembre de 2024, de <https://www.centa.gob.sv/download/guia-de-descripcion-de-archivo-institucional/>
- [CENTA]. (2018a). *Fermentación de cacao en cajas tipo Rohan*. San Andrés, La Libertad, El Salvador.
- [CENTA]. (2018b). *Proyecto "Desarrollo tecnológico y fortalecimiento de la base productiva y agroindustrial para la cacaocultura con enfoque agroecológico en El Salvador*.
- [CENTA]. (2024). *Organigrama CENTA 2024*. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 19 de septiembre de 2024, de <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/centa/documents/598724/download>

- Cruz Montesinos, E. (2012). *Caracterización de la cadena de valor de cacao en El Salvador*. Recuperado el 24 de marzo de 2023, de https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/caracterizacion_cadena_cacao_de_El_Salvador.pdf
- Dubón, A., & Sánchez, J. (2016). *Manual de producción de cacao* (V. González, R. Tejada, & M. T. Bardales, Eds.; 2a ed.). FHIA.
- ES-CACAO. (2014). *Historia del cacao en El Salvador*. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://es.slideshare.net/slideshow/historia-del-cacao-en-el-salvador/34059022>
- Esquivel García, E. M., García Aguilar, J. L., & Ortez Canales, B. L. (2015). *Evolución histórica del cacao en El Salvador y propuestas de emprendimientos turísticos*. Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador: Universidad Dr. José Matías Delgado. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/01/TUR/0002382-ADTESEE.pdf>
- Fraatz, R. (2021). *Aspectos de la cosecha del cacao y procesamiento postcosecha que afectan la calidad*. Recuperado el 18 de octubre de 2024, de <https://sicacao.info/wp-content/uploads/2021/10/1COSECHA.pdf>
- Grandsur. (2021, May 29). *¿Cuándo cosechar el cacao?* Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://grandsur.com/cuando-cosechar-el-cacao/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2018). *Política para el Desarrollo de la Cadena de Cacao de El Salvador*. Recuperado el 25 de marzo de 2023, de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/els186234.pdf>
- [MAG]. (2021). *Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2021-2022*. Santa Tecla, El Salvador. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://www.mag.gob.sv/wp-content/uploads/2022/12/Anuario-de-Estad%C3%ADsticas-Agropecuarias-2021-2022.pdf>
- Nogales, J. (2017). *Rendimiento en la producción y beneficio de cacao (constantes, factores de corrección e índices relacionados)*. Recuperado el 10 de octubre de 2024, de <https://poscosechacacao.com/2017/08/rendimiento-en-la-produccion-y-beneficio-de-cacao-constantes-factores-de-correccion-e-indices-relacionados/>
- Norma Salvadoreña Obligatoria [NSO]. (2000). *NSO 67.00.79:99 Norma para el chocolate*. Recuperado el 27 de noviembre de 2024, de <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC022869/>
- Patrimonio Natural. (2020). *Manual de cosecha y poscosecha de cacao fino y de aroma. Implementación de un Sistema Participativo de Garantías (SPG) basado en la ISO 34101*

- de Cacao Sostenible y con trazabilidad, para la asociación ASOACASAN de San José del Fragua.* Recuperado el 1 de octubre de 2024, de https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00XDCP.pdf
- Ponce, L., & Solórzano, M. (2006). *Proyecto de factibilidad y funcionamiento de un centro de acopio de cacao en la ciudad de Calceta, previo a la comercialización internacional.* Manta, Ecuador.
- Regalado Rodas, L. M., & Sánchez Legarda, S. M. (2015). *Impacto de los Parámetros de Control de las Características Reológicas en la Etapa de Conchado en la Fabricación de Masa Chocolate Leche [Escuela Superior Politécnica del Litoral]*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/5ffd2b62-c2f9-425f-bf73-7b4497ef785f/D-88125.pdf>
- Ríos, F; Ruiz, A; Lecaro, J; Rehpani C. (2017). *Estrategias país para la oferta de cacaos especiales. Políticas e iniciativas privadas exitosas en el Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana.* Fundación Swisscontact Colombia. Bogotá D. C. Recuperado el 24 de marzo de 2023, de <https://issuu.com/bocetos3/docs/cacaosespeciales1/120>
- Say, E., Villalobos, M., Escobedo, A., Sánchez, S. Y., & Somarriba, E. (2013). *Uso actual y oferta de tecnologías sostenibles en las cadenas de valor del cacao en El Salvador para mejorar la seguridad alimentaria.* USAID. Recuperado el 24 de marzo de 2023, de https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Informe_El_Salvador.pdf
- SPGroup. (2023). *Envases plásticos para chocolates: cómo mantener la calidad.* Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://www.spg-pack.com/blog/envases-plasticos-para-chocolates/>
- Universidad de El Salvador. (2019). *Conservación y manejo de recursos fitogenéticos de café robusta (Coffea canephora) y cacao criollo (Theobroma spp.) en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático.* (F. Á. Parada Berríos, E. A. Rodríguez Urrutia, J. M. Sermeño Chicas, & J. R. Quintanilla Quintanilla, Edits.) San Salvador, El Salvador: USAID.

ANEXOS

A-1. Estructura organizativa de la Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CENTA.



Tomado de ([CENTA], 2024).

A-2. Servicios que presta el Programa de Agroindustria de CENTA.

Servicio	Unidad
Cacao tostado	Por kg de cacao
Nibs	Por kg de cacao
Pasta gruesa de cacao	Por kg de cacao
Masa fina o licor de cacao	Por kg de cacao
Lingotes de chocolate sin conchar	Por kg final
Lingotes de chocolate conchado	Por kg final
Manteca y cacao en polvo	Por kg de cacao
Chocolate sin conchar moldeado	Por kg final
Chocolate conchado moldeado	Por kg final
Chocolate en barra a granel	Por kg final
Chocolate en barra individual	Por kg final
Chocolate de tablilla	Por kg final
Mantequilla de nueces	Por kg de mezcla
Chocolate en barra individual	Por kg final
Chocolate de tablilla	Por libra
Limpieza con chocolate especial	c/u
Desarrollo de productos	Por hora
Evaluación física de grano de cacao	c/u
Evaluación sensorial de grano de cacao	c/u

A-3. Maquinaria y equipo de la Planta Procesadora de Cacao.

			
<p>Equipo: Báscula digital Función: Se utiliza para pesar la materia prima.</p>	<p>Equipo: Medidor de humedad Función: Se utiliza para determinar la humedad del grano de cacao.</p>	<p>Equipo: Despedrador Función: Separa piedras, palos y otro tipo de contaminantes físicos de los granos de cacao.</p>	<p>Equipo: Tamizador Función: Separa los granos de cacao por tamaño.</p>
			
<p>Equipo: Tostador Función: Calienta los granos de cacao utilizando la temperatura y tiempo preestablecidos.</p>	<p>Equipo: Pre-refinador Función: Ejerce presión sobre los nibs hasta convertirlos en polvo.</p>	<p>Equipo: Refinador Función: Calienta y mezcla el cacao en polvo para obtener el licor de cacao.</p>	<p>Equipo: Descascarillador Función: Parte el grano y separa los nibs de la cascarilla.</p>
			
<p>Equipo: Prensa hidráulica Función: Separa la manteca de los sólidos de cacao mediante presión.</p>	<p>Equipo: Temperadora Función: Calienta el chocolate siguiendo la curva de temperatura, obteniendo una mezcla homogénea.</p>	<p>Equipo: Conchadora Función: Se utiliza para calentar, mezclar y homogenizar el chocolate, lo cual potencia los sabores y le da textura suave.</p>	<p>Equipo: Cuarto frío Función: Refrigeración de chocolate, licor y manteca de cacao.</p>

A-4. Maquinaria y equipo del Centro de Capacitaciones y Laboratorio.

			
<p>Equipo: Tostador Función: Calienta los granos de cacao utilizando la temperatura y tiempo preestablecidos.</p>	<p>Equipo: Conchadora Función: Se utiliza para calentar, mezclar y homogenizar el chocolate, lo cual potencia los sabores y le da una textura suave. Los diferentes equipos se utilizan de acuerdo a la cantidad de chocolate que se va a procesar.</p>	<p>Equipo: Temperadora Función: Calienta el chocolate siguiendo la curva de temperatura, obteniendo una mezcla homogénea.</p>	<p>Equipo: Temperadora Función: Calienta el chocolate siguiendo la curva de temperatura, obteniendo una mezcla homogénea.</p>
			
<p>Equipo: Vibrador Función: Elimina el aire en el moldeado de chocolate.</p>	<p>Equipo: Calentador Función: Mantiene a temperatura caliente chocolate, licor y manteca de cacao, en estado líquido.</p>	<p>Equipo: Microondas Función: Derretir, chocolate, licor y manteca de cacao. Se utiliza para realizar atemperados.</p>	<p>Equipo: Báscula digital Función: Se utiliza para pesar cantidades pequeñas de materia prima.</p>
			
<p>Equipo: Molino Función: Elaboración de cocoa a partir de la torta de cacao obtenida en la extracción de manteca.</p>	<p>Equipo: Refrigeradora Función: Mantiene a temperatura fría chocolate la materia prima.</p>	<p>Equipo: pHmetro Función: Se utiliza para medir el pH en las pruebas de corte del fermentado de cacao.</p>	<p>Equipo: Micrómetro Función: Medir el tamaño de partículas del licor y chocolate.</p>

A-5. Composición de chocolates (% calculado en relación con el extracto seco del producto).

	Manteca de cacao	Extracto seco desgrasado de cacao	Total de extracto seco de cacao	Materia grasa de leche	Extracto seco magro de leche	Materia grasa total	Azúcares
Chocolate	+18	+14	+35				
Chocolate para revestimiento	+31	+2,5	+35				
Chocolate con leche		+2,5	+25	+3,5	+10,5	+25	<=55
Chocolate con leche para revestimiento		+2,5	+25	+3,5	+10,5	+31	<=55
Chocolate con leche descremada		+2,5	+25	<=0,5	+14	+25	<=55

Tomado de (NSO, 2000).

A-6. Parámetros para la clasificación de fermentado de granos de cacao.

NORMA CENTA	UM	Clasificación de fermentado		
		A	B	C
Buena fermentación	%	80	70	60
Ligera fermentación (mínimo)*	%	5	10	15
Total fermentación	%	85	70	75
Violeta (máximo)	%	10	12	21
Pizarroso/pastoso (máximo)	%	4	7	12
Moho (máximo)	%	1	1	2
Totales (análisis sobre 50 granos)	%	100	100	100
Porcentaje de humedad	%	6 - 6.5%	6.5% - 7.5%	7.5% - 8.0%

Tomado de CENTA, 2023.

A-7. Flujograma de la elaboración de licor de cacao.



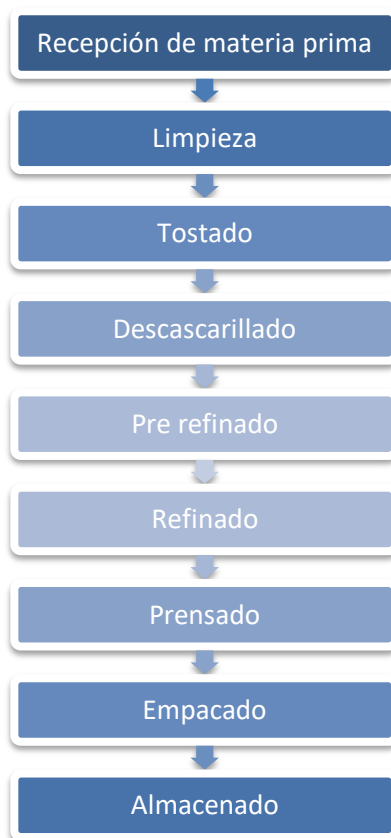
- 1. Recepción de la materia prima:** se recibe y se pesa el grano de cacao destinado a la producción, asegurando que su nivel de humedad no supere el 7%.
- 2. Limpieza:** se emplea el despedrador para eliminar cualquier cuerpo extraño presente en los granos de cacao.
- 3. Tostado:** una vez limpios, los granos de cacao se introducen en el tostador, donde se ajusta la temperatura entre 95°C y 150°C y el tiempo de tostado entre 50 y 60 minutos.
- 4. Descascarillado:** después del tostado, los granos de cacao se introducen gradualmente en la máquina descascarilladora que los parte (nibs) y separa la cascarilla por medio de ventiladores.
- 5. Pre refinado:** los nibs de cacao se colocan en la pre-refinadora, donde se muelen hasta convertirlos en polvo. Este proceso se repite tres veces para lograr un mejor refinado.

6. Refinado: el cacao molido se introduce en el molino de bolas, donde se calienta y se mezcla hasta obtener el licor de cacao.

7. Empacado: el licor de cacao se vierte a través de la tubería del molino de bolas en bolsas plásticas de 5 kg de capacidad, las cuales se sellan con calor para garantizar su conservación.

8. Almacenado: el licor de cacao se deja enfriar y luego se almacena en el cuarto frío para garantizar su conservación.

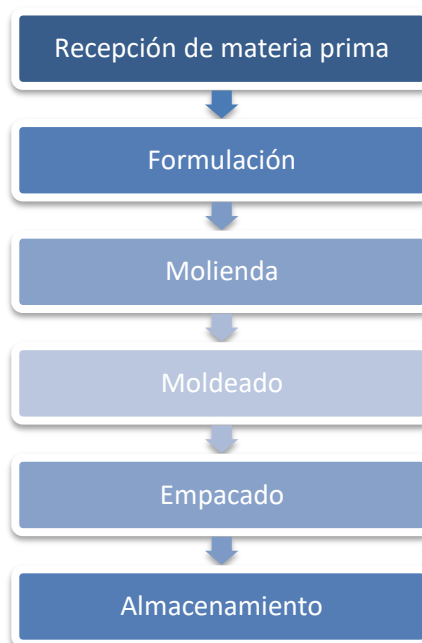
A-8. Flujograma de la elaboración de manteca de cacao y cocoa.



1. Recepción de materia prima: se recibe y se pesa el grano de cacao destinado a la producción, asegurando que su nivel de humedad no supere el 7%.

- 2. Limpieza:** se emplea el despedrador para eliminar cualquier cuerpo extraño presente en los granos de cacao.
- 3. Tostado:** después del tostado, los granos de cacao se introducen gradualmente en la máquina descascarilladora que los parte (nibs) y separa la cascarilla por medio de ventiladores.
- 4. Descascarillado:** después del tostado, los granos de cacao se introducen gradualmente en la máquina descascarilladora que los parte (nibs) y separa la cascarilla por medio de ventiladores.
- 5. Pre refinado:** los nibs de cacao se colocan en la pre-refinadora, donde se muelen hasta convertirlos en polvo. Este proceso se repite tres veces para lograr un mejor refinado.
- 6. Refinado:** el cacao molido se introduce en el molino de bolas, donde se calienta y se mezcla hasta obtener el licor de cacao.
- 7. Prensado:** el licor de cacao se coloca en una prensa hidráulica, la cual separa la manteca de los sólidos de cacao mediante presión.
- 8. Pulverizado:** la torta de cacao se golpea con un martillo de madera para romperla en trozos más pequeños, que luego se pulverizan en un molino de nixtamal.
- 9. Empacado:** la manteca de cacao y la cocoa se empaquetan en bolsas plásticas selladas mediante calor.
- 10. Almacenado:** la manteca de cacao se guarda en el cuarto frío, mientras que la cocoa se conserva en un lugar fresco y seco.

A-9. Flujograma de la elaboración de chocolate de tablilla.



1. Recepción de materia prima: se recibe el licor de cacao en estado líquido, junto con los demás ingredientes necesarios para la elaboración.

2. Formulación: se pesan los ingredientes conforme a la formulación establecida: 20% de leche en polvo, 34.5% de manteca de cacao, 45% de azúcar, 0.4% de lecitina de soya y 0.1% de vainilla en polvo. Los ingredientes se mezclan hasta obtener una masa homogénea.

3. Molienda: la materia prima se coloca en un molino de nixtamal para refinar la masa.

4. Moldeado: la mezcla se vierte en moldes y luego se coloca en la refrigeradora durante aproximadamente 30 minutos para permitir que se solidifique. Posteriormente, se desmolda y se deja reposar durante 15 minutos.

5. Empacado: las tablillas de chocolate se envuelven individualmente en papel aluminio y luego se empaquetan en bolsas plásticas, sellando con calor.

6. Almacenamiento: una vez empacadas, las tablillas se almacenan en el cuarto frío o refrigeradora.

A-10. Flujograma de la elaboración de chocolate.



1. Recepción de materia prima: se recibe el licor de cacao en estado líquido, junto con los demás ingredientes necesarios para la elaboración.

2. Formulación: se pesan los ingredientes conforme a la formulación establecida:

Chocolate blanco: 20% de leche en polvo, 34.5% de manteca de cacao, 45% de azúcar, 0.4% de lecitina de soya y 0.1% de vainilla en polvo.

Chocolate con leche: 42% licor de cacao, 8% de manteca de cacao, 37% de azúcar, 14% de leche en polvo y 0.4% de lecitina.

3. Conchado: utilizando la conchadora, se mezcla la materia prima durante aproximadamente 12 horas hasta lograr una mezcla homogénea, obteniendo así el chocolate.

4. Atemperado: se emplea la atemperadora para controlar la curva de temperatura, asegurando una correcta homogeneización del chocolate y llevándolo a la temperatura óptima para el moldeo.

5. Moldeado: el chocolate se vierte en los moldes previamente limpios y secos.

6. Empacado: las barras y bombones de chocolate se empaquetan en bolsas de celofán con cierre.

7. Almacenamiento: el chocolate empaquetado se almacena en el cuarto frío.

A-11. Formulario de Evaluación Sensorial de Cacao de Excelencia.

Cacao de Excelencia

Formato para Evaluación Sensorial de Masa de cacao y Chocolate

Evaluador _____ Fecha _____

ID de muestra _____ Hora _____

Info de muestra _____

Masa de cacao

Chocolate

Instrucciones: Inserte los valores de intensidad de cada atributo en los y marque con un los sub atributos percibidos

Escala de Intensidad

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

← menos intenso más intenso →

5 ATRIBUTOS PRINCIPALES

Cacao

Acidez

Frutal Acética Láctica

Mineral / Butírica

Amargor

Astringencia

Fruta Fresca

Bayas Cítricos Oscura

Pulpa amarilla / Anaranjada / Blanca

Tropical

Fruta Marrón

Seca Marrón Sobre madura

Vegetal

Pasto / Vegetal verde / Hierba

Terroso / Hongo / Musgo / Bosque

Floral

Flor de azahar Flores

Madera

Clara Oscura Resina

Especiado

Especias Tabaco

Sazonado / Umami

Nuez

Parte interna nuez Piel de la nuez

Caramelo / Panela

Dulzor (solo para chocolate)

Grado de Tostado

Sabores Atípicos / Defectos

Sucio / Empolvado Humedad

Mohoso Carnoso/ Animal/ Cuero

Sobre-fermentado / Fruta podrida

Podrido / Estiércol Humo

Otros sabores atípicos

Descripción _____

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Calidad global

Comentarios sobre el sabor

Gráfico de Sabor

El formulario de evaluación sensorial Cacao de Excelencia está bajo la licencia Creative Commons Atribución NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). Para ver una copia de esta licencia consulte <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>. © Bioniversity International 2023

Tomado de: Cacao de Excelencia, 2023.

A-12. Glosario de términos sobre la evaluación sensorial del licor de cacao.

Escala de intensidad de los atributos y significados:

Intensidad	Significado
0	Ausente.
1	Sólo un rastro y puede que no se encuentre si se prueba de nuevo.
2	Presente en la muestra pero con baja intensidad.
3 a 5	Claramente caracterizando la muestra.
6 a 8	Caracterización dominante de la muestra.
9 a 10	Máximo. Intensidad fuerte. Destaca sobre otras notas aromáticas de la muestra.

Los atributos de sabor se dividen en tres grupos:

- **Atributos principales:** cacao, acidez, amargor, astringencia y grado de tostado, que se espera encontrar en todas las muestras y se califican o puntúan.
- **Atributos complementarios:** características que pueden percibirse o no en las muestras de cacao.
- **Sabores atípicos/defectos:** resultantes de defectos que pueden percibirse o no en las muestras de cacao.

Descriptor	Descripción	Nivel de Intensidad/Notas de referencia
Cacao	Sabor típico de los granos de cacao tostados, bien fermentados, secos y sin defectos.	0-2 Cacao poco fermentado, Criollos antiguos.
		3-5 Cacao poco fermentado, Criollos antiguos.
Acidez	<p>Acidez total: es la suma de las siguientes acideces individuales. Si el resultado es ≥ 10 se redondea a 10 como máximo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frutas: ácido cítrico u otros ácidos de frutas. • Acético: vinagre (puede olerse en la muestra). • Láctico: típico de la leche agria y el yogur. • Mineral y butírico: sabor metálico áspero (mineral) y a mantequilla rancia (butírico). <p>La percepción de la intensidad de la acidez depende especialmente de la cantidad de muestra en la boca.</p>	6-8 Cacao fermentado adecuadamente, algunos lotes de África Occidental y otros de la República Dominicana Hispaniola/La Española.
		9-10 Algunos lotes de África Occidental.
		0-2 Algunos lotes de África Occidental bien preparados.
		3-5 Algunos lotes ecuatorianos, peruanos y centroamericanos.
Amargor	<p>Sabor básico, típicamente percibido en la cafeína, el café, la nuez de cola, algunas cervezas y el pomelo/ toronja.</p> <p>La percepción de la intensidad del amargor depende especialmente de la cantidad de muestra en la boca.</p>	6-8 Algunos lotes de República Dominicana Hispaniola/La Española, Papúa Nueva Guinea y Malasia.
		1-2 Algunos Criollos antiguos.
		3-5 Lotes de África Occidentales bien preparados.
		6-8 Cacao en alto grado poco fermentados o sin fermentar.

Astringencia	<p>La astringencia puede percibirse de dos maneras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuerte efecto secante de boca, agudo, percibido entre la lengua y el paladar y/o en la parte posterior de los dientes frontales y en el interior de los labios y las encías – típico de pieles de nueces crudas y pieles de plátano verde. • Sensación aterciopelada en los lados de la boca y lengua. Típico de los taninos de algunos vinos o cervezas. <p>La percepción de la intensidad de la astringencia es particularmente dependiendo de la cantidad de muestra en la boca.</p>	I	1-2	Algunos criollos antiguos.
		N	3-5	Intensidad normal para la mayoría de los cacaos.
		T		
		E	6-8	
		N	9-10	
		S		
		I		
		D		
		A		
		D		
		Sequedad	Típico de algunos cacaos poco	
		aguda de boca	fermentados	
		Aterciopelada	Típico del “Nacional” adecuadamente fermentado.	
		O		
Fruta fresca	<p>El total de fruta fresca se compone de los siguientes subatributos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bayas: grosella roja o negra, fresa, frambuesa, mora, baya de acai. • Cítricos: naranja, limón, lima, pomelo/toronja o sensación genérica de cítricos. • Oscura: cereza, ciruela. • Pulpa amarilla / naranja / blanca: albaricoque, melocotón, pera, banano. • Tropical: maracuyá, piña, mango o guanábana. 	0-2	Muchos lotes de África Occidental.	
		3-5	Algunos lotes de América Central y del Sur, lotes bien fermentados de países de Asia y del Pacífico.	
		6-7	Madagascar, algunos lotes de países de América Central y del Sur, algunos lotes de Papúa Nueva Guinea.	
Fruta marrón	<p>El total de fruta marrón se compone de los siguientes subatributos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seca: albaricoque seco, banano, uva pasa amarilla, higo que ha sido sometido a un proceso de secado no sulfurado. • Marrón: uvas pasas oscuras, dátiles, ciruelas pasas. • Sobre madura: Fruta ya no fresca y muy sobre madurada, que se vuelve marrón por dentro y por fuera, como paso previo a la sobre fermentación. 	0-2	Muchos lotes de África Occidental.	
		3-5	Lotes totalmente fermentados de Indonesia y de algunos países caribeños.	
		6-8	Algunos lotes de Papúa Nueva Guinea y otros del Caribe.	
Vegetal	<p>El total de vegetal se compone de los siguientes subatributos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasto / vegetal verde / hierba: <ul style="list-style-type: none"> » Pasto - hierba recién cortada, hojas verdes jóvenes. » Vegetal verde - hojas maduras trituradas. » Hierba - heno, paja o herbal / verde seco, hierbas como el tomillo y el romero. • Terroso/hongo/musgo/bosque: <ul style="list-style-type: none"> » Terroso - huele a humedad que surge de la tierra después de la lluvia. » Hongo - olor a seta fresca. 	0-2	Lotes de África Occidental.	
		3-5	“Nacional” debidamente fermentado y algunos lotes de países caribeños.	
		6-8	Algunos lotes de países caribeños y algunos lotes peruanos.	

	» Musgo: el musgo húmedo se asocia a menudo con la tierra o lo terroso. » Bosque: hojas y madera en el suelo de un bosque.		
Floral	El total de floral se compone de los siguientes subatributos: • Flor de azahar: sabor de flor de azahar o flor de naranjo. • Flores: jazmín, madre selva, rosa, lila, lirios, etc.	0-2 3-5 6-8	Lotes de África Occidental. "Nacional" con fermentación adecuada y algunos lotes de países caribeños. Algunos lotes de países caribeños y algunos lotes peruanos.
Madera	El total de madera se compone de los siguientes subatributos: • Madera clara: madera de cacao recién cortada, madera de pino, madera de maple, palito de helado. • Madera oscura: roble, nogal, teca, caoba. • Resina: resina de pino u otra madera resinosa.	0-2 3-5	Algunos lotes "Nacionales" y muchos lotes de África Occidental.
Especia	La especia total se compone de los siguientes subatributos: • Especias: coco seco, nuez moscada, canela, clavos, masa de cacao, tonka, vainilla, pimienta negra. • Tabaco: hojas de tabaco secas. • Sazonado/Umami: glutamato sódico, umami.	0-2 3-5	En la mayoría de los orígenes. En algunos lotes de países de África Occidental, América Central y del Sur y el Caribe.
Nuez	El total de nuez se compone de los siguientes subatributos: • Nuez – parte interna: el grano comestible de una nuez ligeramente tostada - avellana, macadamia, pecana, nogal, anacardo o marañón, almendra, nuez de Brasil. • Nuez - piel: el sabor de las cáscaras de nuez ligeramente tostadas - avellana, macadamia, pecana, nogal, anacardo o marañón, almendra, nuez de Brasil.	0-2 3-5	En la mayoría de los orígenes. Los lotes de algunos países de América Central, del Sur y del Caribe y los antiguos Criollos.
Caramelo / Panela	Aromas que recuerdan al caramelo, el azúcar moreno y la panela (azúcar de caña sin refinar).	0-2 3-5	En la mayoría de los orígenes. Los lotes de algunos países de América Central, del Sur y del Caribe y los antiguos Criollos.
Dulzor (sólo para el chocolate)	Sabor básico de las soluciones de azúcar blanca, típicamente percibido en alimentos como caramelos y postres que contienen azúcar (u otros edulcorantes como el aspartamo) y que también se encuentra de forma natural en otros alimentos como las frutas.		
Grado de tostado	Medida del grado de tostado de los granos. Un tostado excesivo o insuficiente altera muchos de los valores de los atributos	2-3 4-6 7 8-10	Tostado bajo. Tostado medio. Tostado alto. Niveles de quemado/sobre tostado.

Sabores atípicos / Defectos	<p>El total de sabores atípicos/defectos es la suma de todos los caracteres desagradables como los siguientes. Si el resultado es ≥ 10 se redondea a 10 como máximo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sucio/empolvado: no está relacionado con la textura, sino con un sabor atípico/defecto. • Humedad: viejo, húmedo, moho, en descomposición. • Mohoso: característico del crecimiento de moho. • Carne/animal/cuero: <ul style="list-style-type: none"> » Carne - carne curada, jamón, grasa extraída o fundida. » Animal - animal sucio / corral. » Cuero - cuero viejo usado. • Sobre-fermentado/fruta podrida: fruta en descomposición. • Podrido/estiércol: <ul style="list-style-type: none"> » Podrido - materia vegetal húmeda en descomposición. » Estiércol - estiércol de animales de corral. • Humo: contaminación por el humo (de cualquier tipo). • Otros olores: rancio, diesel, vapores de aceite, petróleo, alquitrán, pintura, neumáticos, productos químicos, quemado, etc. 	<p>0 Ausente - granos de cacao limpios, bien fermentados, secos y almacenados.</p> <p>1-2 Intensidad baja.</p> <p>3+ Caracterizando claramente la muestra como un defecto.</p>
Calidad global	<p>La puntuación de la calidad global refleja la impresión general del:</p> <ul style="list-style-type: none"> • potencial aromático expresado • carácter único de la muestra • equilibrio del sabor y la pulcritud del acabado <p>Celebra la expresión de la genética y la diversidad del terruño (terroir) a través del saber/conocimiento del agricultor.</p> <p>Puntuaciones globales de calidad y significado a continuación.</p>	