

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



**“FERMENTACIÓN DE CACAO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO UTILIZANDO GRANOS SECOS Y PULPA ARTIFICIAL PARA MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE SEMILLAS DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) MAL FERMENTADAS EN FINCA”**

**POR**

**LEIDY YANETH MURCIA BUESO**

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

**CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE 2022**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**Rector:**

Lic.MSc. Roger Armando Arias Alvarado

**Secretario General:**

MSc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**Decano Facultad de Ciencias Agronómicas:**

Dr. Francisco Lara Ascencio

**Secretario Facultad de Ciencias Agronómicas:**

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra

## **Jefe del Departamento de Fitotecnia**

---

Ing. Agr. MSc. Fidel Ángel Parada Berríos

### **Asesor Interno**

---

Ing. Qca. Haydee Esmeralda Munguía de  
Pérez

### **Asesor Externo**

---

Lic. Vianney Castañeda de Ábrego

### **Tribunal Calificador**

---

Ing. Qca. Haydee Esmeralda Munguía de  
Pérez

---

Ing. Sara Anabel Mejía Arteaga

---

Ing. Agr. MSc. Ricardo Ernesto Gómez  
Orellana

### **Coordinador General de Procesos de Graduación**

---

Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio

INDICE GENERAL	pág.
RESUMEN.....	I
INTRODUCCIÓN.....	II
3. INFORMACIÓN DE LA UNIDAD PRODUCTIVA.....	3
Datos generales .....	3
Localización.....	3
Antecedentes.....	4
Recursos .....	4
3.2.3. Situación administrativa .....	6
4. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA EN SECTOR .....	7
5. METODOLOGÍA .....	8
Metodología de escritorio .....	8
Metodología de laboratorio .....	8
Fermentación de cacao seco a escala de laboratorio.....	8
Procesamiento de los granos de cacao .....	16
Elaboración de licor .....	16
Extracción de manteca de cacao .....	17
5.3.3 Elaboración de chocolate Dark.....	18
Metodología para realizar un taller de catación de licor .....	19
Metodología para realizar un taller de catación de chocolate .....	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Refermentación.....	23
Refermentación del cacao híbrido trinitario del mercado central de San Salvador y cacao híbrido trinitario finca Los Ángeles.....	23
Catación de licor.....	31
Catación de licor de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central.....	31
Catación de licor híbrido trinitario de la finca los Ángeles .....	34
Catación de chocolate .....	36
Cacao híbrido trinitario del mercado central .....	36
Cacao híbrido trinitario de la finca los Ángeles .....	39
7. CONCLUSIONES .....	42
8. RECOMENDACIONES .....	43
9. BIBLIOGRAFÍA .....	44
10. ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) .....	3
Figura 2. Organigrama de CENSALUD .....	6
Figura 3. Flujograma de rehidratación de granos .....	9
Figura 4. Medición del índice de humedad de granos .....	10
Figura 5. Peso de la muestra de cacao .....	10
Figura 6. Rotulación de la muestra de cacao .....	10
Figura 7. Flujograma de elaboración de medio de pulpa artificial .....	11
Figura 8. Pesaje de los componentes del medio de pulpa artificial .....	12
Figura 9. Preparación del medio de pulpa artificial .....	12
Figura 10. Ajuste del pH del medio de pulpa artificial .....	13
Figura 11. Autoclave y medio de pulpa artificial.....	13
Figura 12. Flujograma de fermentación a escala de laboratorio .....	14
Figura 13. Mezcla de granos y medio de cultivo.....	16
Figura 14. Recipientes con cacao en incubadora .....	16
Figura 15. Temperatura de arranque de la incubadora.....	16
Figura 16. Verificación de la muestra .....	16
Figura 17. Control de la temperatura de la incubadora.....	16
Figura 18. Pasos para la elaboración de licor de cacao .....	17
Figura 19. Pasos para la elaboración de manteca de cacao .....	17
Figura 20. Pasos para la elaboración de chocolate "DARK" .....	18
Figura 21. Preparación del licor de cacao para catación .....	21

## ÍNDICE DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Composición del medio de pulpa artificial .....	11
Cuadro 2. Códigos de identificación de las muestras de licor .....	21
Cuadro 3. Códigos de muestras de chocolate.....	22
Cuadro 4. Datos de pH durante la fermentación de los 2 tipos de cacao desde las 0-96 horas .....	23
Cuadro 5. Prueba de corte del cacao tipo 1: híbrido trinitario testigo mercado central	27
Cuadro 6. Prueba de corte del cacao tipo 1: híbrido trinitario con levadura mercado central.....	27
Cuadro 7. Prueba de corte del cacao tipo 1: híbrido trinitario sin levadura mercado central.....	28

Cuadro 8. Recuento del corte de granos de cacao tipo 1: híbrido trinitario testigo, híbrido trinitario con levadura e híbrido trinitario sin levadura .....	29
Cuadro 9. Prueba de corte de cacao tipo 2: híbrido trinitario testigo finca Los Ángeles .....	30
Cuadro 10. Prueba de corte de cacao tipo 2: híbrido trinitario refermentado finca Los Ángeles.....	30
Cuadro 11. Recuento del corte de granos secos de cacao híbrido trinitario finca Los Ángeles testigo y re fermentado.....	31
Cuadro 12. Puntuación promedio de los atributos de calidad obtenidos de la catación de 3 licores de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado .....	32
Cuadro 13. Descriptores de sabor identificados en la catación de tres muestras de licor de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central.....	33
Cuadro 14. Puntuación promedio de los atributos de calidad obtenidos en la catación de dos licores de cacao tipo 2: híbrido trinitario de la finca Los Ángeles. ....	34
Cuadro 15. Descriptores de sabor identificados en la catación de dos muestras de licor tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles. ....	35
Cuadro 16. Puntuación promedio de las categorías evaluadas en la catación de tres chocolates híbridos trinitarios del mercado central .....	37
Cuadro 17. Evaluación de la tonalidad en 3 muestras de chocolate híbrido trinitario del mercado.....	38
Cuadro 18. Promedio de las categorías evaluadas en la catación de dos muestras de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles.....	40
Cuadro 19. Evaluación de la tonalidad de dos muestras de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca los Ángeles.....	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS	pág.
Gráfico 1. pH de cacao tipo 1 híbrido trinitario sin levadura.....	24
Gráfico 2. pH de cacao tipo 1, híbrido trinitario con levadura.....	24
Gráfico 3. pH cacao híbrido trinitario finca Los Ángeles.....	25
Gráfico 4. Atributos de calidad de tres muestras de licor híbrido trinitario del mercado .....	32
Gráfico 5. Descriptores de sabor de tres muestras de licor híbrido trinitario del mercado central .....	33
Gráfico 6. Atributos de calidad de dos muestras de licor híbrido trinitario finca los Ángeles .....	34
Gráfico 7. Descriptores de sabor de dos muestras de licor híbrido trinitario.....	36

Gráfico 8. Categorías evaluadas en la catación de tres chocolates tipo1, Híbrido trinitario del mercado central.....	37
Gráfico 9. Tonalidad evaluada en la catación de tres muestras de chocolate tipo 1: híbrido trinitario del mercado central .....	38
Gráfico10. Categorías evaluadas en la catación de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles .....	40
Gráfico11. Tonalidad de dos muestras de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles refermentado y testigo .....	41

## ANEXOS

INDICE DE FIGURAS	pág.
Figura A 1. Equipos de laboratorio .....	51
Figura A 2. Elaboración de licor de cacao .....	52
Figura A 3. Extracción de manteca de cacao .....	52
Figura A 4. Hoja de evaluación de licor de cacao .....	53
Figura A 5. Taller de catación de licor .....	53
Figura A 6. Panel de catación de licor .....	54
Figura A 7. Hoja de evaluación de chocolate .....	54
Figura A 8. Panel de catación de chocolate .....	55

INDICE DE CUADROS	pág.
Cuadro A 1. Rehidratación de granos de cacao .....	55
Cuadro A 2. Composición de la pulpa de cacao .....	56
Cuadro A 3. Datos de elaboración de licor .....	56
Cuadro A 4. Datos de extracción de manteca .....	57
Cuadro A 5. Cálculo de rendimiento de nibs, cascarilla y licor .....	58
Cuadro A 6. Cálculo de rendimiento de manteca .....	59
Cuadro A 7. Formulación de chocolate DARK al 70% .....	60

## RESUMEN

La pasantía profesional se realizó en el laboratorio de CENSALUD (Centro de Investigación y Desarrollo en Salud) de la Universidad de El Salvador, entre los meses de julio de 2021 a junio de 2022, relacionado a la “Fermentación de cacao bajo condiciones de laboratorio utilizando granos secos y pulpa artificial para mejorar las características organolépticas de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mal fermentadas en finca” para lo cual se elaboró un plan de trabajo donde se plantearon objetivos alcanzables, además de realizar un trabajo metodológico de laboratorio. Inicialmente se definió la composición del medio simulador de pulpa de cacao, dicho medio fue evaluado en el laboratorio de CENSALUD, posteriormente se procedió a determinar los parámetros de control para la obtención de granos de cacao bien fermentados.

La aplicación de dicha metodología se implementó en dos tipos genéticos de cacao; cacao tipo 1: híbrido trinitario obtenido en el mercado central de San Salvador, el cual partió de un 48% de fermentación y alcanzó un 68% y 80% de fermentación en sus dos ensayos, (con levadura y sin levadura). Y cacao tipo 2: híbrido trinitario procedente de la finca Los Ángeles, Lourdes Colon, La Libertad, partió de un 26% de fermentación y alcanzó 60% en el ensayo refermentado.

Luego de que estos cacao fueron tratados con el medio artificial simulador de pulpa fueron evaluados por un panel de catadores mediante un taller de catación de licores, a la vez, en dicha catación se evaluaron los licores testigo tanto del cacao tipo 1, como del cacao tipo 2, en donde los mejores resultados fueron obtenidos por las muestras a las que se les aplicó la metodología de la refermentación los cuales fueron: cacao tipo 1, híbrido trinitario del mercado sin levadura, híbrido trinitario del mercado con levadura y cacao tipo 2, híbrido trinitario refermentado finca Los Ángeles, sus puntuaciones en cuanto a calidad fueron de 82.3, 81.5 y 71.5 respectivamente, mientras que los licores con menor puntuación en cuanto a calidad fueron: cacao testigo tipo 1, híbrido trinitario del mercado y cacao testigo tipo 2, híbrido trinitario finca Los Ángeles, con 71 y 65 puntos respetivamente.

Así mismo se realizó la catación de chocolate al 70% donde las muestras de los cacao tipo 1 y tipo 2 refermentados obtuvieron las mejores características organolépticas, resaltando notas a cacao, nueces, frutas secas, frutas frescas y florales, mientras que los tratamientos testigo presentaron notas a cacao, nueces y frutas frescas en menor intensidad.

## INTRODUCCIÓN

La fermentación es un proceso en donde las semillas de cacao cubiertas de pulpa o baba, se amontonan en cajones o cajillas para aumentar su temperatura y se desprenda la baba. El proceso de fermento necesita realizarse en sitios cubiertos y cerrados, libres de viento para que la temperatura del grano de cacao sea constante.

El proceso de fermentación consiste de dos fases: la fase anaeróbica o alcohólica donde las levaduras transforman el almidón y azúcares del mucílago en etanol y desprenden gas carbónico. Ésta fase dura los dos primeros días del proceso.

La fase aeróbica o acética es cuando las bacterias de nombre *Acetobacter* transforman el etanol en ácido acético el cual penetra dentro de la semilla produciendo cambios que originan sustancias que dan buen sabor y aroma al cacao.

El tratamiento realizado a la semilla de cacao en el proceso de fermentación en finca determina la calidad tanto de los granos como del producto final, si el cacao esta deficiente en fermentación no proporciona las características organolépticas deseables en atributos básicos como: acidez, amargor y astringencia, ya que los granos violetas, pizarrosos y medio fermentados prevalecerán produciendo el llamado cacao grado 3, que no tiene calidad para chocolate.

El objetivo de esta investigación consistió en determinar si la fermentación de cacao bajo condiciones de laboratorio utilizando granos secos y pulpa artificial podría mejorar las características organolépticas de las semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mal fermentadas en finca.

Mediante la aplicación de la metodología de fermentación de cacao bajo condiciones de laboratorio se obtuvieron resultados positivos ya que el cacao se transformó de un cacao corriente a un cacao fino y de aroma, según ICCO (2018), fino y de aroma es una clasificación que describe un cacao de exquisito aroma y sabor. Siendo estos aromas y sabores frutales, florales, nueces y malta, mismos que han sido identificados en los cacaos refermentados. De esta forma los productores se verán beneficiados ya que su cacao podrá acceder a mejores precios y mercados.

### 3. INFORMACIÓN DE LA UNIDAD PRODUCTIVA

#### Datos generales

Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD)

Objetivo: contribuir al desarrollo de la salud en El Salvador, mediante la investigación científica y tecnológica, la enseñanza, la capacitación técnica avanzada, la oferta de consultoría y servicios de laboratorio especializados.

Misión: somos un centro de investigación formado por un equipo multidisciplinario de investigadores dedicados a la investigación aplicada, orientada a la prevención y desarrollo en salud, vinculada a las problemáticas de la sociedad salvadoreña.

Visión: ser un centro de investigación institucional modelo, con líneas de investigación definidas, que nos permitan ser un referente nacional e internacional para la contribución en la solución de la problemática de salud de la población.

#### Localización

La pasantía de investigación se realizó en el Laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), oficinas que se encuentran ubicadas en la Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa", final de Av. Mártires y Héroes del 30 de julio, San Salvador, El Salvador (figura 1). Cuenta con una elevación de 658 msnm y coordenadas de: Latitud 13°43'06"N y Longitud 89°12'11"O.



Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD)

## **Antecedentes**

El Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador se encuentra en el campus central, el cual, ha sido creado para contribuir a la prevención y desarrollo de la salud vinculada a la problemática de la sociedad salvadoreña a través de la investigación científica.

CENSALUD cuenta con laboratorios especializados que fueron instalados entre los años 2002 y 2003, con una gran variedad de equipos de laboratorio de los cuales la mayoría se encuentra en funcionamiento.

Los laboratorios que se encuentran en CENSALUD son los siguientes: Laboratorio de Entomología de Vectores, Laboratorio de Análisis Físico Químico, Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido, Laboratorio de Microbiología y Biotecnología, Laboratorio de Experimentación Animal, Laboratorio de Biología Molecular; Laboratorio de control de calidad y transformación de cacao.

En los objetivos estratégicos del Centro se plantean líneas de investigación relacionadas con los problemas de salud que directa o indirectamente pueden afectar a la sociedad Salvadoreña, así mismo, se trata de formar grandes grupos de investigación con otras facultades, que permitan alcanzar hallazgos científicos de calidad.

## **Recursos**

### **5.1.3.1. Recursos naturales**

Dentro de los recursos naturales con los que se cuenta en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), se tiene el agua, la cual es utilizada para el lavado y desinfección de equipos, utensilios, materia prima, etc. Dicho recurso es abastecido por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

### **3.1.3.2. Instalaciones y equipos**

Oficina y laboratorio

El laboratorio se encuentra dividido en tres áreas:

Área de procesamiento de materia prima: aquí es donde se encuentran ubicados los equipos, siguiendo una línea de producción continua, desde el análisis del perfil seco del grano de cacao, el tostado y finaliza con el refinado.

Cuarto frío: donde se encuentra la mesa de mármol, el cual posee la temperatura adecuada para realizar el temperado del chocolate.

Bodega: almacenamiento de cristalería, agua destilada, materiales estériles y reactivos.

Equipos de laboratorio

A continuación se presenta una lista de equipos que fueron utilizados en laboratorio a lo largo del proceso de la pasantía en CENSALUD (Figura A1).

- Lupa
- Balanzas (analítica, gramera)
- Hot plate
- Estufa
- Refrigeradora
- Licuadora
- Baño de maría
- Procesador de alimentos
- Selladora
- Deshidratador
- Termómetro (manual infrarrojo, digital)
- Refractómetro
- Medidor de pH y conductividad
- Mesa de mármol
- Medidor de humedad para granos
- pH-metro
- Secadora
- Autoclave
- Centrifuga
- Guillotina
- Molinillo de café
- Incubadora
- Horno tostador de granos de cacao
- Tostador de granos de cacao
- Enfriador de granos
- Máquina quebradora de granos tostados de cacao
- Molino para nibs de cacao
- Descascarilladora de “nibs” de cacao
- Extractora de manteca
- Refinadora de licor de cacao
- Medidor de micras
- Moldes para chocolate
- Cristalería

### 3.1.3.3 Recursos humanos

El personal que labora en el laboratorio se detalla a continuación:

Jefa de laboratorio, cuya función es asistir como investigadora y tutora de estudiantes de servicio social o pasantías en dicha institución.

Auxiliar de laboratorio, la cual está a cargo de la bodega donde se almacenan tanto materiales como reactivos.

Como apoyo para las diversas investigaciones y proyectos se incorporan estudiantes en servicio social o pasantías.

### 3.2.3. Situación administrativa

En la figura 2, se presenta el organigrama del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD).

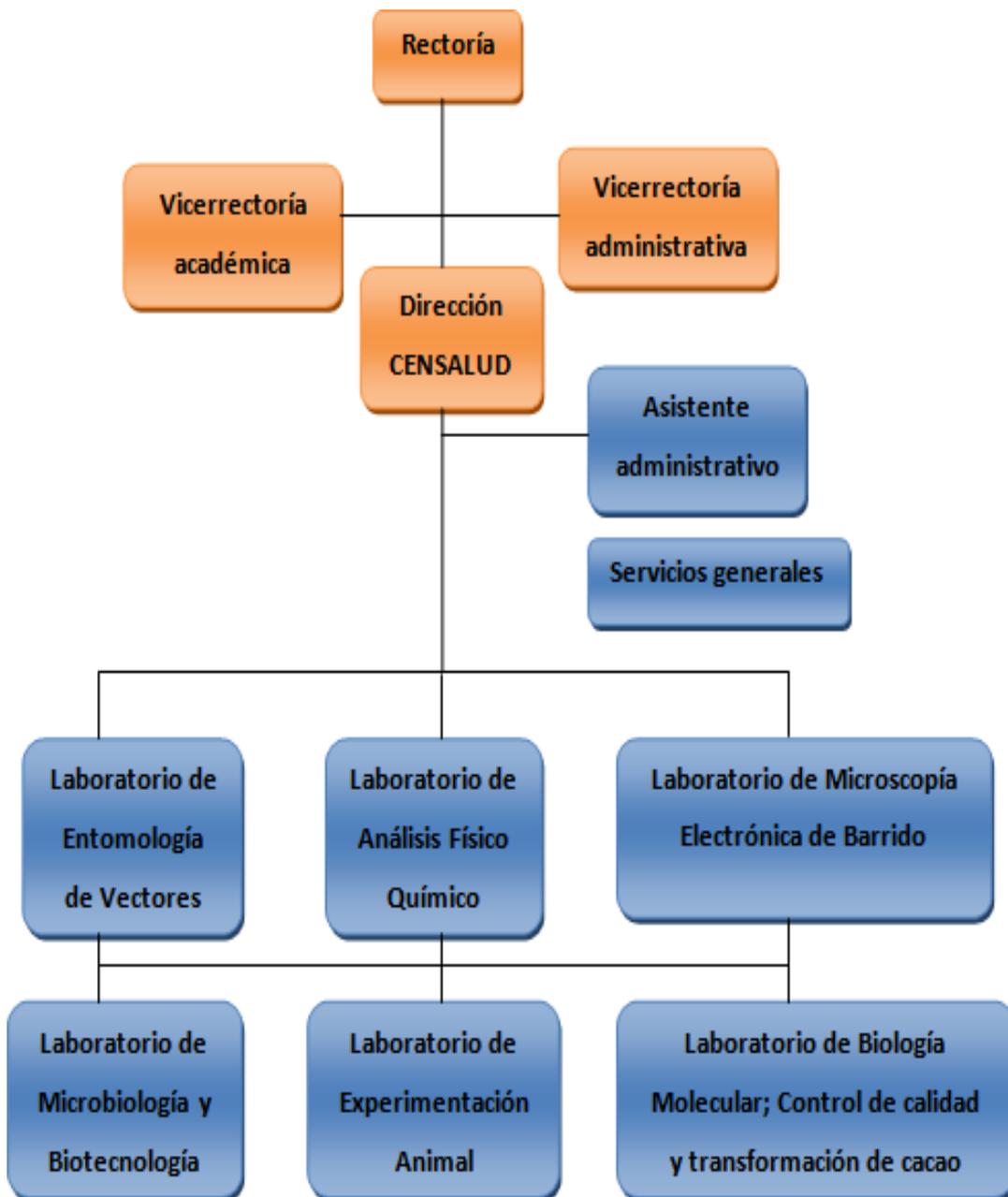


Figura 2. Organigrama de CENSALUD

#### **4. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA EN SECTOR**

El Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) se encuentra en constante investigación, en especial en el laboratorio de innovación en cacao, en el cual se realiza investigación de las diferentes variedades de cacao en El Salvador desde la caracterización hasta el procesamiento del grano. En el país es muy común que los productores de cacao no cuenten con las herramientas para lograr una adecuada fermentación de sus cacaos, por lo cual llega al mercado en malas condiciones de fermentación. Se conoce al proceso de fermentación como el primer paso en el que se busca desarrollar los precursores de aroma y sabor a chocolate. Es por ello que se propuso implementar la metodología de refermentación de cacao bajo condiciones de laboratorio utilizando granos secos y pulpa artificial para mejorar las características organolépticas tanto del grano de cacao como del chocolate. De esta manera se tendrá un proceso más eficiente en cuanto a la fermentación, donde los productores se encarguen del secado del grano y posteriormente lo envíen al laboratorio para aplicar la metodología, garantizando la calidad tanto del grano como del chocolate, permitiendo de esta forma para los productores la participación en el mercado fino y de aroma.

## **5. METODOLOGÍA**

### **Metodología de escritorio**

Se elaboró un plan de trabajo para la modalidad de pasantía profesional, donde se propusieron objetivos alcanzables en cuanto a la problemática a resolver, justificación de la investigación, la metodología, los recursos a utilizar, un presupuesto estimado con base al costo de los equipos de laboratorio y un cronograma de actividades. Se procedió a realizar una revisión bibliográfica, donde se investigó a profundidad la metodología utilizada para dicha investigación y finalmente se tabularon los datos como parte de los resultados obtenidos en el proceso de la pasantía para presentar el documento final.

### **Metodología de laboratorio**

Se implementó la metodología de fermentación a nivel de laboratorio utilizando dos tipos genéticos de cacao, siendo cacao tipo 1, híbrido trinitario del mercado central y cacao tipo 2, híbrido trinitario finca Los Ángeles, de los cuales se determinó mediante los protocolos de evaluación la calidad del cacao. Obteniendo que el cacao del mercado central presentó un porcentaje de fermentación de 48% y el cacao finca Los Ángeles presentó un 26%. El grado de fermentación es indicativo de la calidad, tomando como parámetros el cacao de tipo A: con fermentación de 75%, tipo B: 65% y tipo C: menor a 65%. El porcentaje de fermentación es inversamente proporcional a la calidad del mismo.

### **Fermentación de cacao seco a nivel de laboratorio**

Se implementó la metodología de la fermentación a nivel de laboratorio, donde se creó un medio de pulpa simulado para realizar la fermentación de 2 tipos genéticos de cacao: híbridos trinitarios que fueron fermentados en diferentes tiempos, de agosto 2021 a junio 2022. Se utilizaron granos de cacao secos deficientes en fermentación, medio de pulpa artificial y una incubadora de laboratorio.

La metodología de la fermentación a nivel de laboratorio se llevó a cabo en 3 pasos:

1. Rehidratación de los granos de cacao hasta el 35%, utilizando agua desmineralizada estéril, ya que los granos de cacao seco han perdido la mayor parte del sustrato y el contenido de agua, siendo esto requisito absoluto del proceso de fermentación (Hernani *et al.* 2019).

2. Elaboración del medio de pulpa artificial estéril. La composición de este medio parte de una gran concentración de azúcares y ácido cítrico que imitan la composición natural de la pulpa que reviste los granos de cacao dentro de la mazorca (Lee 2018).
3. Mezclado de los granos rehidratados (1 kg) con el medio de pulpa artificial (2 L). La mezcla de granos rehidratados y el medio de pulpa de cacao simulado se transfirió a cajas de fermentación de polipropileno y posteriormente se llevó a la estufa incubadora. Durante el período de fermentación se controló diariamente la temperatura, la aireación y se tomaron datos de pH tanto de la pulpa como del grano (Lee 2018).

### 5.2.1.1. Rehidratación de granos de cacao

En la figura 3, se presentan los pasos a seguir para realizar la rehidratación de granos de cacao

#### Flujograma de rehidratación de granos

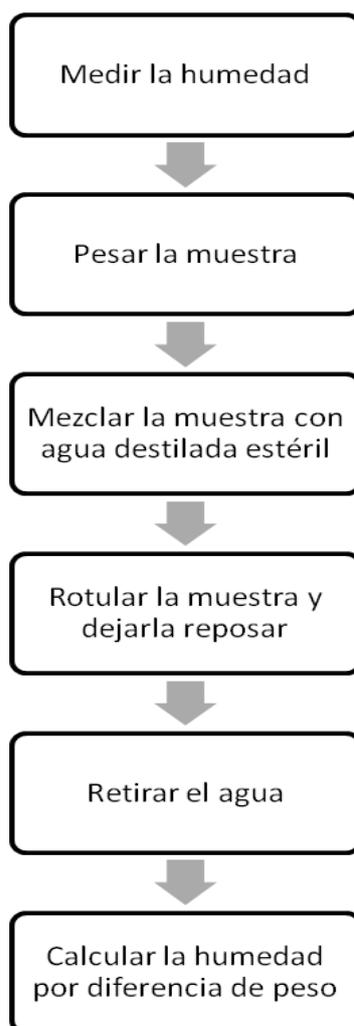


Figura 3. Flujograma de rehidratación de granos

## Descripción

Inicialmente se midió el índice de humedad de las muestras de cacao seco con un medidor de humedad para granos (figura 4), donde el cacao seco presentó un 7% de humedad.

Para realizar la prueba de rehidratación de granos de cacao seco se tomaron muestras de 100 g y 500 g de cacao. La muestra se pesó y se añadió a un beaker (figura 5). El agua destilada estéril se midió en una probeta graduada de 1000 ml y se adicionó al beaker conteniendo los granos de cacao, este se cubrió con papel aluminio y fue rotulado con los datos: peso inicial de la muestra y hora de inicio (figura 6).

Para conocer el porcentaje de rehidratación, los granos se sacaron del beaker en un recipiente limpio y se pesaron en una balanza. Para conocer el porcentaje final de humedad se realizó por diferencia de peso (cuadro A1).



Figura 4. Medición del índice de humedad de granos



Figura 5. Peso de la muestra de cacao



Figura 6. Rotulación de la muestra de cacao

### 5.2.1. 2. Elaboración de medio de pulpa artificial

En la figura 7, se presentan los pasos para la elaboración del medio de pulpa artificial

### Flujograma de elaboración de medio de pulpa artificial

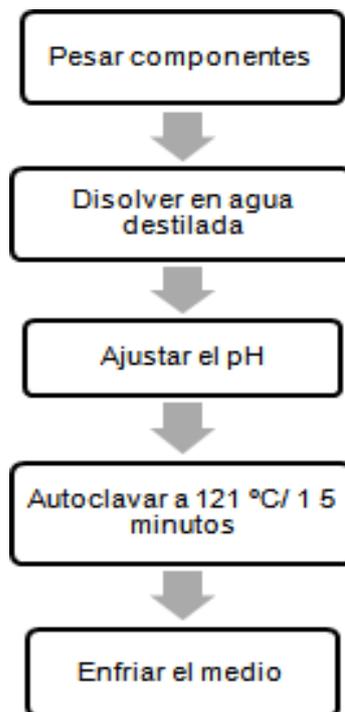


Figura 7. Flujograma de elaboración de medio de pulpa artificial

#### Descripción

Cada uno de los componentes del medio se pesó individualmente en una balanza usando capillos de papel (figura 8). En el cuadro 1, se muestran los componentes para elaborar un litro de medio, los cuales se asemejan a la composición de la pulpa que envuelve al grano (cuadro A2).

Cuadro 1. Composición del medio de pulpa artificial

<b>Componente</b>	<b>Masa (g)</b>
Sacarosa	25
Glucosa	40
Fructosa	45
Ácido cítrico	10
Extracto de levadura	5
Peptona	5
Lactato de calcio pentahidratado	1
Tween 80	1
Sulfato de magnesio heptahidratado	0.5
Sulfato de manganeso monohidratado	0.2

**Fuente:** Tomado de Lee 2018.



Figura 8. Pesaje de los componentes del medio de pulpa artificial

El medio de pulpa artificial se preparó con agua destilada estéril, la cual se midió en una probeta graduada de 1000 ml, luego se vertió en un beaker de 5000 ml en el cual se introdujo un magneto, el beaker se colocó en el hot plate para ayudar al proceso de agitación y disolución de los componentes que fueron agregados uno a uno (figura 9).



Figura 9. Preparación del medio de pulpa artificial

Una vez disueltos todos los componentes, se procedió a ajustar el pH del medio con un pH-metro Crison GLP 22 hasta llegar a 3.6 usando hidróxido de sodio 1 N y pipetas Pasteur desechables (figura 10). Al agregar el hidróxido de sodio al medio este se agitó de manera manual y con ayuda del hot plate, hasta llegar a 3.6. Dueñas (2016) menciona que el pH inicial de los cotiledones es de 6.6 y el de la pulpa varía de 3.4 a 4.6 y después de la fermentación el rango final de pH es de 4.5 a 5.5.



Figura 10. Ajuste del pH del medio de pulpa artificial

Una vez preparado el medio, se vertió en frascos de vidrio estériles bien cerrados y erlenmeyer suficientemente sellados con torunda y aluminio, se llevó al autoclave durante 15 min/ 121 °C (figura 11), para luego ser enfriado a temperatura ambiente.



Figura 11. Autoclave y medio de pulpa artificial

### 5.2.1. 3. Refermentación

En la figura 12, se presentan los pasos para realizar el proceso de refermentación

## Flujograma de refermentación

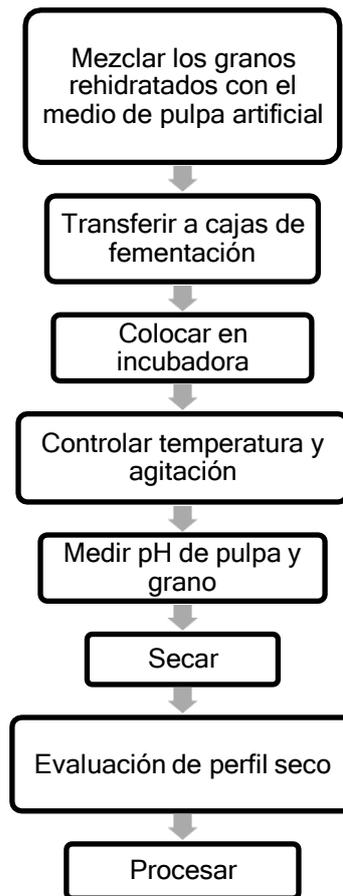


Figura 12. Flujograma de fermentación a escala de laboratorio

### Descripción

Los granos de cacao rehidratados al 35% con agua destilada estéril se mezclaron con el medio de pulpa artificial en ambiente estéril, en un recipiente de polipropileno de medidas 30 x 44 x 17 cm (figura 13). Dicho ensayo se repitió 3 veces, logrando estandarizar el método como sigue.

Se fermentaron 2 kg de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado, de los cuales a 1 kg se adicionó 1.5% de levadura panificadora y al kilogramo restante no se le aplicó, esto con el fin de identificar si al agregar levadura se aceleraba el proceso de la fermentación. Se fermentó 1 kg de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles aplicando la metodología de refermentación.

Posteriormente los recipientes se dejaron en la incubadora (figura 14), la cual previamente se llevó a la temperatura de arranque de 25 °C (figura 15). La muestra de cacao se verificó cada 24 horas (figura 16). La temperatura se controló de la siguiente manera: 25 °C (0-24 h), 35 °C (24-48 h), 40 °C (48-72 h), 45 °C (72-96 h) (figura 17), aumentando gradualmente para optimizar el proceso de la fermentación (Lee 2018), así

mismo se realizó el volteo diario de los granos, sacando el recipiente de la incubadora por un tiempo no mayor de 2 minutos para no afectar las temperaturas internas, con las manos bien desinfectadas con alcohol se procedió a remover los granos de manera que todo quedó lo más homogéneo posible.

Diariamente se realizó con ayuda de un cútter desinfectado el corte longitudinal de 10 granos, una vez abierto el grano se procedió primeramente a percibir el olor que dependiendo de la etapa de fermentación fue olor a malta, vinagre, vino, cerveza, alcohol, acético. Posteriormente se observó el color del grano, violeta o marrón y si presentó escurrimiento de líquido.

La toma de datos del pH se realizó tanto de la pulpa como del cotiledón. Se tomaron 25 ml de la pulpa en un beaker graduado de 100 ml, esta se llevó a 100 ml, se agitó y se hizo la lectura en el pH-metro. Para la medición del pH del cotiledón, se usaron 30 gramos de cacao, de los cuales se tomaron 3 muestras de 10 g, los granos se cortaron longitudinalmente para facilitar el proceso de descascarillado, posteriormente se molieron en un molinillo para café, los 10 g se mezclaron con agua destilada estéril previamente tibia y se filtró usando filtros de café, al enfriarse la muestra se tomó la lectura del pH. (Coexca 2011).

El proceso de fermentación tardó de 3 a 5 días, luego la muestra de cacao se expuso al sol en una zaranda de alambre, por un período de 2 horas, posteriormente se dejó en un lugar con buena aireación para llegar a la humedad de proceso, esto tardó entre 7 y 10 días. Es importante saber que el grano destinado para almacenar se deja con 7% de humedad y el grano para procesar con un máximo de 7%.

La evaluación de perfil seco se realizó en base a la prueba de corte, es la prueba de calidad más utilizada para el cacao en grano. Se basa en la inspección visual de las superficies cortadas de una muestra de granos y una evaluación del número de granos defectuosos (ECA 2019).

Se tomaron 50 granos de cacao, se hizo el corte longitudinal y posteriormente el conteo de granos, bien fermentados, parcialmente fermentados, violetas, pizarrosos, dañados por hongos, dañados por insectos, sobre fermentados. El porcentaje de fermentación se consideró como la suma de los granos bien y parcialmente fermentados. Para considerar que una muestra de cacao está bien fermentada debe superar el 70%.

La calidad de los granos de cacao depende, entre otros factores, de la variedad y del proceso de fermentación, ya que en esta etapa se producen los cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y del sabor.



### Procesamiento de los granos de cacao

Los granos de cacao se procesaron para evaluar la calidad sensorial del licor obtenido a partir de los ensayos de cacao refermentado. En la figura 18, se presentan los pasos para la elaboración de licor de cacao.

#### Descripción

Se pesó 1 kg de cacao por la capacidad del horno, se tostó a una temperatura de 130 °C durante 40 minutos, parando el horno minutos antes para probar si el grano se descascarillaba fácilmente, el cacao se dejó enfriar a temperatura ambiente y luego pasó a la maquina quebradora de granos, posteriormente se descascarilló para dejar limpios los nibs de cacao (rendimientos cuadro A3 y A5) mismos que con ayuda de una licuadora se pre molieron para iniciar el proceso de refinado (figura A2), agregando pequeñas cantidades a la maquina refinadora, se dejó refinar por varias horas y luego se midió el

tamaño de partícula, ya que se buscaba llegar a menos de 40 micrómetros para dejar madurando 15 días en refrigeración.

### Elaboración de licor

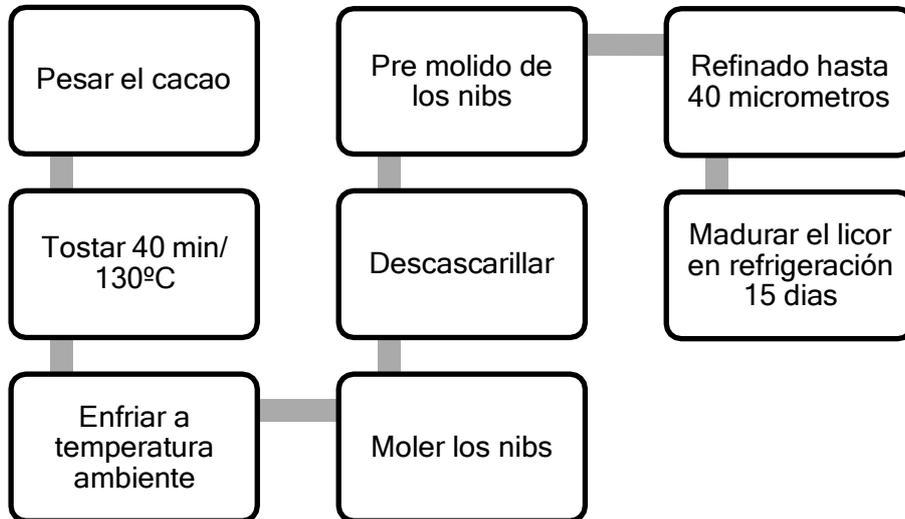


Figura 18. Pasos para la elaboración de licor de cacao

### Extracción de manteca de cacao

En la figura 19, se presentan los pasos para la extracción de manteca de cacao, la cual será utilizada en el proceso de elaboración de chocolate Dark.



Figura 19. Pasos para la elaboración de manteca de cacao

## Descripción

Para la elaboración de manteca se pesaron 700 g de cacao, se tostó a una temperatura de 130°C durante 40 minutos, parando el horno minutos antes para probar si el grano se descascarillaba fácilmente, el cacao se dejó enfriar a temperatura ambiente y pasó a la máquina quebradora de granos, posteriormente se descascarilló para dejar limpios los nibs de cacao, luego se precalentó la máquina durante 20-30 minutos aproximadamente, los nibs se agregaron en pequeñas cantidades y la máquina se encargó de separar la manteca de la torta (figura A3). Posteriormente la manteca decantó en la estufa y los sólidos se centrifugaron para obtener la mayor cantidad de manteca posible, la cual finalmente se almacenó en refrigeración. Los datos y cálculos de rendimiento de la manteca pueden verificarse en el cuadro A4 y A6.

### 5.3.3 Elaboración de chocolate Dark

En la figura 20, se presentan los pasos para la elaboración de chocolate Dark, el cual tuvo como objetivo evaluar la calidad sensorial del chocolate elaborado a partir de granos de cacao refermentados.

El chocolate DARK se desarrolla siguiendo la formulación presentada en el cuadro A7, que consiste en un balance de masas.

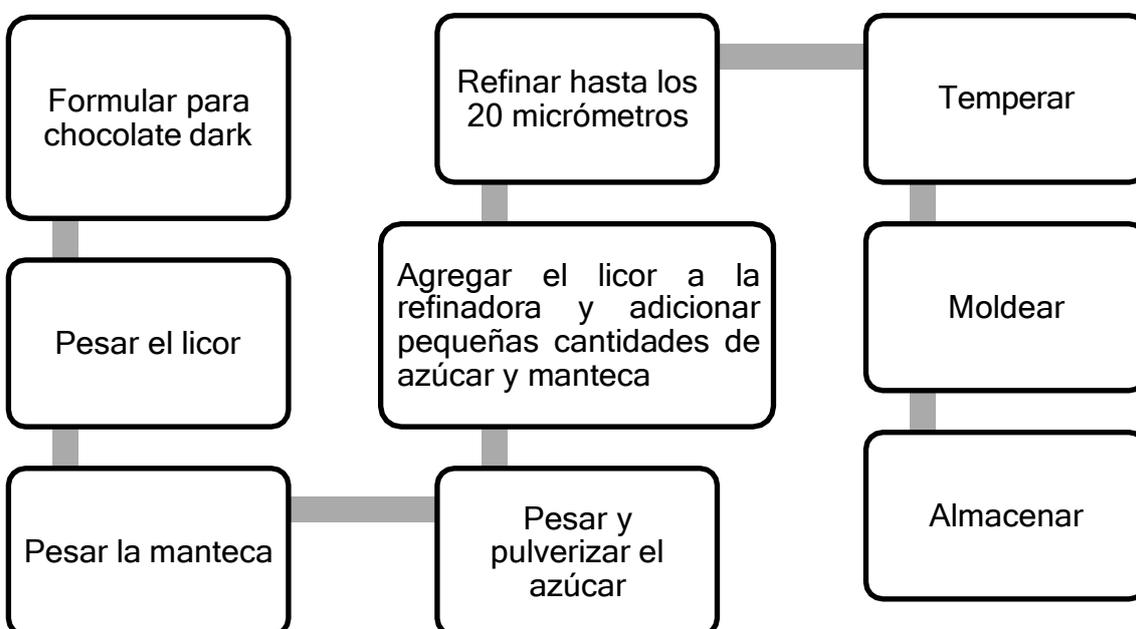


Figura 20. Pasos para la elaboración de chocolate "DARK"

Llevando a cabo los cálculos establecidos en el cuadro A7, se determinó la cantidad de licor, manteca y azúcar correspondientes al chocolate dark 70%. Los tres ingredientes se incorporaron a la refinadora de la siguiente forma:

El licor de cacao se pesó, se fundió y se vertió en la refinadora.

Se pesó la manteca, la cual también se fundió, agregando la mitad al inicio del refinado y la otra mitad al final.

Se pesó el azúcar y se pulverizó para tener partículas más pequeñas que no afectaran el refinado del chocolate, se agregó en pequeñas cantidades durante el refinado.

Se midió el tamaño de partícula, hasta llegar a menos de 20 micrómetros.

El templado del chocolate se realizó de forma manual, partiendo de una formulación de 1kg (licor de cacao, manteca de cacao y azúcar). Usando mesa de mármol, bol, espátulas de acero inoxidable y termómetro para verificar la temperatura.

El chocolate se fundió en baño de maría hasta alcanzar una temperatura de 50-55 °C, luego se vertieron 2/3 partes del chocolate directamente sobre el mármol para bajar a 28 - 29 °C, removiendo continuamente con una espátula. Finalmente el chocolate contenido en la mesa de mármol se añadió al bol que reservaba 1/3 del chocolate restante, se removió hasta alcanzar los 32-33 °C (Valrhona 2022).

### **Metodología para realizar un taller de catación de licor**

La catación o evaluación sensorial es “la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”.

Gusto: hace referencia a los sabores en los alimentos. Este atributo se debe a la combinación de tres propiedades: olor, aroma y gusto.

Sabor: es la impresión que causa un alimento u otra sustancia, y está determinado principalmente por sensaciones químicas detectadas por el gusto (lengua), así como por el olfato (olor).

Posgusto: se conoce como los sabores residuales en el paladar después de degustar una muestra. Los sabores básicos se clasifican como: dulce, salado, ácido y amargo.

Los sabores y aromas que podemos percibir en referencias básicas y específicas de licor de cacao son: ácido, amargo, astringencia, floral, frutal, nuez, especias y defectos.

Es necesario capacitar a los penalistas, ya que el instrumento básico para la evaluación sensorial son las personas y sus sentidos de gusto y olfato. Una buena evaluación requiere un grupo de cinco o más individuos. Estos evaluadores requieren ser capacitados para aprender y familiarizarse con una metodología y desarrollar o incrementar la habilidad para reconocer, identificar y calificar atributos sensoriales (FHIA). Por lo tanto estas personas se consideran panelistas entrenados.

Los panelistas requeridos para desarrollar este tipo de prueba deben cumplir con unos requisitos básicos como: haber sido entrenado en la prueba de umbrales, prueba de percepción y reconocimiento de olores.

Mediante la evaluación sensorial de las muestras de licor de cacao, el panel evaluó los atributos de cada una de las muestras, de los cacaos refermentados y testigos, siguiendo la guía que se presenta en la figura A2.

A continuación se detalla el proceso:

Se realizó una prueba descriptiva: Estas pruebas permiten conocer las características del producto alimenticio y las exigencias del consumidor, para ello se realizó un análisis descriptivo (perfil de sabor y textura). Para esta prueba no se considera un número específico de jueces, siempre que se cumplan los requisitos de haber recibido entrenamiento intenso, experiencia en productos específicos y habilidad para comunicar y describir atributos.

Se prepararon las muestras de licor de cacao para la catación (figura 21), en cada vaso plástico se pesó 20 g de muestra de licor, que posteriormente fue almacenado en refrigeración hasta el día del taller.

Al momento de la evaluación sensorial las muestras de licor fueron fundidas a 42 °C.

La catación se realizó a ciegas, para ello a cada una de las muestras de licor se le asignó un código de identificación, siendo estas 5 muestras como se presenta a continuación en el cuadro 2.



Figura 21. Preparación del licor de cacao para catación

Cuadro 2. Códigos de identificación de las muestras de licor

Muestras	Código
Cacao tipo 1 : Híbrido trinitario mercado central sin levadura	MX1
Cacao tipo 1: Híbrido trinitario mercado central con levadura	MX2
Cacao tipo 1: Híbrido trinitario mercado central testigo	MX3
Cacao tipo 2: Híbrido trinitario finca Los Ángeles refermentado	MX4
Cacao tipo 2: Híbrido trinitario finca Los Ángeles testigo	MX5

#### **Materiales utilizados en el taller de catación de licor**

Licor, paletas plásticas, vasos y platos desechables, servilletas, agua, galleta (torti trigo marca Lido), lapiceros y hoja de evaluación (figura A4).

Inicialmente se explicó cómo hacer la evaluación (figura 5) siguiendo los parámetros presentados en la hoja de evaluación. Cada participante procedió a realizar su prueba (figura A6), tomando en cuenta un tiempo de 30 minutos para cada una de las muestras,

tomando un descanso de 15 minutos después de las primeras 3. Entre cada una se realizó su respectivo enjuague con agua y galleta.

Para el análisis de los datos se utilizó la medida de tendencia central (media o promedio), sintetizando los resultados obtenidos en un cuadro, que posteriormente fue analizado visualmente mediante gráfico de araña.

### **Metodología para realizar un taller de catación de chocolate**

La catación de chocolate se llevó a cabo siguiendo los parámetros descritos en la catación de licor, así mismo como la forma de análisis de los datos.

Las muestras evaluadas fueron 5, se contó con un panel de 5 catadores los cuales realizaron una evaluación a ciegas es decir que a cada muestra de chocolate se le asignó un código de identificación como se muestra en el cuadro 3.

### **Materiales utilizados en el taller de catación de chocolate**

Agua, galleta (torti trigo marca Lido), servilleta, lapicero y hoja de evaluación (figura A7).

Se procedió a explicar la hoja de evaluación, cada participante realizó su prueba (figura A8) tomando en cuenta que el catador debía tomarse un tiempo pertinente entre 10 a 15 minutos para evaluar cada una de las muestras, las cuales fueron 5 g de chocolate, tomando un descanso de 10 minutos al realizar las primeras 3 muestras.

Cuadro 3. Códigos de muestras de chocolate

<b>Muestra</b>	<b>Código</b>
Cacao tipo 1 : Híbrido trinitario mercado central sin levadura	MX1
Cacao tipo 1: Híbrido trinitario mercado central con levadura	MX2
Cacao tipo 1: Híbrido trinitario mercado central testigo	MX3
Cacao tipo 2: Híbrido Trinitario finca Los Ángeles refermentado	MX4
Cacao tipo 2: Híbrido trinitario finca Los Ángeles testigo	MX5

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Refermentación

Se presentan los parámetros de control de fermentación y datos obtenidos a partir del proceso.

#### Refermentación del cacao híbrido trinitario del mercado central de San Salvador y cacao híbrido trinitario finca Los Ángeles.

A continuación se presentan los resultados obtenidos al finalizar la fermentación de cacao a escala de laboratorio en los ensayos de cacao híbrido trinitario.

#### Registro de pH del cacao híbrido trinitario del mercado central de San Salvador y cacao híbrido trinitario finca Los Ángeles.

En el cuadro 4, se muestran los datos del pH registrado durante la fermentación de los ensayos de cacao tipo 1, híbrido trinitario sin levadura y con levadura y cacao tipo 2, híbrido trinitario finca Los Ángeles, desde las 0-96 horas.

Cuadro 4. Datos de pH durante la fermentación de los 2 tipos de cacao desde las 0-96 horas

Horas	Cacao tipo 1, sin levadura		Cacao tipo 1, con levadura		Cacao tipo 2, finca Los Ángeles	
	pH grano	pH pulpa	pH grano	pH pulpa	pH grano	pH pulpa
0 h	6.1	3.6	6.1	3.6	6.20	3.6
24 h	5.74	4.35	5.69	4.14	5.30	3.52
48 h	5.67	4.71	5.44	5.16	5.61	3.76
72 h	4.51	4.51	4.79	4.78	5.74	5.07
96 h	4.52	4.78	4.87	5.30	5.34	4.98

El gráfico 1, muestra el comportamiento del pH tanto del grano como de la pulpa, durante el proceso de fermentación de las muestras de cacao tipo 1, híbrido trinitario procedente del mercado central de San Salvador: muestra sin levadura.

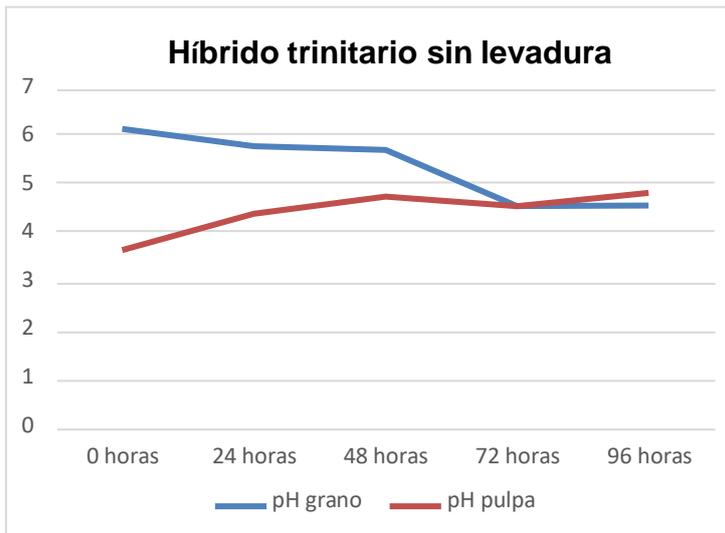


Gráfico1. pH de cacao tipo 1 híbrido trinitario sin levadura

La línea azul representa el pH del grano y la línea roja el pH de la pulpa, los cuales fueron monitoreados desde las 0-96 horas. Como se observa en el gráfico 1, el momento en que ambas líneas se cruzan a las 72 horas, es el tiempo adecuado en el cual los granos finalizaron la fermentación, presentando un pH de 4.51 tanto la pulpa como el cotiledón.

El ensayo sin levadura presentó un pH inicial de 3.6 en pulpa, valor que fue en ascenso durante el período de la fermentación hasta alcanzar un pH final de 4.51 a las 72 horas y un valor inicial de pH en grano de 6.1, el cual al contrario fue descendiendo hasta alcanzar un valor de pH de 4.51 a las 72 horas. Según García, citado por Dueñas (2016), existen significativas diferencias en cuanto al pH inicial en el mucílago y cotiledón antes del proceso de fermentación, esto se debe principalmente al contenido de ácido cítrico en el mucílago. Además, menciona que el pH inicial de los cotiledones es de 6.6 y el de la pulpa varía de 3.4 a 4.6. Se puede apreciar en el cuadro 4, que los datos de esta investigación coinciden significativamente a los antes mencionados.

En el gráfico 2, se muestra el comportamiento del pH tanto del grano como de la pulpa, durante el proceso de fermentación de las muestras de cacao tipo 1, híbrido trinitario procedente del mercado central de San Salvador: muestra con levadura.

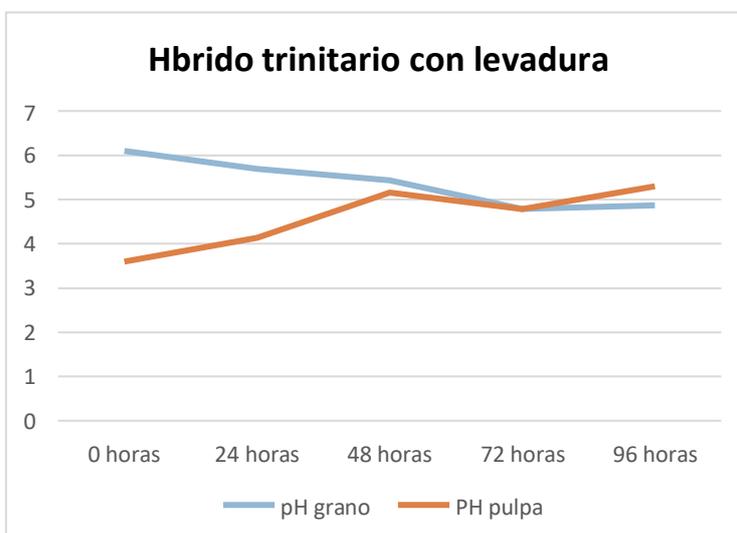


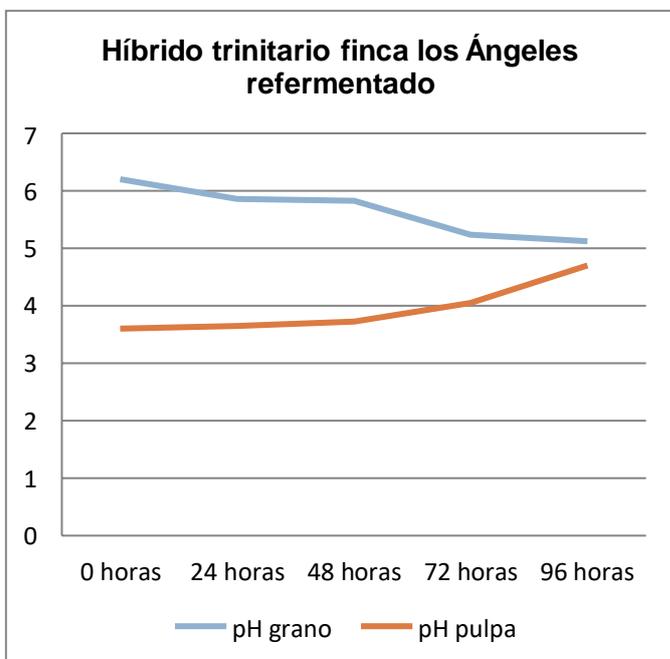
Gráfico 2. pH de cacao tipo 1, híbrido trinitario con levadura

La línea azul representa el pH del grano y la línea roja el pH de la pulpa, los cuales fueron monitoreados desde las 0-96 horas. Como se observa en el gráfico 2, el momento en que ambas líneas se cruzan a las 72 horas es el tiempo adecuado en el cual los granos finalizaron la fermentación, presentando un pH de grano 4.79 y pulpa 4.78.

El ensayo con levadura presentó un pH inicial de 3.6 en pulpa, valor que fue en ascenso durante el período de la fermentación, hasta alcanzar un pH final de 4.78 a las 72 horas y un valor inicial de pH en grano de 6.1, el cual al contrario fue descendiendo hasta un valor de pH de 4.79, a las 72 horas, indicando la finalización de la fermentación. Según Dueñas (2016), el pH de los cotiledones durante el primer día de fermentación decrece lentamente (hasta 6.3), pero durante el tercer y cuarto día baja rápidamente hasta alcanzar un valor de 4.75 aproximadamente; este valor sufre muy pocos cambios hasta que se termina la fermentación, tal como se observa en el cuadro 4, los datos del pH de granos en esta investigación a las 72 horas alcanzó un valor de 4.79 que se asemeja al mencionado por el investigador.

Según Vilchez (2016), la pulpa de cacao por presentar condiciones adecuadas (azúcar y acidez), son aprovechadas en la fermentación. Los microorganismos llevan a cabo la fermentación en la pulpa, que contiene carbohidratos (glucosa, fructosa, sacarosa) y un valor de acidez (pH) entre 3,3 y 4,0 debido a la presencia de ácido cítrico. Dicho parámetro en el pH de la pulpa se cumple en los ensayos de cacao sin levadura y con levadura.

El gráfico 3, muestra el comportamiento del pH tanto del grano como de la pulpa, durante el proceso de fermentación de las muestras de cacao tipo 2, híbrido trinitario finca Los Ángeles refermentado.



Como se observa en el gráfico 3, la línea azul representa el pH del grano y la línea roja el pH de la pulpa, durante el proceso de refermentación este dato se monitorea diariamente, obteniendo como resultado que a las 96 horas las líneas estaban a punto de interceptarse es decir, que la fermentación no se había desarrollado por completo, presentando un pH de grano 5.34 y pulpa 4.98

Gráfico3. pH cacao híbrido trinitario finca Los Ángeles

El ensayo fermentado de la finca Los Ángeles, presentó un pH inicial de 3.6 en pulpa, valor que fue en ascenso durante el período de la fermentación hasta alcanzar un pH final de 4.98 a las 96 horas y un valor inicial de pH en grano de 6.2, el cual al contrario fue descendiendo hasta alcanzar un valor de pH de 5.34 a las 96 horas. Dueñas (2016), menciona que después de la fermentación el rango final de pH es de 4.5 a 5.5, los datos obtenidos en esta investigación cumplen con dicho rango mencionado por el investigador. Según ERA (2017), valores de pH entre 4.0 y 5.0 pueden reflejar una acidez excesiva, con granos de cacao con bajo potencial de sabor y exceso de ácido láctico. El pH óptimo para cacao de calidad debe encontrarse entre 5.0 y 5.4.

(Peñaherrera 2021) indica que, el pH óptimo de un cacao de calidad debe encontrarse en un rango de 5,1 a 5,4, lo que indica que la fermentación ha finalizado, valores mayores de pH son indicativos de una sobre fermentación y valores menores a 5 indica la presencia de ácidos no volátiles indeseables.

### **Evaluación de calidad de cacao seco**

A continuación se presentan los resultados obtenidos al finalizar el ensayo de fermentación de las tres muestras de cacao.

#### **Híbrido trinitario del mercado central**

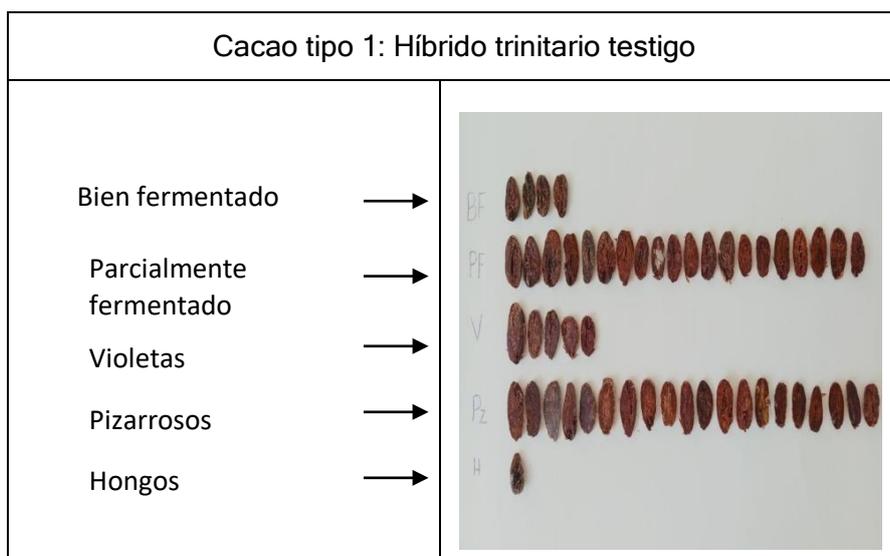
Al finalizar el proceso de fermentación, se procedió a realizar la evaluación de la semilla de cacao seco en las muestras del cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central: testigo (cuadro 5), con levadura (cuadro 6) y sin levadura (cuadro 7).

La prueba de corte permite identificar los granos defectuosos, es decir aquellos mohosos, pizarrosos, violetas, germinados, dañados por insectos (Gutiérrez 2007). Además de los granos completamente fermentados o bien fermentados y parcialmente fermentados.

Para calcular el porcentaje de granos en cada categoría, se divide el número de granos en esa categoría, entre el total de granos cortados y se multiplica por cien (Aguilar 2016).

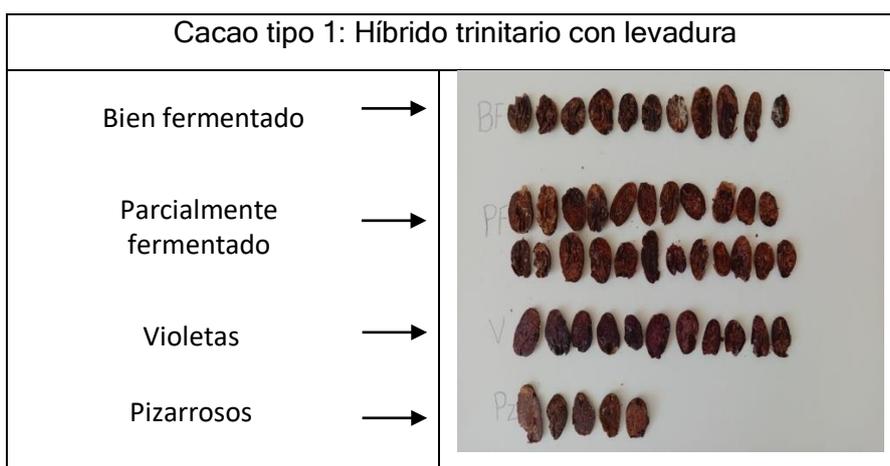
A continuación se ilustran los resultados de la prueba de corte realizada al cacao tipo 1, híbrido trinitario del mercado central testigo, en comparación a los ensayos fermentados: sin levadura y con levadura.

Cuadro 5. Prueba de corte del cacao tipo 1: híbrido trinitario testigo mercado central



Al realizar la prueba de corte del cacao testigo, se obtuvieron los siguientes resultados: 8% de granos bien fermentados, 40% parcialmente fermentados, 10% violetas, 40% pizarrosos, 2% dañados por hongos. Un mayor porcentaje de granos pizarrosos indica, que es grano de cacao sin fermentar, el cual presenta un color interior gris, negruzco y cuya estructura es completamente compacta. (Infocafes 2014). Estos valores se deben a que dicho cacao fue obtenido del mercado central, sin un proceso de fermentación, siendo comúnmente la forma de comercializarlo.

Cuadro 6. Prueba de corte del cacao tipo 1: híbrido trinitario con levadura mercado central



En este ensayo se aplicó la metodología de fermentación a escala de laboratorio obteniendo: 22% de granos bien fermentados, 46% parcialmente fermentados, 22% violetas, 10% pizarrosos. En el cuadro 6, se observa que los granos bien fermentados

aumentaron en tanto los pizarrosos disminuyeron. A mayor porcentaje de granos fermentados y, menor de granos violetas, pizarrosos y sobre-fermentados, el sabor del cacao será de mayor calidad y agradable que se expresa como menos ácido, menos astringente y amargo o libre de sabor indeseable (Aguilar 2016). Es decir que se tuvo un adecuado desarrollo del proceso fermentativo. Un cacao correctamente cosechado, fermentado y secado al sol contendrá un alto porcentaje de granos parcialmente marrones/morados (Shuka 2017).

Cuadro 7. Prueba de corte del cacao tipo 1: híbrido trinitario sin levadura mercado central



Aplicando la metodología de fermentación a escala de laboratorio utilizando granos secos obtenidos del mercado central, se obtuvieron los siguientes resultados: 14% granos bien fermentados, 66% parcialmente fermentados, 10% violetas, 10% pizarrosos. Dicho ensayo presenta el mayor porcentaje de granos parcialmente fermentados, por lo cual se podría impedir el desarrollo completo del sabor a cacao (Shuka 2017). Así mismo presenta una disminución importante en los granos violetas y pizarrosos, evitando, sabores amargos y astringentes en el grano.

Determinación del porcentaje de fermentación y granos no deseados según Coexa (2011).

- % Fermentación total (suma de los promedios de completa y parcialmente fermentado)
- % Granos no deseados (100% - % fermentación total)

Cuadro 8. Recuento del corte de granos de cacao tipo 1: híbrido trinitario testigo, híbrido trinitario con levadura e híbrido trinitario sin levadura

	Número de granos		
	Testigo	Con levadura	Sin levadura
Bien fermentados	4	11	7
Parcialmente fermentados	20	23	33
Violetas	5	11	5
Pizarrosos	20	5	5
Hongos	1	0	0
% Fermentación	48%	68%	80%

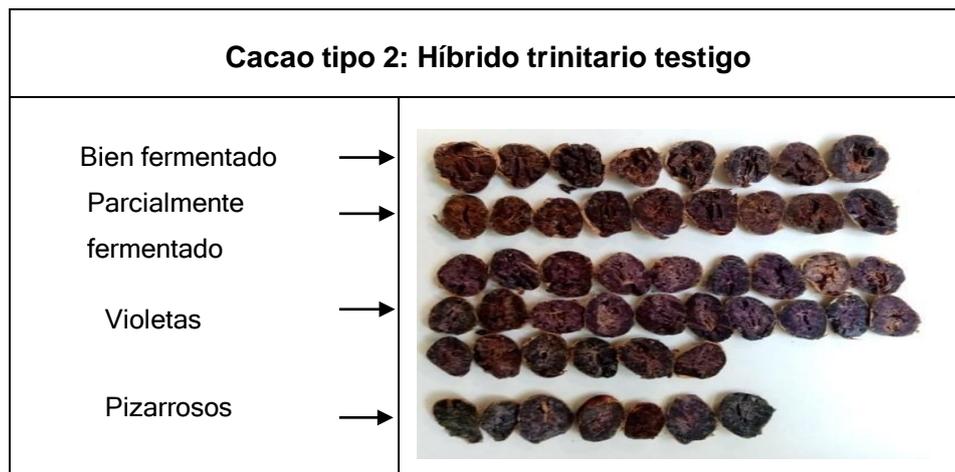
Este cuadro comparativo muestra los porcentajes de fermentación del cacao tipo 1, híbrido trinitario del mercado central. El cacao testigo partió de 48% de fermentación. Para el cacao de buena calidad, el porcentaje de granos fermentados en la muestra debe de ser mayor del 80 % (Lutheran 2022). Para un cacao especial se requiere que entre el 65% y 70% de los granos estén con fermentación buena, mientras que para un cacao corriente debe ser mínimo de 65% (Gonzales *et al.* 2019).

El ensayo fermentado con levadura alcanzó 68% de fermentación y el ensayo sin levadura 80%. Comprobando la efectividad de la metodología empleada, ya que los granos de cacao incrementaron su porcentaje de fermentación. Sin embargo, al comparar el porcentaje de fermentación de la muestra a la cual se le agregó levadura, se verificó que dicha muestra no presentó una aceleración en el proceso de fermento. Ya que, Las levaduras son los mayores productores de ésteres y alcoholes superiores, lo que contribuye a la compleja mezcla de compuestos volátiles que caracteriza el aroma del chocolate (Zamundio *et al.* 2021).

### **Híbrido trinitario finca Los Ángeles**

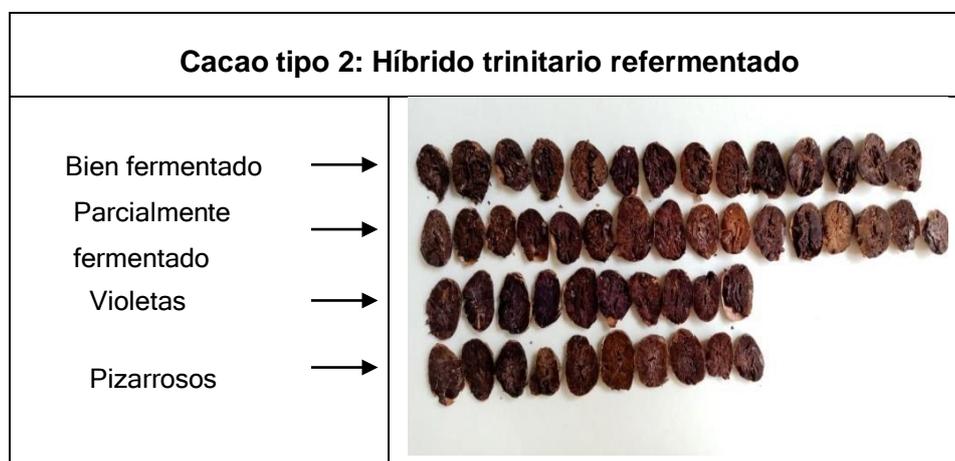
Se realizó la evaluación de la semilla de cacao seco en las muestras del cacao tipo 2, híbrido trinitario finca Los Ángeles. A continuación se ilustran los resultados de la prueba de corte del cacao testigo (cuadro 9) en comparación al ensayo fermentado (cuadro 10).

Cuadro 9. Prueba de corte de cacao tipo 2: híbrido trinitario testigo finca Los Ángeles



Al realizar la prueba de corte del cacao testigo, se obtuvieron los siguientes resultados: 16% granos bien fermentados, 18% parcialmente fermentados, 50% violetas, 14% pizarrosos. El mayor porcentaje de granos violetas se debe a que este cacao no está fermentado, ya que el productor solamente realizó el proceso de secado, por lo que el grano presentó fuerte sabor amargo y astringencia.

Cuadro 10. Prueba de corte de cacao tipo 2: híbrido trinitario refermentado finca Los Ángeles



El ensayo del cacao tipo 2, al cual se le aplicó la metodología de fermentación, presentó los siguientes resultados: 28% granos bien fermentados, 32% parcialmente fermentados, 20% violetas, 20% pizarrosos. Se puede observar un notable aumento en los granos bien y parcialmente fermentados y una disminución considerable de granos no deseados (violetas).

Cuadro 11. Recuento del corte de granos secos de cacao híbrido trinitario finca Los Ángeles testigo y refermentado

<b>Número de granos</b>		
	<b>Testigo</b>	<b>Refermentado</b>
<b>Bien fermentados</b>	8	14
<b>Parcialmente fermentados</b>	9	16
<b>Violetas</b>	25	10
<b>Pizarrosos</b>	7	10
<b>% Fermentación</b>	26%	60%

El cuadro 11, es un comparativo de los porcentajes de fermentación del cacao tipo 2, híbrido trinitario finca Los Ángeles, el cual partió de 26% de fermentación y alcanzó 60% en 96 horas, los investigadores consideran este porcentaje de fermentación muy bajo, por lo que es considerado un cacao mal fermentado. Si al final de la prueba de corte se tienen entre 16 y 17 granos bien fermentados, es el equivalente a 65-68% de una buena fermentación (Procomer 2022). La fermentación dependerá del tipo de cacao, los criollos requieren menor tiempo con relación a los trinitarios y forasteros; además influye la cantidad (Nogales 2022).

### **Catación de licor**

La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones, a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto, y oído.

### **Catación de licor de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central**

#### **Atributos de calidad**

Se realizó la catación de tres licores de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central (sin levadura, con levadura y testigo), evaluando la calidad de los atributos: aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos y pos gusto. Al finalizar la evaluación de las muestras los catadores hicieron la sumatoria de puntos que se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12. Puntuación promedio de los atributos de calidad obtenidos de la catación de 3 licores de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado

Muestra	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Pos gusto	Puntaje final
Sin levadura	8,4	7,7	7,5	8	20	7,3	82,3
Con levadura	7,2	7,7	8,3	8,6	20	7,5	81,5
Testigo	7,5	6,8	5,7	6,3	19,7	5,8	71

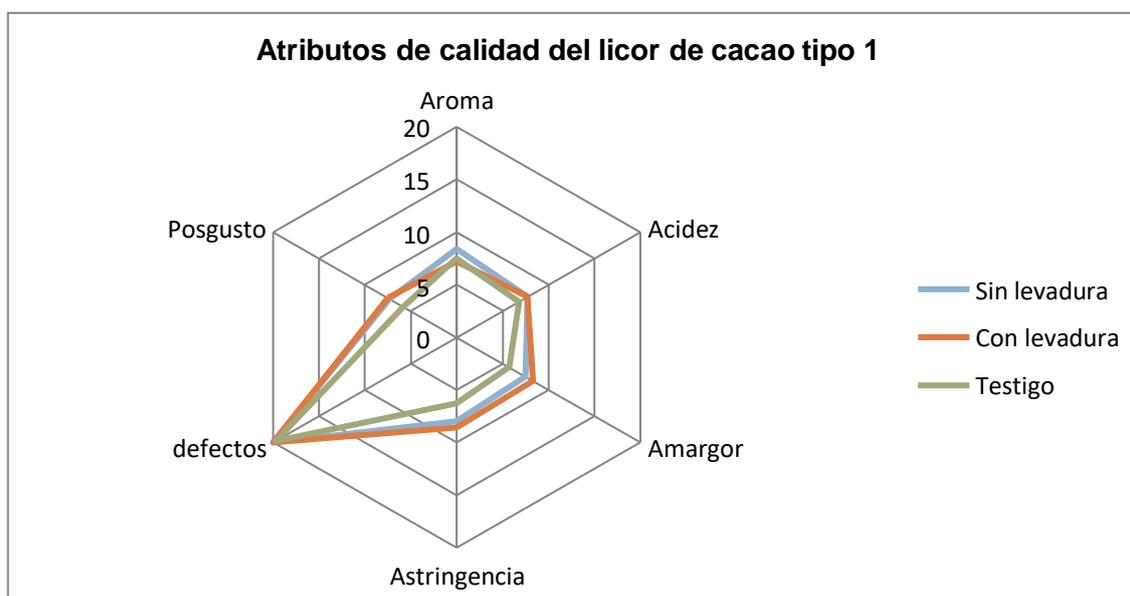


Gráfico 4. Atributos de calidad de tres muestras de licor híbrido trinitario del mercado

En el gráfico 4, se muestran los resultados obtenidos de la catación de tres licores híbridos, siendo las muestras sin levadura y con levadura las que se refermentaron bajo condiciones de laboratorio y una tercera como testigo.

Las muestras sin levadura y con levadura obtuvieron los mayores puntajes de calidad con respecto a los atributos evaluados: aroma, acidez, amargor, astringencia, cero defectos y pos gusto agradable.

Portillo, citado por Vera (2020), alta calidad e intensidad en el puntaje del catador y no reporta ningún defecto, indicando un adecuado proceso de fermentación y secado. Las muestras mejor fermentadas desarrollan no solo una expresión más intensa del sabor a cacao sino también notas sensoriales aromáticas típicas de los cacaos finos o de aroma.

La muestra testigo obtuvo su mayor puntaje en los atributos de aroma y acidez y una menor puntuación en cuanto a defectos, amargor, astringencia y pos gusto.

### Descriptorios de sabor

Mediante la catación de licor de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central (sin levadura, con levadura y testigo), se evaluaron los descriptorios de sabor: cacao, dulce, nuez, frutas secas, frutas frescas, floral. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Descriptorios de sabor identificados en la catación de tres muestras de licor de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central

Muestra	Descriptorios de sabor					
	Cacao	Dulce	Nuez	Frutas secas	Frutas frescas	Floral
Sin levadura	6	5	6	2	4	3
Con levadura	6	4	2	2	4	1
Testigo	6	2	4	0	3	2

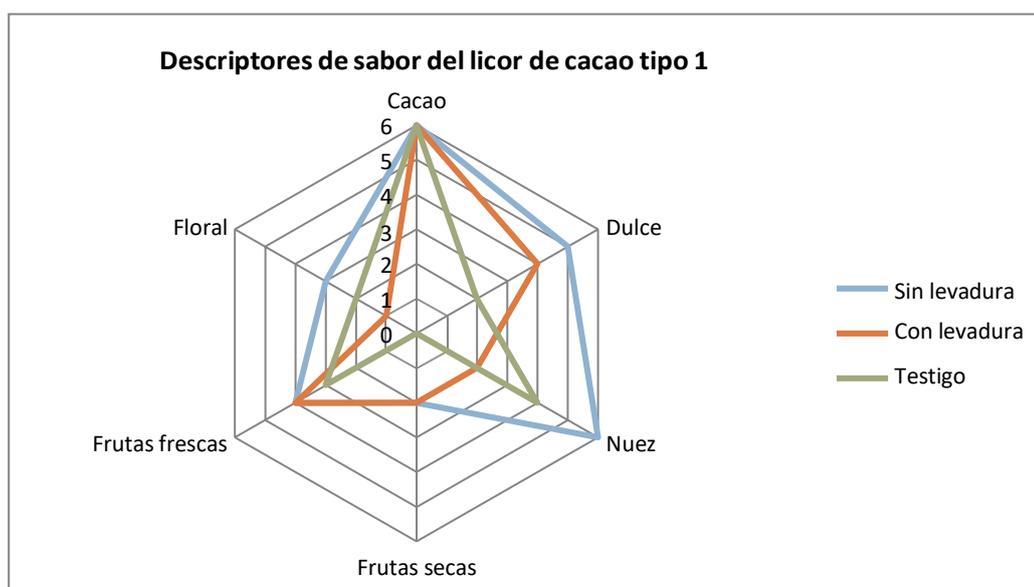


Gráfico 5. Descriptorios de sabor de tres muestras de licor híbrido trinitario del mercado central

En el gráfico 5, se muestran los resultados obtenidos de la catación de las muestra de licor sin levadura y con levadura. La primera resaltó con mayor intensidad notas a cacao, nuez, dulce, frutas frescas y en menor intensidad notas florales y frutas secas. Esto puede atribuirse al alto porcentaje de fermentación presentado por esta muestra (80%). Según García (2018), la calidad genética junto al alto porcentaje de granos bien fermentados influyen en la suavidad de los sabores amargo, ácido y astringente, haciéndolos más agradables al paladar. El ensayo con levadura resaltó las notas a cacao, dulce, frutas frescas y en menor intensidad floral, nueces y frutas secas. Mientras

que en la muestra testigo resaltaron únicamente notas a cacao, nueces y muy bajas notas frutas frescas, floral, dulce y ausencia de notas a frutas secas. Esto puede ser debido al alto porcentaje de granos pizarroso encontrados en la muestra.

### Catación de licor híbrido trinitario de la finca los Ángeles

#### Atributos de calidad

Se realizó la catación de dos licores de cacao tipo 2: híbrido trinitario de la finca Los Ángeles, (refermentado y testigo) evaluando la calidad de los atributos: aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos y pos gusto. Al finalizar la evaluación de las muestras los catadores hicieron la sumatoria de puntos que se presenta en el cuadro 14.

Cuadro 14. Puntuación promedio de los atributos de calidad obtenidos en la catación de dos licores de cacao tipo 2: híbrido trinitario de la finca Los Ángeles

Muestra	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Pos gusto	Puntaje final
Refermentado	7,7	7,7	6,3	6,2	17,7	6,7	71
Testigo	6,5	5,8	4,3	4,7	17	4,7	65

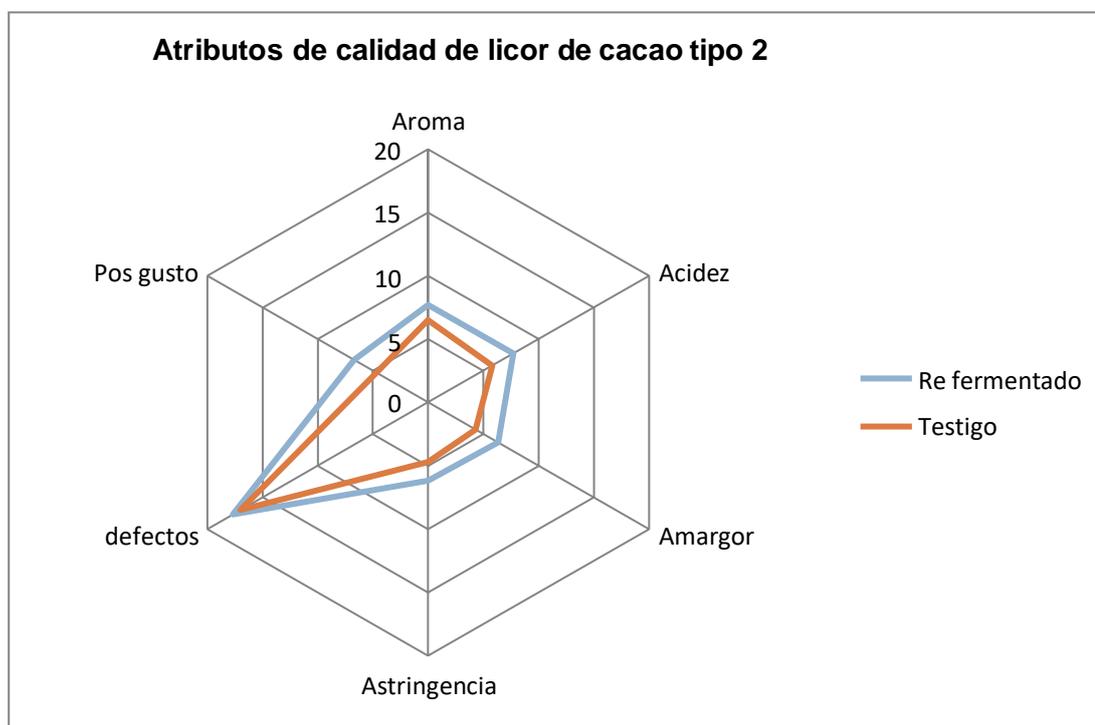


Gráfico 6. Atributos de calidad de dos muestras de licor híbrido trinitario finca los Ángeles

En el gráfico 6, se muestran los resultados obtenidos de la catación de dos licores híbrido trinitarios, la primera muestra refermentada bajo condiciones de laboratorio y la segunda como testigo

La muestra de licor de cacao tipo 2, híbrido trinitario refermentado obtuvo la mayor puntuación de calidad con respecto a los atributos evaluados: aroma, acidez, amargor, astringencia y pos gusto. Es decir que la fermentación ayudó a bajar tanto la astringencia como el amargor, haciendo que fuera tolerable al paladar del catador.

La muestra testigo únicamente resaltó el atributo aroma, una alta acidez, amargor, astringencia y pos gusto. Según Vera (2020), sabores como acidez y astringencia pueden influir en la precisión con que se identifica la intensidad sensorial de ambos, con frecuencia su descripción es más compleja.

Ambas muestras disminuyeron su calidad con respecto al atributo defectos ya que se identificaron como muestras con sabor terroso, característica que no es deseable en el chocolate.

### **Descriptorios de sabor**

Mediante la catación de licor de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles (refermentado y testigo), se evaluaron los descriptorios de sabor: cacao, dulce, nuez, frutas secas, frutas frescas, floral y especias. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 15.

Cuadro 15. Descriptorios de sabor identificados en la catación de dos muestras de licor tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles.

Muestra	Descriptorios de sabor				
	Cacao	Dulce	Nuez	Floral	Especias
Refermentado	6	1	5	1	1
Testigo	6	0	4	0	0

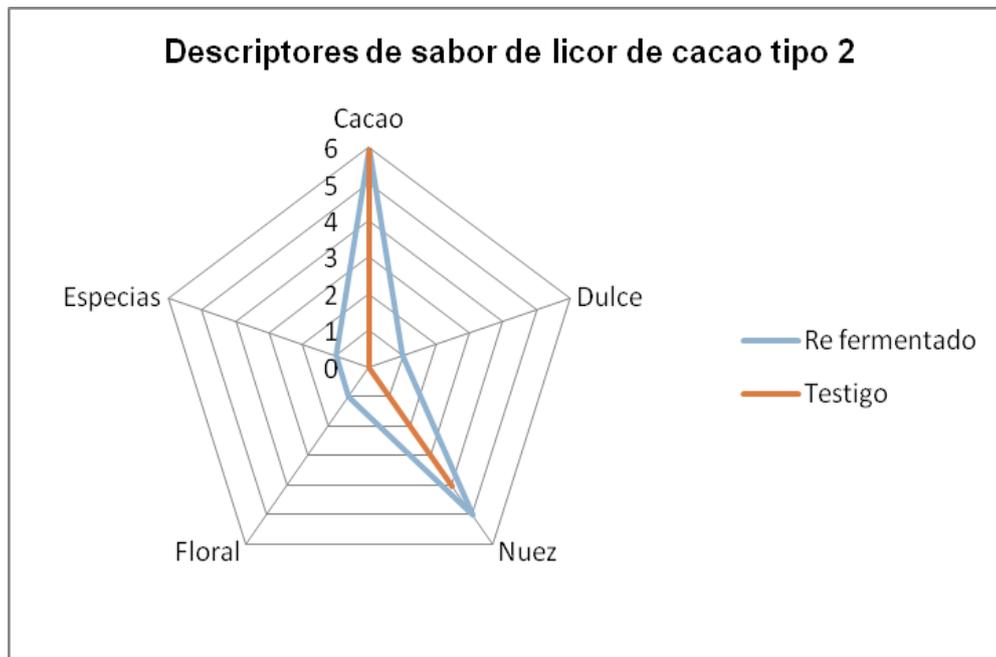


Gráfico 7. Descriptores de sabor de dos muestras de licor híbrido trinitario

En el gráfico 7, se presentan los resultados obtenidos mediante la catación de dos licores híbridos trinitarios finca los Ángeles (refermentado y testigo), donde se evaluó la intensidad de los descriptores de sabor y sus parámetros: notas a cacao, dulce, nueces, floral y especias.

El cacao híbrido trinitario refermentado presentó notas altas a cacao, nueces y notas muy bajas a dulce, floral y especias, esto puede considerarse debido al bajo porcentaje de fermentación (60%). El cacao testigo únicamente presentó notas a cacao, nueces y ausencia de notas dulce, floral y especias, debido a que la muestra presentó una gran cantidad de granos violetas (50%), lo que confiere al cacao un extremo sabor amargo y astringente que no permite el desarrollo de otros atributos.

### **Catación de chocolate**

Se presentan los resultados de la catación de chocolate Dark al 70%, de los cacaos tipo 1 y tipo 2, tanto refermentados como testigos.

### **Cacao híbrido trinitario del mercado central**

Se evaluaron las tres muestras de chocolate: con levadura, sin levadura y testigo.

### **Categorías de consistencia, textura, presencia y dulzor**

Se realizó la catación de tres chocolates de licor de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central (sin levadura, con levadura y testigo), donde se evaluaron las categorías:

consistencia, textura, presencia y dulzor. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16. Puntuación promedio de las categorías evaluadas en la catación de tres chocolates híbridos trinitarios del mercado central

	CONSISTENCIA			TEXTURA			PRESENCIA	DULZOR	
	Crocante	Blando	Suave	Cremoso	Arenoso	Seco	Homogéneo	Dulce	Justo
Sin levadura	3	1	1	2	3	0	5	3	2
Con levadura	5	0	0	3	2	1	5	3	2
Testigo	5	0	0	3	1	2	5	2	3

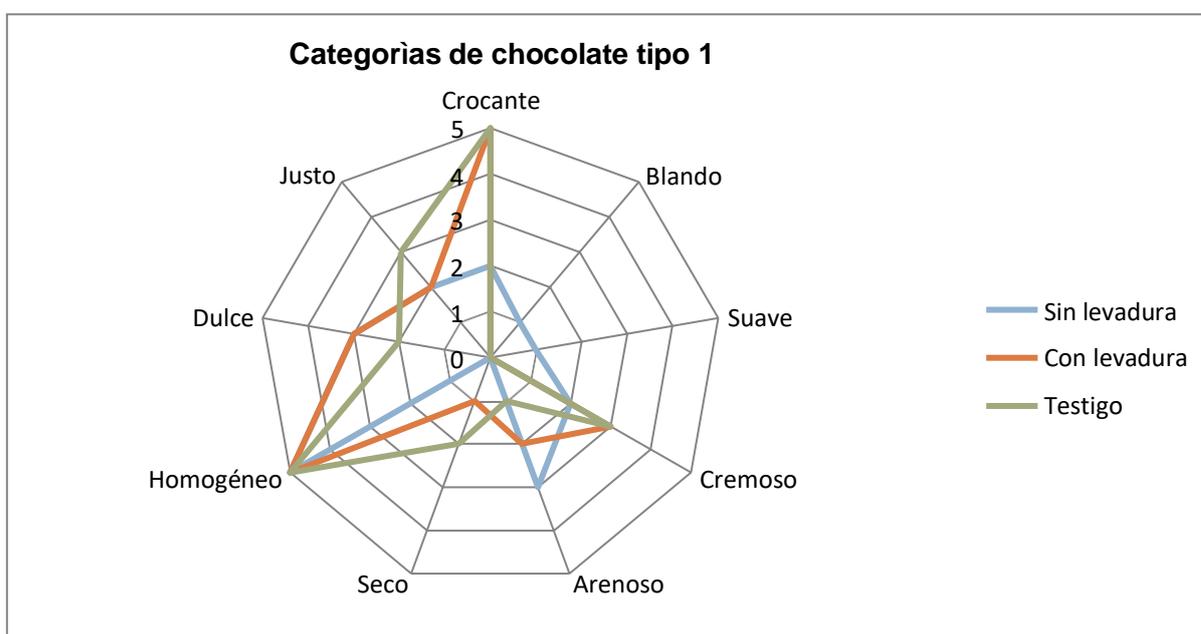


Gráfico 8. Categorías evaluadas en la catación de tres chocolates tipo1, Híbrido trinitario del mercado central

En el gráfico 8, se muestran los resultados obtenidos de la catación de tres chocolates tipo 1: híbridos trinitarios, siendo las muestras sin levadura y con levadura las que se refermentaron bajo condiciones de laboratorio y una tercera como testigo.

La muestra de chocolate con levadura, presentó una consistencia crocante, textura cremoso/arenoso, presencia homogénea y dulzor justo/dulce. La muestra de chocolate sin levadura presentó las mismas características percibidas en el chocolate de la muestra con levadura. El chocolate testigo, tuvo una consistencia crocante, textura cremoso/seco, presencia homogénea y dulzor justo/dulce. El crocante de las muestras se debe a un adecuado proceso de temperado, según León (2022), el temperado es la técnica de pre-

cristalización controlada para obtener chocolates con excelentes características organolépticas tales como: color, dureza, brillo. La textura del chocolate según Velasteguí (2010), se debe al proceso de refinado, el cual reduce el tamaño de las partículas de manera que no sean perceptibles al paladar, por lo tanto se puede decir que a estas muestras les faltó refinado, ya que parte de los catadores tuvieron una percepción de arenosidad en el chocolate. Los sabores son el resultado de la combinación de varios estímulos: la textura y la temperatura, que son percibidas por el tacto; el olor por el olfato; y las cualidades gustativas por el sentido del gusto (Puerta 2009).

### Tonalidad

Mediante la catación de chocolate de cacao tipo 1: híbrido trinitario del mercado central (sin levadura, con levadura y testigo), se evaluó la tonalidad: frutal, floral, especias y semillas. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 17.

Cuadro 17. Evaluación de la tonalidad en 3 muestras de chocolate híbrido trinitario del mercado

Muestra	Tonalidad			
	Frutal	Floral	Especias	Semillas
Sin levadura	3	3	2	1
Con levadura	4	4	1	2
Testigo	5	1	0	2

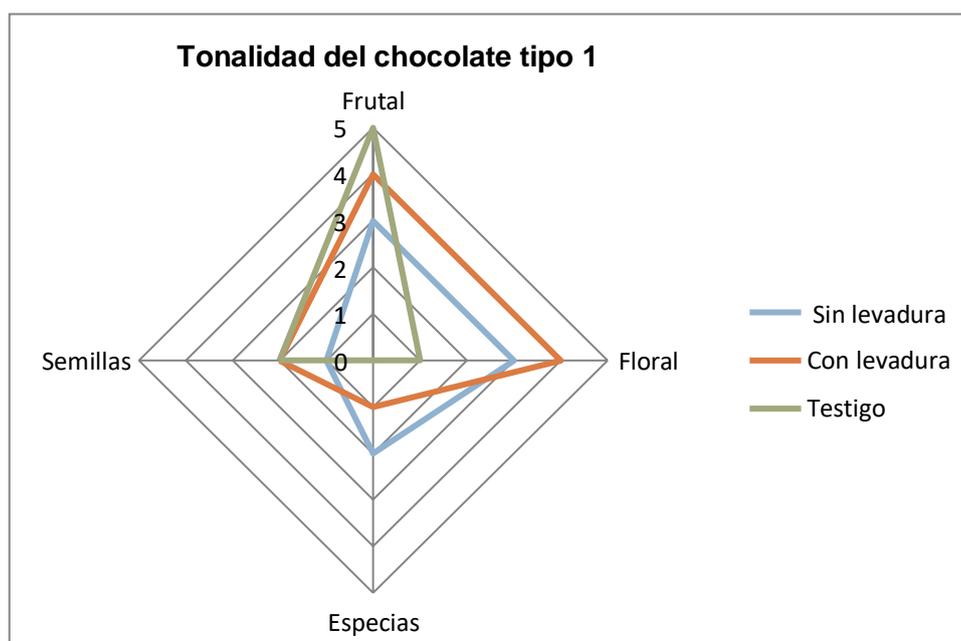


Gráfico 9. Tonalidad evaluada en la catación de tres muestras de chocolate tipo 1: híbrido trinitario del mercado central

En el gráfico 9, se presentan los resultados obtenidos en la catación de chocolate de tres muestras.

La muestra sin levadura presentó notas frutales expresadas por los catadores como notas a banano, notas florales a vainilla y rosas, notas a especias como canela y melaza y notas bajas a semillas como la nuez.

La muestra con levadura presentó notas frutales y florales percibidas por los catadores con mayor intensidad, mientras que las notas a semillas y especias fueron percibidas en menor intensidad.

La muestra testigo presentó notas altas a frutales, notas muy bajas a semillas y flores y nula presencia de notas especiadas. Por lo que se puede evidenciar como la fermentación, el tostado y secado de los granos de cacao si desarrollan atributos precursores de sabor a chocolate.

### **Cacao híbrido trinitario de la finca los Ángeles**

#### **Categorías de consistencia, textura, presencia y dulzor**

Se realizó la catación de dos chocolates del cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles (refermentado y testigo), donde se evaluaron las categorías: consistencia, textura, presencia y dulzor. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 18.

El gráfico 10, se presenta los resultados obtenidos de las categorías evaluadas en la catación de dos chocolates de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles.

El chocolate trinitario refermentado, presentó consistencia crocante, una textura cremoso/arenoso, presencia homogénea, su dulzor se dividió en justo, dulce y moderado. Mientras que el chocolate testigo tuvo una consistencia blanda, textura cremoso/arenoso, una presencia predominante oscura y un dulzor simple y moderado.

La consistencia del chocolate es una de las características que mejor se relacionan con su buena calidad, al partirlo se tiene que escuchar un chasquido sólido (Peralta 2021), el chocolate fermentado cumple con esta condición, mientras que el testigo carece de ella. Así mismo, el chocolate testigo procede de un cacao mal fermentado, con una alta astringencia y amargor, por lo cual se le atribuye una presencia oscura, afectando de igual forma la percepción del dulzor. Al contrario de la muestra fermentada, que logró mediante el proceso disminuir astringencia y amargor, otorgando una presencia homogénea y dulzor equilibrado.

Cuadro 18. Promedio de las categorías evaluadas en la catación de dos muestras de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles

Muestra	CONSISTENCIA		TEXTURA			PRESENCIA				DULZOR			
	Crocante	Blando	Cremoso	Arenoso	Seco	Predominante	Oscuro	Tostado	Homogéneo	Dulce	Moderado	justo	simple
Refermentado	4	1	3	2	0	0	0	0	5	2	1	2	0
Testigo	1	4	2	2	1	1	2	1	1	0	2	0	3

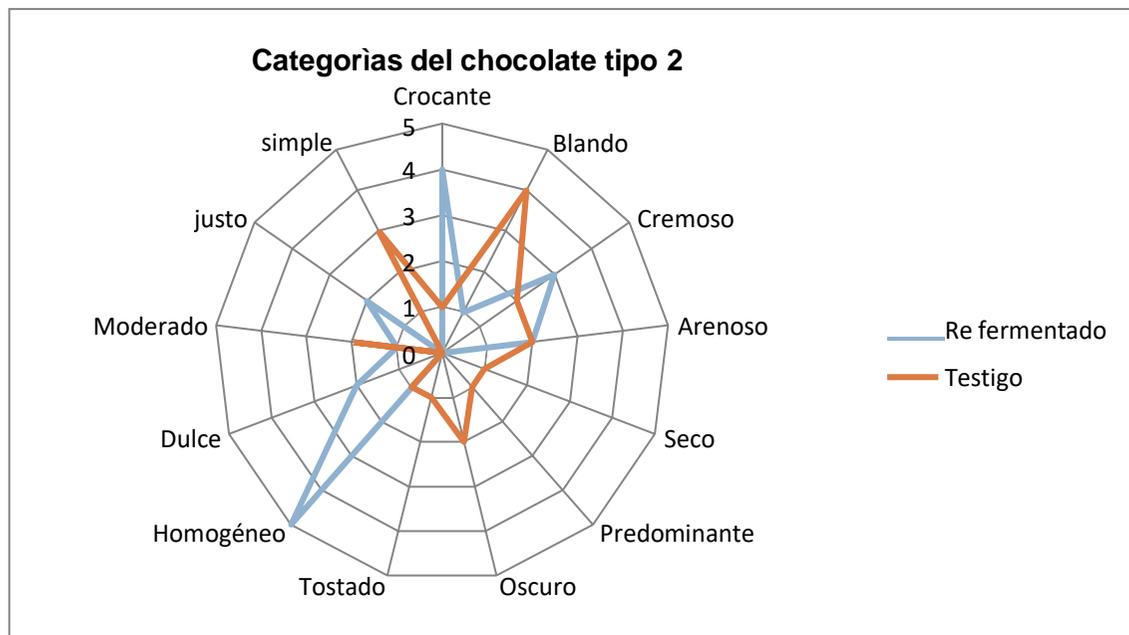


Gráfico10. Categorías evaluadas en la catación de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles

## Tonalidad

Mediante la catación de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles (refermentado y testigo), se evaluó la tonalidad: frutal, floral, especias y semillas. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Evaluación de la tonalidad de dos muestras de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca los Ángeles

Muestra	Frutal	Floral	Especias	Semillas
Refermentado	2	2	3	5
Testigo	3	0	2	3

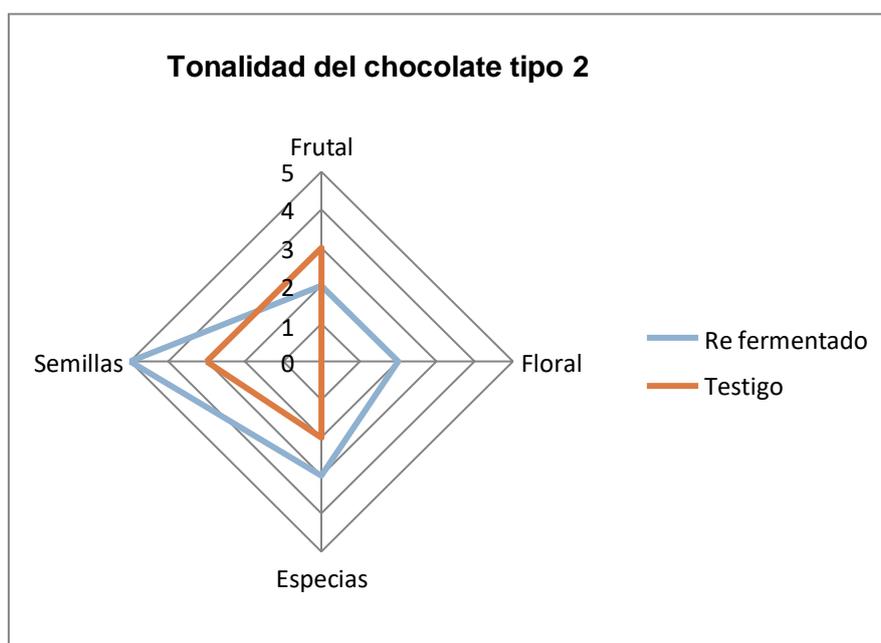


Gráfico 11. Tonalidad de dos muestras de chocolate de cacao tipo 2: híbrido trinitario finca Los Ángeles refermentado y testigo

En el gráfico 11, se presentan los resultados obtenidos en la catación de dos chocolates híbrido trinitario finca los Ángeles.

El chocolate híbrido trinitario refermentado tuvo una tendencia hacia las notas de semillas, siendo estas: almendras, nueces y maní, nota especiada como canela, pimienta y melaza, notas frutales y florales.

El cacao testigo por su parte presentó notas de semillas, frutales y especias en menor intensidad, esto debido a su bajo porcentaje de fermentación (26%).

## 7. CONCLUSIONES

1. El cacao deficiente en fermentación puede ser recuperado y convertirse en un cacao de mejor calidad si se implementa la metodología de la fermentación bajo condiciones de laboratorio utilizando granos secos y pulpa artificial.
2. El medio simulador de pulpa artificial, se debe formular a partir de: 1000 ml de agua, 110 g de azúcares, 10 g de ácido cítrico y 1.7 g de sales.
3. Aplicando los parámetros de control del autor Lee; temperatura de 25 °C a las 0 horas, 30 °C a las 24 horas, 35 °C a las 48 horas, 40 °C a las 72 horas; aireación, mezclando de forma homogénea los granos de cacao cada 24 h y pH diario del grano y pulpa, se obtuvieron resultados favorables en esta investigación.
4. El tiempo de fermentación de cacao en laboratorio puede durar entre 4 a 5 días, monitoreando los parámetros de temperatura y aireación adecuadamente.
5. El ensayo de fermentación se realizó en tres repeticiones, de las cuales, dos correspondieron al cacao del mercado y una al cacao Finca los Ángeles.
6. El uso de levadura panificadora (*Saccharomyces cerevisiae*) no aceleró el proceso de fermentación pero si mejoró las características organolépticas como olor y sabor del grano.
7. Para realizar la evaluación sensorial de licor de cacao y chocolate se debe contar con un panel de catadores entrenados.
8. Los mejores resultados en cuanto a calidad lo obtuvieron las muestras de licor del mercado central: ensayo sin levadura con puntaje de 82.3, ensayo con levadura con puntaje de 81.5 y muestra de la finca Los Ángeles refermentado con puntaje de 71.5.
9. Las tabletas de chocolate fueron formuladas al 70%, los mejores resultados en cuanto a calidad e intensidad de las categorías evaluadas fueron obtenidas por las muestras de chocolate del mercado central sin levadura y con levadura y la

muestra de la finca Los Ángeles refermentada. Resaltando notas frutales, semillas, florales y especias.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la implementación de la metodología de fermentación a escala de laboratorio utilizando granos secos y pulpa artificial, ya que se observaron mejoras en las características organolépticas de los granos de cacao híbrido trinitario y chocolate.
- Realizar alianzas estratégicas entre CENSALUD y los productores de cacao de El Salvador, para la fermentación y transformación de cacao.
- Al elaborar chocolate a partir de granos suficientemente fermentados, se recomienda usar formulaciones de hasta 80% de cacao.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H. 2016. Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés, Honduras. 29 p.
- COEXCA (Colombia Exporta cacao). 2011. Instructivo para el control de calidad de granos de cacao (en línea). 28 p. Consultado 30 de ago. 2021.  
Disponibile en  
<https://www.swisscontact.org/Resources/Persistent/5/6/1/6/5616ce94e66df97f365ec26cdf9ad999fef0bc18/InstructivoControlCalidad.pdf>
- Dueñas, I. 2016. Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sonsonate, El Salvador. Tesis Ing. San Salvador, El Salvador, UES. 101 p.
- ECA (European Cocoa Association). 2019. Cacao en grano: requisitos de calidad de la industria del chocolate y el cacao (en línea). 110 p. Consultado 12 sep. 2021. Disponible en [https://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016\\_es.pdf](https://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016_es.pdf) 110 p.
- ERA (Ecosistemas y Recursos Naturales). 2017. Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahía, Brasil.4 (12): 579-587.
- Espinoza, M. 2011. Fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo criollo en diferentes tipos de fermentadores en sector la unión río negro. Tesis Ing. Satipo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 43 p.
- García, H; Martínez, R. 2018. Determinación del perfil de sabor de doce cacaos autóctonos (*Theobroma cacao* L.) producidos en siete fincas cacaoteras de el salvador. Tesis Ing. San Salvador, El Salvador. UES. 94 p.
- Gavilánez, C. 2019. “Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L), en el cantón el empalme provincia guayas”. Tesis Ing. Quito, Ecuador. SEK. 73 P.

- Gonzales E; Serna A; Córdoba D; Marín J; Montalvo C; Ordoñez G; 2019. Estudio de la fermentación espontánea de cacao (*Theobroma cacao* L.) y evaluación de la calidad de los granos en una unidad productiva a pequeña escala. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*. 6 (1): 41-51.
- Gutiérrez, M. 2007. *Prácticas de Control de Calidad de Cacao en Centro de Acopio*. Piura, Perú. 12 p.
- Hernani; Hidayat T; Mulyawanti. 2019. El uso de iniciador seco para la refermentación de granos de cacao sin fermentar. (original en ingles). *Ciencias Ambientales y de la Tierra*. (2, 2019, Bali, Indonesia). Bali, Indonesia. 309 v. 1-7 p.
- ICCO (Organización Internacional del Cacao), 2018. La Organización Internacional Del Cacao da la bienvenida a Colombia como 52º país Miembro. (en línea). Consultado: 7 jun 2022. Disponible en: <https://www.icco.org/la-organizacion-internacional-del-cacao-da-la-bienvenida-a-colombia-como-52o-pais-miembro/#:~:text=La%20ICCO%20tiene%20como%20objetivo,de%20vida%20de%20los%20cacaocultores>.
- Infocafes, 2014. *Sistema de calificación y clasificación de estándares de calidad para cacao fino y de aroma de Colombia*. 30 p.
- Lee, A; Neilson A; O'Keefe, S; Ogejo, J. 2018. Un modelo de fermentación de cacao a escala de laboratorio que utiliza granos secos sin fermentar y pulpa artificial puede simular los cambios microbianos y químicos de la fermentación de cacao en la finca (en línea). *Investigación y Tecnología Agropecuaria Europea*. 245(3). Consultado 10 jul. 2021. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/328390989\\_A\\_laboratory-scale\\_model\\_cocoa\\_fermentation\\_using\\_dried\\_unfermented\\_beans\\_and\\_a\\_artificial\\_pulp\\_can\\_simulate\\_the\\_microbial\\_and\\_chemical\\_changes\\_of\\_on-farm\\_cocoa\\_fermentation](https://www.researchgate.net/publication/328390989_A_laboratory-scale_model_cocoa_fermentation_using_dried_unfermented_beans_and_a_artificial_pulp_can_simulate_the_microbial_and_chemical_changes_of_on-farm_cocoa_fermentation).

- León, T. 2022. Desarrollo de una metodología para la formación de jueces e identificación de las características organolépticas del chocolate. Tesis Ing. Cuenca, Ecuador. 87 p.
- Lutheran, C. 2022. Principales características del grano fermentado. (En línea). Consultado: 18 jul 2022. Disponible en: <https://cacaomovil.com/site/guide/cosecha-fermentacion-y-secado-del-cacao/43/principales-caracteristicas-del-grano-fermentado>
- Nogales, J. 2022. Poscosecha cacao. (En línea). Consultado: 17 jul 2022. Disponible en: <https://poscosechacacao.blogspot.com/search/label/Calidad>
- Peñaherrera, N. 2021. Estudio de métodos de fermentación y secado del cacao. Tesis Lic. Quito, Perú. Universidad Central del Ecuador. 73 p.
- Peralta, S. 2021. ¿Cómo saber si un chocolate es de buena calidad?. (En línea). Consultado: 8 jul 2022. Disponible en: <https://www.gastronomistas.com/como-saber-si-un-chocolate-es-de-buena-calidad/#:~:text=La%20consistencia%20del%20chocolate%20es,idea%20claridad%20de%20su%20firmeza>.
- Procomer (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). 2022. Manual técnico. Poscosecha de cacao fino o de aroma. Costa Rica. 64 p.
- Puerta, G. 2009. Avances Técnicos cenicafe, los catadores de café. 12 p.
- Valhrona, 2022. Atemperar el chocolate. (en línea). Consultado: 20 Nov 2021. Disponible en: <https://www.valrhona.com/es/l-ecole-valrhona/descubra-l-ecole-valrhona/lexico-del-chocolate/atemperar-el-chocolate>.
- Velasteguí, V. 2010. Desarrollo de la tecnología para la elaboración de chocolate de cobertura. Tesis Ing. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 88 p.
- Vera, J; Osorio, A; Mantilla, Y. 2020. Características sensoriales de granos y licor de cacao por un panel de jueces en entrenamiento. Revista SENNOVA:

Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, 5 (1), 27-42. doi:  
<http://doi.org/10.23850/23899573.3232>

Vílchez, N. 2016. Efecto del material del fermentador, en el grado de fermentación de granos de cacao (*Theobroma cacao* L. Clon:CCN-51). Tesis Ing. Tarapoto, Perú. UNSM.128 p.

Zamudio, B; Ayora, T; Lugo, E; Taillandier, P; Gastélum, E. 2021. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos: estudio de un consorcio de levaduras durante la fermentación de cacao y su efecto en la generación de compuestos aromáticos. Yucatán, México. v. 8, p. 62-74.

## 10. ANEXOS

Nº	Equipo	Ilustración	Nº	Equipo	Ilustración
4	Lupa		1	Hot plate	
1	Balanza analítica		1	Estufa	
3	Balanza gramera		1	Nevera refrigeradora a 10°C	
1	Balanza		1	Licadora	
1	Baño de maría		1	Termómetro manual infrarrojo	

1	Baño de maría selecta		1	Refractómetro	
1	Procesador		1	Medidor de ph y conductividad	
1	Selladora		1	Mesa de marmol	
1	Deshidratador		1	Medidor de humedad para granos	
1	PH-metro		1	Guillotina	

1	Termómetro digital		2	Molinillos de café	
2	Secadora		1	Incubadora	
1	Autoclave		1	Horno tostador de granos de cacao	
1	Centrifugas		1	Tostador de cacao	
1	Enfriador de granos		2	Refinadora de licor de cacao	

1	Máquina quebradora de granos tostados de cacao		2	Refinadora de licor de cacao	
1	Molino para "nibs" de cacao		1	Medidor en micras	
1	Descascarilladora de "nibs" de cacao			Moldes para chocolate	
1	Extractora de manteca			Cristalería	

Figura A 1. Equipos de laboratorio



Figura A 2. Elaboración de licor de cacao

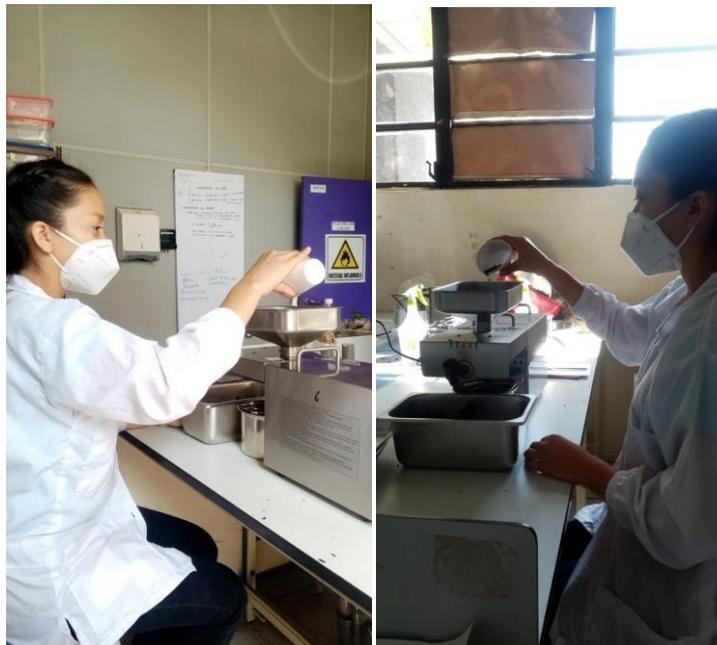


Figura A 3. Extracción de manteca de cacao



**ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO**  
Ficha de Catación

MUESTRA #12  
CATADOR Claudia Menjivar  
FECHA 01/11/2021

CATEGORIAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE	
Aroma		0 1 2 3 4 5 [X] at 4	Nuez, naranja	9	x1 =	9
Acidez		0 1 2 3 4 5 [X] at 3	ácida	8	x1 =	8
Amargor	INTENSIDAD 0 a 2.5: ≥ 5 en calidad 2.5 a 5: ≤ 5 en calidad	0 1 2 3 4 5 [X] at 1	No representativo	9	x1 =	9
Astringencia		0 1 2 3 4 5 [X] at 1	No significativa	10	x1 =	10
Defectos		0 1 2 3 4 5 [X] at 1		10	x2 =	20
Sabor	Cocoa/Cacao	0 1 2 3 4 5 [X] at 4	Nibs	9	x2 =	18
	Dulce	0 1 2 3 4 5 [X] at 3	Caravelo			
	Nuez	0 1 2 3 4 5				
	Frutas secas	0 1 2 3 4 5				
	Frutas frescas	0 1 2 3 4 5 [X] at 3	Naranja			
	Floral	0 1 2 3 4 5				
	Espicias	0 1 2 3 4 5				
Otros		Láctico (yogurt)				
Pos gusto		0 1 2 3 4 5 [X] at 1	baja astringencia	7	x1 =	7
COMENTARIOS: textura pastosa			PUNTOS DE CATADOR	9	x1 =	9
<b>PUNTAJE FINAL</b>						<b>90</b>

**ESCALA DE INTENSIDAD**

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

**ESCALA DE CALIDAD**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo	Malo		Regular		Bueno		Excelente			

**TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS**

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

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

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

Figura A 4. Hoja de evaluación de licor de cacao



Figura A 5. Taller de catación de licor



Figura A 6. Panel de catación de licor

Formulario de evaluación de chocolate con cinco columnas para diferentes muestras. Cada columna incluye un espacio para el porcentaje de formulación, un hexágono para el color, y listas de atributos para consistencia, textura, presencia, dulzor y tonalidad.

**Color**

10 1 2  
9 3  
8 4  
7 5  
6

**Consistencia**

- Crocante
- Astilloso
- Blando
- Suave
- Untuoso
- Líquido

**Textura**

- Cremoso
- Arenoso
- Terroso
- Poroso
- Seco

**Presencia**

- Predominante
- Intenso
- Oscuro
- Tostado
- Homogeneo

**Dulzor**

- Empalagoso
- Muy dulce
- Dulce
- Moderado
- Justo
- Simple

Frutal	Floral	Especias	Semillas
● Fruta Tropical*	● Vainilla	● Canela	● Café
● Ciruela	● Rosas	● Clavo	● Almendras
● Cereza	● Manzanilla	● Pimienta Gorda	● Maní
● Manzana	● Girasol	● Jengibre	● Nuez
● Cítricos*	● Hojas frescas*	● Melaza	● Pistacho
● Banano	● Rosa de Jamaica	● Miel de abeja	● Marañón

\* Especifique otros o variables puntuales que identificó.

Esta es una herramienta que genera insumos para la empresa que lo emite, permitiendo conocer de primera mano los intereses particulares de los participantes. Su estructura fue adaptada de herramientas utilizadas para la catación de chocolatería fina, siendo así un indicador de mayor utilidad para Chocolate Caballero El Salvador. La información global que resulte de este, los anteriores y los siguientes ejercicios, servirán para mantener un buen producto o mejorar la fórmula del nuevo producto, logrando así un reconocimiento nacional y competitividad internacional.

Figura A 7. Hoja de evaluación de chocolate



Figura A 8. Panel de catacion de chocolate

Cuadro A 1. Rehidratación de granos de cacao

Prueba	%H 0	Peso 0	Peso f	%Hf	Tiempo
1	6.9	100 g	133 g	33	25 minutos
2	7	100 g	135 g	35	30 minutos
3	7.2	500 g	670 g	34	30 minutos
4	6.8	500 g	672 g	34	40 minutos

El tiempo que se tardó el grano de cacao en rehidratar es inversamente proporcional al porcentaje de humedad del mismo, siendo 7% el valor optimo inicial. Para conocer este porcentaje, se utiliza el medidor de humedad para granos y para conocer el porcentaje final de humedad se hace por diferencia de peso usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad: } \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100 = \frac{135 \text{ g} - 100 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 35\%$$

Cuadro A 2. Composición de la pulpa de cacao

<b>Pulpa</b>	<b>g</b>
Agua	1000
Azucares	110
Acido cítrico	10
Sales	1.7

**Fuente:** Lee 2018.

Cuadro A 3. Datos de elaboración de licor

<b>Muestra</b>	<b>Cacao</b>	<b>Nibs</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>Licor</b>
Tipo 1: Híbrido trinitario testigo	1000 g	970 g	25	940 g
Tipo 1: Híbrido trinitario sin levadura	1000 g	760 g	125 g	745
Tipo 1: Híbrido trinitario con levadura	1000 g	745 g	70 g	690 g
Tipo 2: Híbrido trinitario testigo	1000 g	750 g	80 g	700 g
Tipo 2: Híbrido trinitario re fermentado	1000 g	765 g	70 g	710 g

Cuadro A 4. Datos de extracción de manteca

<b>Muestra</b>	<b>Cacao</b>	<b>Nibs</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>Torta</b>	<b>Manteca</b>
Tipo 1: Híbrido trinitario testigo	700 g	555 g	55 g	290 g	155 g
Tipo 1: Híbrido trinitario sin levadura	700 g	525 g	55 g	205 g	220 g
Tipo 1: Híbrido trinitario con levadura	700 g	530 g	80 g	210 g	197 g
Tipo 2: Híbrido trinitario testigo	700 g	525 g	60 g	290 g	125 g
Tipo 2: Híbrido trinitario refermentado	700 g	530 g	55 g	230 g	130 g

Cuadro A 5. Cálculo de rendimiento de nibs, cascarilla y licor

<p>Tipo 1: Híbrido trinitario testigo</p>		
<p>1000 g ---- 100% 970 g nibs= 97% nibs</p>	<p>1000 g ---- 100% 25 g cascarilla= 2.5%</p>	<p>1000 g ---- 100% 940 g licor= 94%</p>
<p>Tipo 1: Híbrido trinitario sin levadura</p>		
<p>1000 g ---- 100% 760 g nibs= 76% nibs</p>	<p>1000 g ---- 100% 125 g cascarilla= 12.5%</p>	<p>1000 g ---- 100% 745 g licor= 74.5%</p>
<p>Tipo 1: Híbrido trinitario con levadura</p>		
<p>1000 g ---- 100% 745 g nibs= 74.5% nibs</p>	<p>1000 g ---- 100% 70 g cascarilla= 7 %</p>	<p>1000 g ---- 100% 690 g licor= 69%</p>
<p>Tipo 2: Híbrido trinitario testigo</p>		
<p>1000 g ---- 100% 750 g nibs= 75% nibs</p>	<p>1000 g ---- 100% 80 g cascarilla= 8 %</p>	<p>1000 g ---- 100% 700 g licor= 70%</p>
<p>Tipo 2: Híbrido trinitario re fermentado</p>		
<p>1000 g ---- 100% 765 g nibs= 76.5% nibs</p>	<p>1000 g ---- 100% 70 g cascarilla= 7 %</p>	<p>1000 g ---- 100% 710 g licor= 71%</p>

Cuadro A 6. Cálculo de rendimiento de manteca

<b>Tipo 1: Híbrido trinitario testigo</b>		
700 g ---- 100% 555 g nibs= 79.28% nibs	700 g---- 100% 55 g cascarilla= 7.85 %	700 g ----100% 155g manteca= 22.1%
<b>Tipo 1: Híbrido trinitario sin levadura</b>		
700 g ---- 100% 525 g nibs= 75 % nibs	700 g---- 100% 50 g cascarilla= 7.1 %	700 g---- 100% 220 g manteca= 31.4%
<b>Tipo 1: Híbrido trinitario con levadura</b>		
700 g---- 100% 530 g nibs= 75.7 % nibs	700 g---- 100% 80 g cascarilla= 11.4 %	700 g---- 100% 197 g manteca= 28.1%
<b>Tipo 2: Híbrido trinitario testigo</b>		
700 g ---- 100% 525 g nibs= 75 % nibs	700 g---- 100% 60 g cascarilla= 8.5 %	700 g---- 100% 125 g manteca= 17.5%
<b>Tipo 2: Híbrido trinitario re fermentado</b>		
700 g ---- 100% 530 g nibs= 75.7 % nibs	700 g---- 100% 55 g cascarilla= 7.85 %	700 g---- 100% 130 g manteca= 18.5%

Cuadro A 7. Formulación de chocolate DARK al 70%

**Consideraciones**

- Uso final-Chocolate barra: 36% de contenido de grasa
- Contenido grasa del licor de cacao: 30%
- Azúcar 30%

**Donde:**

- Lqc= Licor de cacao
- Mc= Manteca
- Az= Azúcar

**1. Balance de masa**

Lqc+Mc Az= 100%  
 Lqc+Mc+30%=100%  
 Lqc+Mc=100%-30%  
 Lqc+Mc=70% EC1

**3. resta de ecuaciones**

Lqc+Mc= 70%  
0.3 Lqc+Mc= 36%  
 0.7 Lqc= 36%  
 Lqc= 36%/0.7  
**Lqc= 51.4%**

**2. Balance de grasa**

%G(Lqc)+Mc+Em=36%  
 0.30(Lqc)+Mc=36% EC2

**4. Lqc+Mc=70%**

51.4%+Mc=70%  
 Mc= 70-51.4%  
**Mc= 18.6%**

**Cálculo de los gramos de ingredientes para 1 kg de chocolate**

Licor	Manteca	Azúcar
1000g----- 100%	1000g ----- 100%	1000g----- 100%
X----- 51.4%	X ----- 18.6%	X----- 30%
X= 514 g licor	X=186 g manteca	X=300 g azúcar+