

**CAPITULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

## **I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Definición del café**

Se denomina café a la bebida que es elaborada mediante la infusión de estas semillas las cuales sufren un proceso de lavado, secado, tostado y molienda lo que produce un café con un aroma exquisito, con el cual se realiza una bebida con un sabor algo amargo y de un color marrón oscuro. (Segovia, 2018)

### **1.2 Generalidades del café**

Se conocen como café los granos obtenidos de unas plantas perennes tropicales (cafetos), morfológicamente muy variables, los cuales, tostados y molidos, son usados principalmente para preparar y tomar como una infusión. (Cafe, 2013)

El género *Coffea* incluye 40 especies de plantas, pero solamente tres son comercialmente cultivadas para producción del café, *Coffea arábica* Linn, *Coffea canephora* Pierre ex Foechner (*robusta*) y *Coffea ibérica*. (Villalta, 2018)

En la campaña 2020/2021, la producción mundial de café alcanzaría los 175.4 millones de sacos (de 60 kilos cada saco), representando un incremento de 4.1% frente a los 168.5 millones de sacos producidos en la campaña anterior (2019/2020). Este crecimiento se explicaría por el aumento de la producción de café arábica. (León, 2021)

En la actualidad, Brasil sigue siendo el mayor productor de café del mundo, seguido de Vietnam gracias a las grandes cantidades de café Robusta que produce. (León, 2021)

En la tabla I-1, pueden verse los principales países productores de café del mundo en el año 2020/2021 ordenados según el porcentaje de producción mundial.

**Tabla I- 1 Principales productores de café en el mundo**

<b>Principales productores de café del mundo en la campaña 2020/2021</b>		
<b>Puesto</b>	<b>País</b>	<b>Producción (en millones de sacos)</b>
<b>1</b>	Brasil	67,9
<b>2</b>	Vietnam	30,2
<b>3</b>	Colombia	14,1
<b>4</b>	Indonesia	10,3
<b>5</b>	Etiopia	7,5
<b>6</b>	Honduras	6,12
<b>7</b>	India	5,31
<b>8</b>	Uganda	4,8
<b>9</b>	Perú	4,45
<b>10</b>	México	3,9

Fuente: (León, 2021)

Los principales mercados demandantes de café son la Unión Europea y Estados Unidos. El primero representa el 37% del total importado y el segundo, 20% en promedio. Le siguen, pero muy por debajo, países como Japón, Filipinas, Canadá, Rusia, Suiza, etc. (León, 2021)

### **1.2.1 Cafeína**

La cafeína es un alcaloide del grupo de las xantinas, sólido cristalino, blanco y de sabor amargo, que actúa como una droga psicoactiva, levemente dissociativa y estimulante por su acción antagonista no selectiva de los receptores de adenosina. (Rengifo, 2018)

La cafeína también recibe otros nombres (guaranina, teína, mateína) relativos a las plantas de donde se puede extraer y porque contiene otras sustancias que aparecen en esos casos. La denominada guaranina del guaraná, y la teína del té, son en realidad la misma molécula de cafeína. Hecho que se ha confirmado en análisis de laboratorio. (Rengifo, 2018)

Estas plantas contienen algunos alcaloides adicionales como los estimulantes cardiacos teofilina y teobromina y a menudo otros compuestos químicos como polifenoles, que pueden formar complejos insolubles con la cafeína. (Rengifo, 2018)

El consumo de la cafeína en cantidades muy grandes puede provocar una intoxicación. Además, al estar la misma en presencia del café provoca algunos aspectos negativos como:

**Adicción:** Aunque la cafeína no tiene efectos tan negativos en la salud como otras drogas, lo cierto es que, si genera dependencia y dejarlo conlleva, en algunos casos, sufrir el síndrome de abstinencia. (Rengifo, 2018)

**Sistema nervioso:** principalmente, el café causa insomnio, nerviosismo y ansiedad. (Rengifo, 2018)

Aunque está demostrado que el café ejerce un papel cardioprotector, al mismo tiempo estimula el sistema nervioso y puede generar hipertensión, con los riesgos que ello conlleva. (Rengifo, 2018)

### **1.2.2 El fruto del café**

Los frutos de café se cosechan al llegar a su madurez, lo que se advierte por el marrón intenso que adquiere el grano, aunque también existen variedades rojo oscuro y otro amarillo cuando están maduras. En un corte longitudinal de un fruto de café pueden verse las fracciones anatómicas del fruto: el grano de café propiamente dicho o endospermo, la cascara o endocarpio, una capa mucilaginoso, y la pulpa o mesocarpio. (Rengifo, 2018)

### **1.2.3 Composición química del café.**

La composición química de los granos de café es extremadamente compleja, se han identificado más de 300 constituyentes; a causa de esta complejidad se desconoce en gran parte la base química del sabor y el aroma del café. (Villarreal, 2013)

**Figura 1- 1 Taza de café genuino**



Fuente: Elaboración propia, 2019

**Tabla I- 2 Composición química porcentual (%) del café verde y tostado, en base seca.**

Compuestos	Granos Verdes	Granos Tostados
<b>Proteínas</b>	13	11
<b>Azúcares</b>	10	1
<b>Almidón y Dextrinas</b>	10	12
<b>Polisacáridos complejos</b>	40	46
<b>Aceite</b>	13	15
<b>Minerales *</b>	4	5
<b>Ácido Clorogénico</b>	7	5
<b>Trigonelina</b>	1	1
<b>Fenoles</b>	0	2
<b>Cafeína (en Coffea Arábica)</b>	1	1,3

\*Principalmente potasio K

Fuente: (Villarreal, 2013)

### 1.3 Proceso de torrefacción del café

#### 1.3.1 Operaciones preliminares a la torrefacción del café.

Se mencionan las operaciones de mayor relevancia preliminares al tostado.

## **Limpieza**

Esta incluye eliminar materias extrañas mezcladas con los granos como fragmentos de cáscara o pergamino, piedras, polvo, clavos, etc. La misma puede efectuarse mediante el desempolvado, despedrado y con la separación magnética de metales. Existen equipos para estos propósitos tales como: separadores neumáticos, tamices vibrantes, zarandas e imanes. (Monroig, 2017)

## **Mezclas de café**

Puede hacerse antes o después del tueste. Puede realizarse con mezcladores mecánicos. Se considera que las calidades superiores les imparten a las inferiores su aroma mejorando la calidad del conjunto de la mezcla. (Monroig, 2017)

### **1.3.2 Torrefacción del café**

La torrefacción es la operación en la cual son formados, bajo la acción del calor, los principios aromáticos que no existen previamente, en su mayoría, en la semilla del café. Consiste en calentar los granos a una temperatura que provoque modificaciones químicas, físicas y fisicoquímicas que hace que de estos se pueda obtener una infusión cuyas cualidades sean satisfactorias. (Monroig, 2017)

La torrefacción de los granos de café verde se realiza esencialmente en tres etapas. A medida que la temperatura de los granos de café es aumentada por acción del calor, estos primeros se secan, luego se tuestan y posteriormente se apagan o enfrían. (Rengifo, 2018)

En función de la temperatura del grano (no de salida de quemadores), el aspecto y las propiedades sensoriales y organolépticas cambian. (Rengifo, 2018)

#### **1.3.2.1 Cambios que ocurren en el café a distintos grados de calor durante el tostado.**

- De 120 a 170°C

Esta etapa toma aproximadamente el 70% del tiempo total de torrefacción y en ella se seca la humedad del grano, que suele ser, en el momento de introducir el café en el

tambor, alrededor del 12%. A los 140°C el café verde vira a un color amarillo y en el proceso de los 140° a los 160°C, adquiere un color castaño, y se evapora el agua. De 160 a 170°C, el volumen del grano empieza a incrementarse. (Rengifo, 2018)

- De 170 a 200°C

Se inicia la segunda etapa de tueste, el de la pirolisis (fragmentación térmica de las moléculas grandes en ausencia de oxígeno) en el grano de café. Esta consiste en una reacción exotérmica espontánea que ocurre internamente en el grano a altas temperaturas en un periodo de tiempo aproximado inferior a un minuto y se caracteriza por la crepitación de los granos de café. En esta fase también se produce la reacción de Maillard, cuando el café está alrededor de los 170° adquiere un color canela. (Rengifo, 2018)

En este momento que se produce la primera crepitación o crujido, la cual es más o menos intensa en función del tipo y frescor del café. Esta etapa no conlleva más de un minuto y es a partir de ese momento que se inicia la descomposición de los azúcares, las proteínas y las grasas y se produce CO y CO<sub>2</sub>. (Rengifo, 2018)

El color empieza a ser pardo oscuro. A partir de los 190°, el café vuelve a crepitar y acaba de desarrollar su sabor, aromas y gases; intensificándose, también, su color. (Rengifo, 2018)

Los azúcares se caramelizan, hay reacción de polimerización y condensación. Cuando el grano alcanza los 200°C en su interior, el desarrollo de sustancias aromáticas y color café se intensifica. (Rengifo, 2018)

- De 200 a 210°C

La temperatura final, puede variar en función del tipo de equipo a utilizar y al color deseado. Generalmente para el tueste de café expés en nuestro país, ésta se ha situado en torno a los 206° en el interior del grano. (Rengifo, 2018)

Una vez se ha terminado el tostado, el café debe enfriarse de inmediato para evitar que las reacciones exotérmicas continúen y el grano siga asándose. Ya atemperado, el grano

es sometido a tareas de limpieza para eliminar impurezas, tal cual, antes de tostarlo, cuando todavía está verde. (Rengifo, 2018)

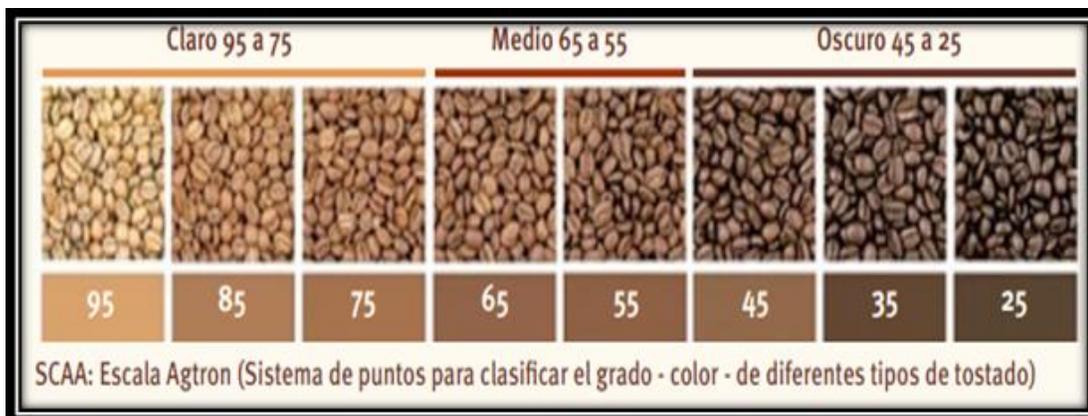
Finalizando el tostado, la transformación del grano ha sido importante, los azúcares han sido caramelizados, se han creado más de setecientos nuevos compuestos responsables del gusto y la degradación de los aminoácidos ha dado lugar a oxazol y pirazina en diferentes cantidades, responsables del aroma del café, entre otras reacciones. (Rengifo, 2018)

### 1.3.2.2 Medición del color de café

Diferentes fabricantes tuestan el café de modo diferente. Los exportadores deben saber el tipo de tostado que necesitan sus compradores. Las expresiones “claro, mediano y oscuro” significan cosas diferentes para personas diferentes: son términos subjetivos. (Rengifo, 2018)

La Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA) ha preparado un sistema de puntos para clasificar el grado, el color de diferentes tipos de tostado. El sistema consiste en ocho discos de color numerados con los cuales se compara una muestra de café finamente molido y tostado, generalmente aplastado sobre un disco Petri. De esta manera se asigna un grado al tostado un aproximado en la llamada Agron Gourmet Scale, que va desde el N° 95 (el tostado más claro) a intervalos de 10 hasta el 25 (el tostado más oscuro) (Rengifo, 2018)

**Figura 1- 2 Escala Agron “Diferentes grados de tueste”**



Fuente: (Steemit, 2018)

### **1.3.2.3 Importancia de la medición del color del café**

El mejor color de tostado es un tema muy controvertido directamente relacionado con los hábitos de cada país e incluso del paladar de los habitantes de zonas muy concretas.

Podríamos decir que en la zona norte y centro de Europa se utiliza un tostado medio y medio claro, valores entre 55 a 65, según el método de medición de color Agtron. En la zona Mediterránea los colores de tostado son más oscuros, valores entre 40 a 55 Agtron, según, sí el café es tostado para hostelería o no, mientras que, en Estados Unidos, es muy popular la variedad French Roasted, muy cercano al café a punto de quemarse (valor Agtron del 30). (Rengifo, 2018)

## **1.4 Sucedáneos de café**

Los sucedáneos de café son productos no derivados de éste, normalmente sin cafeína, que se usan para imitar el café. Estos sucedáneos pueden usarse por razones médicas, económicas o religiosas, o simplemente porque el café no está disponible. Generalmente se emplean a veces al preparar comidas servidas a niños o a gente que debe evitar la cafeína, o con la suposición de que son más saludables que el café. Algunas tradiciones culinarias, tienen bebidas hechas de grano tostado en lugar de café o té. Estas bebidas no sustituyen al café, sino que ocupan su nicho como bebida caliente (opcionalmente endulzada). (Villarreal, 2013)

### **1.4.1 Variedades de sucedáneos del café**

En Polonia, se produce un sucedáneo de café instantáneo, conocido como café Inka, mediante la evaporación del extracto acuoso de remolacha dulce termolizada (*Beta vulgaris* subespecie *cicla*), endibia (*Chicorium endivia*), centeno y cebada. (Villarreal, 2013)

En Francia, el café contiene como ingrediente adicional la raíz tostada de achicoria. A pesar de que ésta no posee cafeína aporta un sabor amargo, así como un color oscuro resultante de la caramelización producida durante el tostado. (Villarreal, 2013)

En Rusia, se elabora un sucedáneo del café combinando extracto de achicoria y jugo de manzana (*Malus silvestres*) en proporción 1:1. La bebida es marrón oscuro y de gusto dulce amargo, con agradable sabor a manzana. (Villarreal, 2013)

En Ecuador, se elabora sucedáneos del café a partir de haba o mezclas de esta leguminosa con cebada, trigo, soya, melaza, malta e incluso al mezclar lo mencionado anteriormente con café descafeinado. (Villarreal, 2013)

En Brasil los productos más utilizados como sustitutos de café son maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum vulgare*), raíces de batata de purga (*Ipomea altissima* e *Ipomea operculata*), y algarroba (*P. juliflora DC*). (Villarreal, 2013)

En Bolivia, la empresa Irupana produce el café a partir de cebada (*Hordeum vulgare*) que es tostada asemejándose al punto del café y que es un sustituto que no contiene cafeína ni estimulante alguno. También Bolivia importa el sucedáneo de café a partir de cebada (*Hordeum vulgare*) llamado Ecco de Nestlé.

#### **1.4.2 Sustancias utilizadas en la elaboración de sucedáneos del café**

Los sucedáneos de café pueden elaborarse tostando diversas sustancias de origen vegetal. Las bebidas de cereal tostado son unos sucedáneos de café habituales. Algunos ingredientes usados en la elaboración de sucedáneos del café son: almendra, bellota, espárrago, cebada malteada, remolacha, zanahoria, achicoria, maíz, semilla de algodón, raíz de diente de león, higo, melaza reducida, guisante, piel de patata, centeno, camote, o leguminosas como la soja y salvado de trigo. (Rengifo, 2018)

#### **1.5 Sucadáneo de café de haba y achicoria**

Las propiedades farmacológicas de la cafeína del café, en algunos casos, son indeseadas, lo que provoca la demanda del café descafeinado y sucedáneos del café, obtenidos de cerealeras como cebada y centeno, de maltas de cereales, o también, de leguminosas como soja. (Rengifo, 2018)

En Ecuador siempre se ha tratado de darle algún uso al haba haciéndose estudios de investigación donde se comprueba que del haba triturada se obtiene un sustituto de café, mientras que la achicoria es más utilizada en Europa o Estados Unidos como

sustituto de café; en países de América Latina como Bolivia, es utilizado para usos medicinales.

En Ecuador, la fuerza del hábito del consumo de café ha prevalecido sobre las alzas del producto. En el medio rural, el desfase del poder adquisitivo ha incitado a buscar sustitutos entre las plantas disponibles en el medio ambiente. Los productos más utilizados como sustitutos de café son maíz, arroz, sorgo, camote y haba. (Villarreal, 2013)

Existen dos ventajas que hacen resaltar a los sucedáneos de café de haba y achicoria, uno es que no contienen cafeína, es decir que no son dañinos para la salud y no crean dependencia a ellos, y el segundo es que son accesibles a comparación del café común. Además, tienen valor proteico y vitamínico.

El sucedáneo de café de haba y achicoria es utilizado de la misma manera que el café, es decir, obteniendo la “esencia por percolación”. El producto presenta ventajas respecto al café porque al no contener cafeína no es estimulante ni dañino a la salud. Además, tiene cierto valor nutritivo, y este producto no genera acidez estomacal.

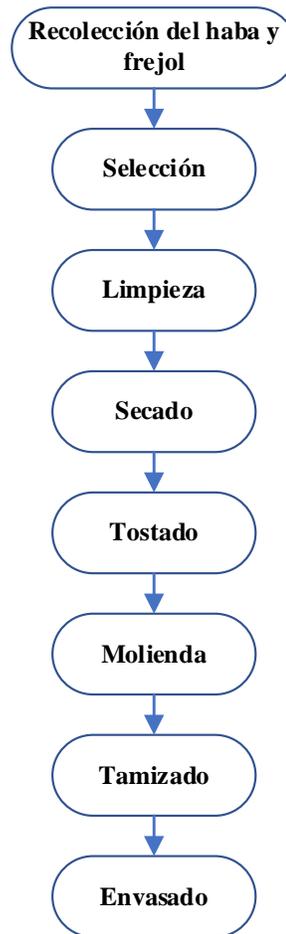
Años atrás, en Bolivia el café de haba ha sido usada para la elaboración de un sustituto del café a nivel artesanal en áreas rurales, en comunidades, ésta obtuvo gran aceptación debido a las características que posee, como la textura, el olor, y el aspecto visual, que causan una muy buena impresión a los sentidos.

En Bolivia no existen industrias que se dediquen a la fabricación de sucedáneo de café de haba y achicoria, solo es elaborado de manera artesanal.

## **1.5.2 Metodología de la obtención del producto**

### **1.5.2.1 Alternativa del proceso de producción**

Para tener conocimiento sobre la elaboración de sucedáneo de café de haba y achicoria se muestra a continuación un diagrama de flujo general con los pasos a seguir para obtener el sucedáneo de café, teniendo en cuenta que en algunos pasos puede existir más de un método.

**Figura 1- 3 Elaboración de café de haba y frejol**

Fuente: Elaboración propia

#### **1.5.2.1.1 Recolección**

La recolección de las materias primas se realiza de su zona de cosecha. (Villarreal, 2013)

#### **1.5.2.1.2 Selección**

La selección del haba y fréjol se realiza a mano, eliminando las vainas en mal estado, putrefactas, con insectos, delgadas, retirando partículas extrañas orgánicas e inorgánicas, seleccionando aquellas que están en buen estado; se realiza el mismo procedimiento para la selección del frejol. (Villarreal, 2013)

#### **1.5.2.1.3 Limpieza y oreo**

La limpieza del haba y del fréjol se realiza mecánicamente; con agua potable se lava con el fin de eliminar las impurezas adheridas en la superficie de la materia prima (haba y fréjol) como polvo, tierra, etc. (Villarreal, 2013)

#### **1.5.2.1.4 Secado**

El secado se realizará en el momento de cosecha al seleccionar las vainas se elegirán las más sanas o adelantadas, es decir, las primeras vainas de cada planta, luego se pondrán a secar al ambiente para que sequen de manera natural, sin embargo, el clima es húmedo, se deben llevar las vainas a un lugar seco y ventilado, si es posible que reciban luz directa del sol. Es mejor colgar las vainas para que obtengan un secado más rápido y se obtendrá un color gris oscuro o negro y crujen. (FAO,2019)

#### **1.5.2.1.5 Tostado**

El tostado de los granos se lo realizó rústicamente en forma separada, observando la coloración que adquieren los granos visualmente y clasificándolo en claro, mediano y oscuro con tiempos de 30, 35, 45 min para el haba y 20, 24, 28 min para el fréjol. (Villarreal, 2013)

#### **1.5.2.1.5 Molienda**

Moler el haba y fréjol tostados individualmente. (Villarreal, 2013)

#### **1.5.2.1.6 Tamizado**

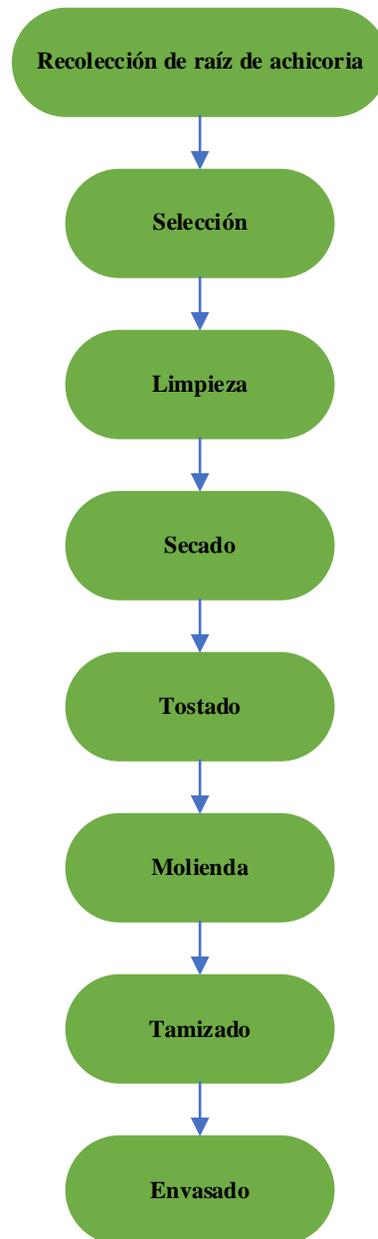
El tamizado de las muestras tostadas molidas de haba y frejol, se realiza de manera individual. (Villarreal, 2013)

#### **1.5.2.1.7 Envasado**

Realizar las mezclas de haba y fréjol tostados y molidos para obtener el sucedáneo del café. (Villarreal, 2013)

### 1.5.2.2 Alternativa de proceso de producción

**Figura 1- 4 Elaboración de café de achicoria**



Fuente: Elaboración propia,2019

#### 1.5.2.2.1 Recolección

La recolección de la raíz de achicoria es excavando para extraer la raíz de la misma (Terranea, 2019)

#### **1.5.2.2.2 Selección**

La selección de la raíz de achicoria se realiza a mano, eliminando las raíces en mal estado, putrefactas, con insectos, retirando partículas extrañas orgánicas e inorgánicas, seleccionando aquellas que están en buen estado. (Terranea, 2019)

#### **1.5.2.2.3 Limpieza**

La limpieza de la raíz de achicoria se realiza mecánicamente; con agua potable se lava con el fin de eliminar las impurezas adheridas en la superficie como polvo, tierra, etc. (Terranea, 2019)

#### **1.5.2.2.4 Secado**

El secado se realizará en un horno a bajas temperaturas durante un largo periodo 2 horas o más. Estas serán cortadas en rodajas (2 a 2,5cm de espesor) para obtener un mejor secado. (Terranea, 2019)

#### **1.5.2.2.5 Tostado**

El tostado de la raíz de achicoria se realizará en un horno a diferentes temperaturas lo recomendable es a 175°C donde ira adquiriendo un tueste homogéneo. (Terranea, 2019)

#### **1.5.2.2.5 Molienda**

La molienda de las raíces tostadas a diferentes grados de temperatura, se efectúa con un molino a manual. (Terranea, 2019)

#### **1.5.2.2.6 Tamizado**

El tamizado de las muestras tostadas molidas de raíz de Achicoria, se realiza de manera individual.

#### **1.5.2.2.7 Envasado**

Se envasa el producto en bolsas de polietileno o frascos de vidrio donde el mismo se mantenga con sus mismas característica fisicoquímicas y microbiológicas.

## **1.6 Operaciones unitarias efectuadas en el proceso**

### **1.6.1 Tostado**

El tostado es un proceso importante en el procesamiento del café, responsable de los cambios químicos, físicos, estructurales y organolépticos en el grano. (Rengifo, 2018)

Durante este proceso los granos verdes y secos son sometidos a un tratamiento caracterizado por varias temperaturas aplicadas en varias fases a lo largo del tiempo consignado, que determinara las características finales del producto. (Rengifo, 2018)

El color es el parámetro más empleado para establecer el nivel del tostado del café, aspecto relevante en el momento de evaluar la calidad del producto final. Para la medición del color en el café, existe instrumentación específica, colorímetros comerciales desarrollados exclusivamente para esta aplicación. (Rengifo, 2018)

Con el tostado se consigue reducir en primer lugar el grado de humedad hasta un límite que impide la actividad biológica como ser el crecimiento y la respiración. También se modifica la condición química del grano adquirido, color, sabor y olor característico. (Rengifo, 2018)

#### **1.6.1.1 Control de tostado**

Durante el doble proceso de desecación tostación, que se adquiere para la obtención de un tipo de cereal tostado de condición uniforme, se debe vigilar y controlar la marcha del mismo, especialmente en lo que se refiere a la temperatura de los gases calientes del aire y el estado higrométrico del mismo. (Rengifo, 2018)

#### **1.6.1.2 Tipos de tostadores**

Dentro de los modelos clásicos de tostadores se pueden distinguir 2 clases diferentes en función del sistema de caldeo utilizado, ambos se describen a continuación:

##### **1.6.1.2.1 Tostadores a fuego directo**

En este tipo de tostadores, los gases de combustión penetran en la cámara de difusión donde se mezclan convenientemente con aire frío. Se efectúa en estos tostadores un

mayor consumo de energía, debiéndose utilizar exclusivamente coque o antracita magra. (Rengifo, 2018)

#### **1.6.1.2.2 Tostadores caloríficos**

Los tostadores caloríficos son de mejor regulación en los que se puede controlar con mayor facilidad la marcha. La temperatura conveniente se alcanza mediante un caldeo racional donde el aire es dosificado mediante un conjunto de aireación provista de registros. (Rengifo, 2018)

#### **1.6.1.3 Reacciones durante el tueste**

Captar las reacciones químicas durante el tostado es mucho más difícil que examinar los cambios físicos. Con la ayuda de métodos de medición extremadamente complejos, como la cromatografía de gases (GC) o la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), se pueden trazar las reacciones químicas, que hasta hoy todavía no han sido detalladas al completo.

##### **1.6.1.3.1 Reacción de Maillard**

La reacción de Maillard es un completo conjunto de reacciones químicas producidas entre las proteínas y azúcares presentes en los alimentos cuando estos se calientan. Técnicamente la reacción de Maillard es la glucosilación no enzimática de las proteínas, es decir, una modificación proteínica que se produce por el cambio químico de los aminoácidos que la constituyen. (Rengifo, 2018)

La reacción de Maillard deriva en moléculas cíclicas y policíclicas, en el primer caso se podría nombrar como ejemplo a la unión de los azúcares monosacáridos a causa de la pérdida de una molécula de agua para formar un nuevo tipo de azúcar disacárido (azúcares dobles como podría ser la sacarosa, la maltosa, etc.); en el segundo caso son proteínas de bajo peso molecular que inciden en la síntesis de otras proteínas. Algunas de estas reacciones son responsables de aportar a los alimentos cocinados sabor y aroma. (Rengifo, 2018)

Finalmente, y dependiendo del grado de tostado deseado puede haber un “segundo crack” y se presenta una reacción exotérmica (que libera calor). A partir de ese

momento es necesario reducir la temperatura aplicada con agua o con aire frío para obtener exactamente el color y sabor deseados. (Venegas, 2016)

Las reacciones químicas en el interior del grano continúan por algún tiempo: horas o incluso días después de que el grano ha salido del tostador, durante el cual el café tostado continúa emitiendo CO<sub>2</sub>. Es por esta razón que las técnicas de empaque deberán tener en cuenta la liberación de dichos gases. (Venegas, 2016)

Existen diversos niveles y técnicas de tostado que se adaptan a los gustos y preferencias de diferentes consumidores y mercados. Es así como en ciertos mercados como en Norte América y los países escandinavos prefieren niveles de tostado bajo o medio con los que se pueden experimentar en detalle las características de origen del grano, y en otros mercados como en la cuenca del Mediterráneo prefieren cafés con tostaciones altas en las que se siente más el “carácter” de la tostación en sí, con menor presencia de notas ácidas y florales de origen, pero mayor cuerpo. (Venegas, 2016)

Hay varias maneras de cuantificar el grado de tostado de un café y una de las más aceptadas es la medición de color por método Agtron, que indica el grado de “reflectancia”, es decir que colores más claros tienen un mayor valor, desde colores alrededor de 60 para escandinavos, 45 para tostados intermedios tipo “city”, hasta colores de 25 a 30 para tostados profundos tipo italiana o francesa. (Venegas, 2016)

Es evidente que cada grano y cada origen tiene atributos que contribuyen a la calidad final de la bebida, y que está relacionada con el tipo de tostado que se le aplique. (Venegas, 2016)

### **1.6.2 Molienda**

La reducción de tamaño es la operación unitaria en la que el tamaño medio de los alimentos sólidos es reducido por la aplicación de fuerzas de impacto, compresión, cizalla (abrasión) y/o cortado. La compresión se usa para reducir sólidos duros a tamaños más o menos grandes. El impacto produce tamaños gruesos, medianos y finos, la frotación o cizalla, produce partículas finas y el cortado se usa para obtener tamaños prefijados. (Roberti, 2020)

Los fines de la reducción de tamaño es muy importante en la industria por las siguientes razones:

- Facilita la extracción de un constituyente deseado que se encuentre dentro de la estructura del sólido, como la obtención de harina a partir de granos y jarabe a partir de caña de azúcar. (Roberti, 2020)
- Se puede obtener partículas de tamaño determinado con un requerimiento específico del alimento, como por ejemplo el azúcar para helados, preparación de especias y refinado del chocolate. (Roberti, 2020)
- Aumento de la relación superficie-volumen incrementando, la velocidad de calentamiento o de enfriamiento, la velocidad de extracción de un soluto deseado, etc. (Roberti, 2020)
- Si el tamaño de partículas de los productos a mezclarse es homogéneo y de tamaño más pequeño que el original, la mezcla se realiza más fácil y rápido, como sucede en la producción de formulaciones, sopas empaquetadas, mezclas dulces, entre otros. (Roberti, 2020)

El propósito de esta operación de molienda es ejercer un control estrecho en el tamaño del producto y, por esta razón frecuentemente se dice que una molienda correcta es la clave de una buena recuperación de la especie. (Rengifo, 2018)

#### **1.6.2.1 Maquinaria utilizada para el proceso de molienda**

Existen diversos equipos para realizar este proceso de molienda, cada uno utiliza un principio de funcionamiento y distintos tipos de fuerza. En la tabla I-3 se detalla el tipo de fuerza que poseen los molinos.

**Tabla I- 3 Tipos de fuerzas aplicadas a la molienda**

Fuerza	Operación	Equipo
<b>Cortado</b>	Cortadura	Cuchilla, tijera y cortadores
<b>Frotamiento</b>	Frotamiento	Molino de discos, lima
<b>Impacto</b>	Impacto	Molino de martillos, molino de bolas.
<b>Compresión</b>	Compresión	Triturador de mandíbulas, triturador de rodillos

Fuente: (Segovia, 2018)

Para la trituración de los productos alimenticios se dispone de aparatos y equipos de diferentes tipos y tamaños.

### **1.6.2.2 Tipos de molinos**

#### **1.6.2.2.1 Molino a rodillos**

Esta máquina tiene dos o más rodillos de acero que giran en sentidos contrarios, las partículas de la carga quedan atrapadas y son obligadas a pasar entre los rodillos, siendo trituradas por la fuerza de compresión y esfuerzos de cizalla. (Catalan, 2019)

#### **1.6.2.2.2 Molino de martillos**

Este tipo de molino de impacto o percusión es común en la industria alimenticia que posee un eje rotatorio que gira a gran velocidad, lleva un collar con varios martillos en su contorno. (Castro, 2017)

#### **1.6.2.2.3 Molino de discos**

Los molinos que utilizan las fuerzas de cizalla para la reducción de tamaño juegan un papel primordial en la molienda fina. Como la molienda se usa en la industria alimenticia fundamentalmente para producir partículas de tamaño muy pequeño, esta clase de molinos es muy común. (Castro, 2017)

#### **1.6.2.2.4 Molino a bolas**

En los molinos de bolas, se operan simultáneamente las fuerzas de cizalla e impacto. Están constituidos por un molino giratorio horizontal que se mueve a poca velocidad en cuyo interior se halla un cierto número de bolas de acero y piedras duras. A medida que el cilindro gira las piedras se llevan por las paredes del cilindro y caen sobre el producto a triturar, que llenan el espacio libre entre las bolas, las bolas también giran y cambian de posición unas con respecto a otras, cizallando el producto a moler. (Cruz, Maza, & Poma, 2015)

#### **1.6.2.2.5 Molino manual**

Es utilizado para realizar la molienda de cereales y granos en general, disponen de una estructura totalmente metálica y pesada que hace que sea de gran durabilidad y resistencia e integra una tolva en la parte superior del molino que guían los granos o semillas hacia abajo y evita la acumulación en los piñones. Este molino puede ser de uso doméstico, semiindustrial, en laboratorio, es un molino para todo tipo de uso, tiene un tipo de granulometría regulable. (Segovia, 2018)

#### **1.6.3 Tamizado**

Es una operación unitaria básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separa en dos o más fracciones pasándolas por un tamiz. (Abarca, Altamirano, Cortez, Cuevas, & Salazar , 2017)

Cada fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. Un tamiz es una superficie que contiene cierto número de aberturas de igual tamaño. La superficie puede ser plana, horizontal, inclinada o cilíndrica. Los tamices planos de pequeña capacidad se denominan cedazos o cribas. En general, los tamices se usan extensamente para separar mezclas de productos granulares o pulverulentos en intervalos de tamaño. (Abarca, Altamirano, Cortez, Cuevas, & Salazar , 2017)

En la actualidad tenemos:

-TYLER Estándar: se basa en un tamiz de 200 mallas teniendo hilos de 0,0021 pulgadas de diámetro y una apertura del tamiz de 0,029. (Abarca, Altamirano, Cortez, Cuevas, & Salazar , 2017)

- BRITISCH Estándar: es un tamiz de 170 mallas tendrá una apertura de tamiz de 90 micras y el intervalo entre tamices vecinos es de  $2^{1/4}$ . (Abarca, Altamirano, Cortez, Cuevas, & Salazar , 2017)

ASTM-E11: Serie basada en un tamiz de 18 mallas con apertura de tamiz de 90 micras y el intervalo de tamiz de  $2^{1/4}$ . Y otros como AFNOR (francesa), DIN (alemana), UNE (española). (Abarca, Altamirano, Cortez, Cuevas, & Salazar , 2017)

### **1.6.3.1 Tipos de tamices**

Estos equipos se fabrican de barras metálicas, láminas y cilindros metálicos perforados, telas y tejidos con hilos entre los materiales para la construcción de tamices para separar alimentos se tiene el acero inoxidable, metal y telas de nylon. (Rengifo, 2018)

#### **1.6.3.1.1 Tamices vibratorios**

Es un tamiz en el que se sacude a la materia prima mecánica o eléctricamente y el movimiento resultante arrastra los productos de partida sobre el tamiz. (Segovia, 2018)

Por lo general están inclinados con la horizontal, poseen capas múltiples o varios tipos de tamices. (Segovia, 2018)

#### **1.6.3.1.2 Tamices de tambor**

Son tamices cilíndricos giratorios montados casi siempre horizontalmente. La superficie de tamizado puede ser de malla o placa perforada. (Segovia, 2018)

#### **1.6.3.1.3 Tamices de barras**

Estos equipos se utilizan para tamizar partículas, de tamaño mayor. Consiste en un grupo de barras paralelas, espaciadas según se necesite. (Rengifo, 2018)

#### **1.6.3.1.4 Serie de tamices Tyler**

Esta es una serie de tamices estandarizados usados para la medición del tamaño y distribución de las partículas en un rango muy amplio de tamaño. Las aberturas son cuadradas y se identifican por un número que indica la cantidad de aberturas por pulgada cuadrada. (Rengifo, 2018)

Esta serie se basa en la abertura del tamiz 200, establecida en 0,0074 cm. y enuncia que el área de la abertura del tamiz superior es exactamente el doble del área de la abertura del tamiz inmediato inferior. (Rengifo, 2018)

### **1.3 Haba (*Vicia Faba L.*)**

EL haba es una planta con tallos fuertes, que crece hasta 1.6 metros de altura; son alternados de color verde y forma ovalada. El ciclo de cultivo es de 120 hasta 180 días. Dependiendo del cultivo y en donde se produce. (Quispe M. a., 2012)

**Figura 1- 5 Plantaciones de haba (*Vicia Faba L.*)**



Fuente: (Guillermo, 2016)

#### **1.3.1 Caracterización del haba. (*Vicia Faba L.*)**

- La planta de haba es de naturaleza herbácea. (Quispe M. a., 2012)
- La planta consta de un sistema aéreo y un sistema subterráneo. (Quispe M. a., 2012)

**Cuadro I- 1 Caracterización de la haba (*Vicia Faba L*)**

N°	ELEMENTO	CARACTERISTICAS
1	<p data-bbox="516 436 602 468">RAIZ</p> 	<p data-bbox="740 436 1399 621">La raíz del haba crece en profundidades hasta alcanzar un largo similar al tallo de la planta, tienen la propiedad de fijar nitrógeno en el suelo; un 80% del mismo es consumido por la propia planta y el 20% restante mejora la fertilidad del suelo.</p>
2	<p data-bbox="496 678 623 709">TALLOS</p> 	<p data-bbox="740 678 1399 894">De color variable oscilando entre verde y verde rojizo puede alcanzar hasta 2 m. de altura, son rígidos, robustos, huecos y de sección cuadrangular. Desde el tallo principal se origina un número variable de ramas, las cuales también producen vainas.</p>
3	<p data-bbox="516 947 602 978">HOJA</p> 	<p data-bbox="740 947 1399 1083">Generalmente anchas y elípticas, son alternas y están compuestas por dos o seis folíolos que se encuentran sostenidos por un largo peciolo. Son de color verde.</p>
4	<p data-bbox="496 1203 623 1234">FLORES</p> 	<p data-bbox="740 1203 1399 1377">Grandes alargadas, se originan en las axilas de las hojas. Son de color blanco ligeramente violáceo, con manchas negras sobre las alas. Se presentan dispuestas en racimos, cada uno de los cuales tiene entre dos o seis flores.</p>
5	<p data-bbox="505 1451 615 1482">FRUTO</p> 	<p data-bbox="740 1451 1399 1587">Es una vaina grande y largada que se encuentra en disposición diversa y en número de 1 a 5 por nudo. Miden entre 15 y 25 cm. de longitud y entre 1.3 a 1.7 cm de ancho.</p>

Fuente: (Quispe M. a., 2012)

### 1.3.2 Origen del haba (*Vicia Faba L*)

Bolivia es un país productor y consumidor de haba. El haba es una especie originaria del medio oriente o más específicamente de Mesopotamia. Con las migraciones hacia

la cuenca del mediterráneo a Etiopia, India y Afganistán, también a Europa Central, Norte De China y las migraciones tardías a América del sud durante el siglo XVI, constituyeron un importante centro secundario de diversificación (Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador, y México) perteneciendo al género *vicia faba*.

El cultivo de haba en la zona andina de Bolivia es el más importante entre las leguminosas. Esta importancia radica en diversos factores: su rol en los sistemas productivos agrícolas: rotación, abono verde, fijador de nitrógeno y otros, insumos alimenticios en ganado; es fuente de ingresos en su comercialización en mercados de consumo interno como haba verde y seca y externo haba seca. (Quispe M. a., 2012)

### 1.3.3 Taxonomía del haba (*Vicia Faba L*)

El haba forma parte de una familia muy numerosa de especies que se agrupan en categoría según su grado y semejanza. (Quispe M. a., 2012)

**Tabla I- 4 Taxonomía de la haba (*Vicia Faba L*)**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Leguminosae
<b>Subfamilia</b>	Faboideae
<b>Tribu</b>	Vicieae
<b>Genero</b>	Vicia
<b>Especie</b>	V.faba
<b>Nombre binomial</b>	Vicia faba

Fuente: (Quispe M. a., 2012)

### 1.3.4 Composición nutricional del haba (*Vicia Faba L*)

Por sus cualidades nutritivas del grano con alto tenor proteico (24%), su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacteria del género *Rhizobium* y su

tolerancia a bajas temperaturas, constituye una especie importante para la alimentación como fuente de proteína barata, mejorador de las condiciones físico-químico-biológicas, del suelo y es una de las pocas leguminosas de grano adaptada a las zonas altas y los valles de Bolivia. (Milan, 2011)

**Tabla I- 5 Composición nutricional por cada 100 g. de haba (*Vicia Faba L.*)**

	<i>Fresca</i>	<i>Secas</i>		Frescas	Secas
<b>Agua (gr.)</b>	73,5	14,00	<b>Azufre (mg)</b>	96,00	0,00
<b>Grasa (gr.)</b>	0,80	3,00	<b>Hierro(mg)</b>	5,80	0,00
<b>Proteínas (gr.)</b>	6,00	20,00	<b>Cobre (mg)</b>	1,20	0,00
<b>Carbohidratos(g r.)</b>	16,00	51,00	<b>Yodo (mg)</b>	1,60	0,00
<b>Fibra (gr.)</b>	3,00	8,00	<b>Manganeso (mg)</b>	0,24	0,00
<b>Potasio (mg)</b>	1,40	0,00	<b>Cinc (mg)</b>	0,01	0,00
<b>Calcio (mg)</b>	88,00	0,00	<b>Vitamina AU I.</b>	89,00	0,00
<b>Fosforo (mg)</b>	146,00	0,00	<b>Vitamina B1 (mg)</b>	210,00	0,00
<b>Sodio (mg)</b>	56,00	0,00	<b>Vitamina B2 (mg)</b>	185,00	0,00
<b>Magnesio (mg)</b>	193,00	0,00	<b>Vitamina C (mg)</b>	12,00	0,00

Fuente: (Cortez, 2017)

### 1.3.5 Variedades de haba (*Vicia Faba L.*)

Las semillas de haba son diferentes según la variedad; son más o menos esféricas, aunque también las hay muy aplastadas, de colores distinto; su peso típico oscila entre 1 a 3 g., las semillas de *Vicia faba var major* son grandes, ovoidales y aplastadas, de colores ligeramente coloreadas, verdes y blanco grisáceas, los cuales dependen de muchos factores como la edad, la prontitud de la recolección, composición fisicoquímica del suelo y la manera de recolectar; su peso oscila entre 2 a 3 g. Las semillas de *Vicia faba var. minor* y *equina* tienen frutos o vainas pequeñas y redondeadas, siendo la especie equina ligeramente más grande. (Quispe M. a., 2012) Estas semillas tienen tamaño pequeño y de colores de verde a morado, debido a una oxidación causada por el tiempo (Mateo, 1961). Su peso oscila entre 1 a 1,5 g. En la

foto 2.3 se muestran semillas de la especie *Vicia faba* de las variedades *minor*, *major*. (Quispe M. a., 2012)

**Figura 1- 6 Variedades de haba (*Vicia Faba L*)**



Fuente: (Quispe M. a., 2012)

En Tarija, las variedades de altura son *Habilla*, *Banana*, *Pairumani 5* y *Criolla*, las de valle son *Banana*, *Bosta de buey* y *Criolla*. (Quispe M. , 2014)

Quispe, (2014) menciona que existen las variedades botánicas *major*, *equina*, *minor* y *paucijuga*. En Bolivia existen diferencias en la nominación de los ecotipos. Según la zona de cultivo; los de grano grande se denominan habillas, estos corresponden a la variedad botánica *V. faba variedad mayor* y los de grano mediano (cultivadas principalmente en los valles interandinos) pertenecen a la variedad botánica *V. faba variedad equina*. Se diferencian en general dos grupos de variedades: aquellas adaptadas a los valles templados, cultivadas entre los 2000 a 2800 msnm, destinadas al consumo en fresco, las variedades de zonas altas, cultivadas entre los 2900 a 4000 msnm, destinadas para grano fresco y/o seco.

#### **1.4 Achicoria (*Cichorium Intybus*)**

La achicoria es una planta perteneciente a la familia *Asteraceae*, en la cual se pueden encontrar varias y diferentes especies, es una planta nativa de la región a la que pertenece y puede crecer de forma silvestre, alcanza una altura media, sus tallos son pilosos, y sus hojas presentan varios colores, como azul vivo, amarilla o blanca, cuyas hojas suelen ser comestibles. Es una planta herbácea perenne, de raíz carnosa, pivotante, de color blanco y que destila látex. (Ortega, 2017)

**Figura 1- 7 Plantaciones de Achicoria**



Fuente: (Terán, 2019)

**Figura 1- 8 Raíz de Achicoria**



Fuente: (Terán, 2019)

#### **1.4.1 Caracterización de la Achicoria (*Cichorium Intybus*)**

Hierba terrestre de hasta 5 cm. De alto. Las hojas están dispuestas en rosetas basales con hojas alargadas y estrechas. (Ortega, 2017)

La inflorescencia está formada por cabezuelas solitarias que miden hasta 3 cm. de diámetro. Las flores son numerosas, todas irregulares, tienen una lengüeta llamativa de color amarillo con 5 pequeños dientes en la punta, los frutos tienen una corona de pelos plumosos, de 15 milímetros de largo. (Ortega, 2017)

Se menciona también que es una herbácea vivaz con cepa dividida que da lugar a una agrupación de rosetas foliares. Hojas de las rosetas aplicadas al suelo, con el borde

sinuoso a irregularmente dentado y un nervio medio pronunciado, más claro que el resto del limbo y en ocasiones, rojizo o violáceo en la base. Capítulos aislados, sésiles, de notables proporciones frente a las hojas. Flores liguladas, amarillas. (Ortega, 2017)

La achicoria tiene diversas variedades, lo que determina su destino, ya sea a procesamiento o a consumo final. Se puede consumir como hortaliza, en su variedad más conocida: el *radicchio*; destinarla a forraje de alimentación animal o bien utilizarla industrialmente como sucedáneo del café. (Traub, 2014)

#### **1.4.2 Origen de la Achicoria (*Cichorium Intybus*)**

La achicoria tiene una capacidad de adaptabilidad impresionante ya que se adecua a cualquier lugar para crecer. Esta crece bien en muchas condiciones diferentes, pero se encuentra a menudo en los bordes de las carreteras, en herbazales. (López, 2019)

Europa mediterránea y Asia son sus continentes de origen, pero África es su segundo hogar, sostienen los historiadores, ya que para el siglo XVI se cultivaba en Egipto. Posteriormente, en el siglo XX, tuvo arraigo en España, país donde encontraría perfecta ubicación. No en balde es en tierras castellanas donde se concentra la mayor producción española. (López, 2019)

Actualmente su extensión es universal y abarca toda América del Sur y los E.E.U.U. (López, 2019)

### 1.4.3 Taxonomía de la achicoria (*Cichorium Intybus*)

**Tabla I- 6 Taxonomía de la achicoria**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida, Asteridae
<b>Orden</b>	Asterales
<b>Familia</b>	Asteraceae, Cichorioideae
<b>Tribu</b>	Cichorieae
<b>Genero</b>	Cichorium
<b>Especie</b>	C. Intybus

Fuente: (Alimentos, 2019)

### 1.4.4 Composición nutricional de la Achicoria (*Cichorium Intybus*)

La Achicoria (*Cichorium Intybus*) se ha venido utilizando tradicionalmente como sustituto o alternativa del café, ya que sus raíces al ser tostadas tienden a acaramelarse, de forma que al ser finamente molidas dan como resultado un producto natural con sabor intenso y ligeramente picante. Eso sí, a diferencia del café, la bebida resultante si bien es cierto que presenta una apariencia muchísimo más clara, su sabor es igual de intenso. (Pèrez, 2019)

**Tabla I- 7 Composición de la raíz de achicoria (*Cichorium Intybus*)**

Composición de la raíz de achicoria por cada 100g			
<b>Agua (gr.)</b>	80	<b>Cinc (mg)</b>	0,33
<b>Calorías (Kcal).</b>	73	<b>Manganeso (mg)</b>	0,233
<b>Grasa (gr.)</b>	0,20	<b>Vitamina C (mg)</b>	5
<b>Proteína (gr.)</b>	1,40	<b>Vitamina A UI</b>	6
<b>Hidratos de Carbono (gr.)</b>	17,51	<b>Vitamina B1(Tiamina) (mg)</b>	0,040
<b>Fibra</b>	-----	<b>Vitamina B2 (Riboflavina) (mg)</b>	0,030
<b>Potasio (mg)</b>	290	<b>Vitamina B3 (Niacina) (mg)</b>	0,400
<b>Fosforo (mg)</b>	61	<b>Vitamina B5 (Ácido Pantoténico) (mg)</b>	0,323
<b>Hierro (mg)</b>	1,80	<b>Vitamina B6 (Piridoxina) (mg)</b>	0,241
<b>Sodio (mg)</b>	0,80	<b>Vitamina B9 (Ácido Fólico) (mcg)</b>	23
<b>Magnesio (mg)</b>	22	<b>Vitamina B12 (Cobalamina)(mcg)</b>	0,0
<b>Calcio (mg)</b>	41	<b>Vitamina E</b>	-----
<b>Cobre (mg)</b>	0,077		

Fuente: (Botanical, 2019)

#### **1.4.5 Variedades de Achicoria (*Cichorium Intybus*)**

La achicoria es una planta de la que se usan los tallos, las hojas, las cabezuelas y las raíces. Atendiendo a su uso, sea medicinal o culinario, la achicoria se puede clasificar en dos grupos:

Achicoria de raíz, la cual se comenzó a utilizar su raíz, tostada y pulverizada, como un sucedáneo del café, llamado café de achicoria. También se empleaba como planta forrajera. (Achicoria, 2019)

Achicoria de ensalada, es la que se consume principalmente como verdura. Dentro de este grupo se incluyen las especies conocidas como pan de azúcar, achicoria de hojas, *Cicorino*, *Endivia* y *Radicchio*. (Achicoria, 2019)  
El pan de azúcar es una variedad que se cosecha habitualmente para consumirla en

ensalada. Sus hojas son anchas, no son dentadas y parece más una lechuga que una achicoria. A pesar de que es una de las variedades más amargas, si se deja madurar durante más tiempo, el frío destruye la intibina, sustancia responsable de su amargor, y se obtiene una verdura de sabor más suave con ligero gusto a nueces. (Achicoria, 2019)

La achicoria de hojas o "*Catalogna*" es muy adecuada para su cultivo en todos los países mediterráneos, y se cultiva especialmente en Italia. Tiene hojas delgadas, dentadas y de color verde oscuro con un sabor bastante amargo, pues es la variedad más rica en Intibina, la sustancia amarga. (Achicoria, 2019)

El *cicorino* se cultiva principalmente en Italia, donde es una verdura muy apreciada. Tiene las hojas en forma de roseta, con variedades de color rojo y verde, y es una verdura más propia de la primavera. (Achicoria, 2019)

### **1.5 Café de habas**

El café de haba (*Vicia Faba L*) se lo considera como una bebida similar al café tradicional, con la diferencia que presenta una gran cantidad de beneficios para todo aquel que lo consume. Su consumo no tiene límite de edad, incluso puede ser consumido desde una persona hipertensa, una mujer embarazada hasta un niño. (Yandun, 2014)

El café de habas es un producto natural orgánico elaborado con habas, por un proceso de secado, tostado y molido, para obtener el producto final. (Yandun, 2014)

El café de habas tiene varias propiedades gracias a su componente como lo son las habas a continuación se las detalla. (Yandun, 2014)

Valores nutricionales y beneficios para su salud, presencia de vitaminas como ser Vitamina C, Vitamina A, Vitamina E. Vitamina B1, Vitamina B2. (Yandun, 2014)

Presencia de minerales: potasio, fósforo, sodio, calcio, hierro, magnesio, cinc y antioxidantes como ser: lecitina, colina, hidratos de carbono, fibra o beta carotenos. (Yandun, 2014)

## **1.6 Café de achicoria (*Cichorium Intybus*)**

El café de achicoria se lo considera como una bebida similar al café tradicional, es ideal para aquellas personas que necesitan renunciar al café. La taza de café de la mañana bien puede ser reemplazada por una de achicoria. Su aroma y sabor es diferente, pero no menos agradable. (Mannise, 2019)

El café de achicoria contiene inulina que es una serie de carbohidratos complejos de 10 a 15%. Una vez en el cuerpo, la inulina disminuye lentamente el nivel de azúcar en la sangre, por lo que puede mantener su cantidad en un nivel constante. (Mannise, 2019), también contiene el Intibin, el cual estimula la producción de bilis, que a su vez aumenta el apetito y promueve la digestión. Es rica en minerales como el potasio, el fósforo y el calcio, así como en ácidos grasos esenciales: linoleico (omega 6) y alfa linolénico (omega 3). (Mannise, 2019)

## **1.7 Influencia de las variables en la elaboración del sucedáneo de café**

### **1.7.1 Temperatura:**

La carga de temperatura es la temperatura del tambor justo antes de introducir el café. Si has visto una línea gráfica de tostado, sabrás que esta línea parece como una marca de cotejo. Tan pronto se introducen los granos la temperatura cae hasta alcanzar el punto de inflexión (cambio) y luego comienza a incrementar. Pero la carga de temperatura es la lectura o recopilación de data antes de la caída de esta. (Hernández, 2017)

Ya que el tostado es el proceso de dispersión del calor – a través de tu tostador como a través de los granos de café – esta temperatura inicial tiene la energía para afectar todo el tostado. Y como todos los elementos de tostado, hay muchos aspectos a considerar para seleccionar la carga de temperatura correcta. (Hernández, 2017)

Una carga de temperatura demasiado baja impide el desarrollo apropiado del sabor. Esto es porque toma demasiado tiempo en generar la energía necesaria para el tostado. Alargar el tostado demasiado tiempo puede llevar a un café plano o incluso horneado.

La única excepción es si estás tratando de controlar o reducir la acidez del café: en este caso, una carga de temperatura más baja te ayudará. (Hernández, 2017)

Por otra parte, una carga de temperatura demasiado alta, puede quemar el grano desde el exterior (algo llamado scorching). Esto crea sequedad y astringencia en la taza. (Hernández, 2017)

La carga de temperatura es un parámetro relativo. La lectura exacta depende del tamaño del tambor, el tamaño y ubicación de las sondas de temperatura, la temperatura del aire y el clima local, y más. (Hernández, 2017)

Por ejemplo, en EE. UU. la carga de temperatura por lo general se encuentra entre 375°F / 191°C y 425°F / 218°C. Sin embargo, en Colombia, (Hernández, 2017) su carga de temperatura estándar en su tostado es de 320°F / 160°C a 374°F / 190°C.

Incluso la ubicación del tostador dentro del cuarto puede afectar la carga de temperatura. La mejor manera para mantener constante la carga de temperatura es tostar en el interior lejos de corrientes de aire. Si el aire del exterior del tostador está cambiando constantemente, tiene un impacto importante tanto en la carga de temperatura como en el tiempo que se demoran los granos en alcanzar el primer crack. (Hernández, 2017)

Se debe ajustar la carga de temperatura para que se adapte a los granos que se está tostando. Se tiene que considerar la densidad, el contenido de humedad, el método de procesamiento, la variedad de café y el tamaño del lote. (Hernández, 2017)

Cuando se trata del tamaño de lote, se tuestan menos cantidades porque se ve que los perfiles de sabor se desarrollan más, eso expondría más al jugar con la carga temperatura. (Hernández, 2017)

La densidad, que se puede ver afectada por la altitud y la variedad, también es importante. Con granos más densos, para un desarrollo más lento se tuesta una cantidad más pequeña de granos; esto ayuda a que el calor se transfiera más rápido. Los granos también se benefician de una mayor carga de temperatura y menor tiempo de tueste. (Hernández, 2017)

También es importante conocer el contenido de humedad de los granos. Cuanta más humedad haya, más tiempo necesita el café para secarse. Esto significa usar una temperatura de carga más baja. (Hernández, 2017)

Otra cosa que se debe tener en cuenta, es el tipo de tostado, cuando se quiere un tostado más oscuro se utiliza una mayor carga de temperatura. Sin embargo, cuando quiere un perfil para filtro, que normalmente es un tostado claro para maximizar la complejidad y la acidez, utiliza una carga de temperatura más baja. (Hernández, 2017)

### **1.7.2 Proporción de mezcla**

Los principales factores de calidad son el color, la textura y el aroma del producto. Todos ellos dependen del pesado y mezclados correctos de las materias primas. (FAO, 2020)

Es por eso que la proporción de mezcla es una variable importante ya que de eso depende la calidad de producto a obtener.

### **1.7.3 Humedad**

El secado del café es un proceso que evita el deterioro y, por tanto, conserva su calidad. Cuando el grano de café contiene una humedad superior a 12,5% existe riesgo de deterioro microbiológico por hongos y bacterias, daño físico, pergamino manchado y decoloración de la almendra, pérdida de calidad de la bebida, sabores sucios, mohoso, terroso y de reposo. (Puerta, 2007)

Entre los procesos del café, el secado es una etapa crítica que requiere control. Es crítica ya que cualquier daño ocurrido es irreversible. (Puerta, 2007)

## **1.8 Normas de calidad para café y sucedáneos de café**

Norma NTE INEN 1123: 2006. Los requisitos fisicoquímicos mencionados en el siguiente cuadro corresponden a los señalados por la norma técnica ecuatoriana del INEN para café tostado y molido.

**Tabla I- 8 Requisitos fisicoquímicos para el café tostado y molido**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
<b>Humedad</b>	%	----	5
<b>Cenizas totales</b>	%	----	5

Fuente: (Villarreal, 2013)

Los requisitos en la norma por el Real Decreto 2323/1985, de 4 de diciembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización de sucedáneos de café tostado es la siguiente:

**Tabla I- 9 Requisitos fisicoquímicos para el café tostado y molido**

	Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
<b>Achicoria</b>	Humedad	%	----	10
	Cenizas totales	%	----	15
<b>Malta de cebada tostada y cebada tostada</b>	Humedad	%		8
	Cenizas totales	%		3

Fuente: (Boe, 2020)

### 1.9 Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial es la ciencia que se encarga de percibir, por medio de las características organolépticas de los alimentos (color, olor, sabor y textura) y los sentidos del organismo. Fundamenta uno de los aspectos importantes en la rama de los alimentos, ya que es una herramienta útil para conocer la aceptación de un producto, o para crear nuevos a partir de una formulación. De esta manera, la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre el alimento y el individuo, provocando determinados estímulos modulados por el alimento. Los atributos de un alimento se perciben en el siguiente orden: apariencia, aroma u olor, textura y sabor. La apariencia es el único atributo que en ocasiones se toma en cuenta para comprar o consumir un alimento. Dentro de este atributo se puede mencionar el color, forma y tamaño y el brillo o la turbidez. (Boteo, 2018)

## **1.9.1 Tipos de evaluación sensorial en alimentos**

### **1.9.1.1 Orientadas al producto**

También consideradas como de respuesta objetiva, incluyen las pruebas de diferencias, pruebas de ordenamiento por intensidad, pruebas de puntajes por intensidad y pruebas de análisis descriptivo, ya que se utilizan para obtener información sobre las características sensoriales específicas de un alimento y las diferencias entre productos. Este tipo de información se obtiene a nivel de laboratorio y con un equipo de panelistas entrenado. Cuando se han realizado cambios en la formulación de un alimento, este tipo de pruebas preceden a las orientadas al consumidor. (Boteo, 2018)

### **1.9.1.2 Orientadas al consumidor**

También llamado método afectivo o de respuesta subjetiva. Éstas incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad. (Boteo, 2018)

-Las pruebas de preferencia tienen por objetivo determinar cuál de dos o más muestras es preferida por un número determinado de personas, el test de preferencia mide factores psicológicos y factores que influyen en el sabor del alimento. (Boteo, 2018)

- Las pruebas de aceptabilidad se aplican para conocer la reacción de un consumidor frente a un alimento; es de carácter afectivo o subjetivo ya que miden el grado de aceptación del producto por ello se dice que son pruebas de criterio personal. (Boteo, 2018)

- Las pruebas hedónicas están destinadas a medir el grado de satisfacción, en cuánto gusta o disgusta un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas las cuales deben ser impares con una categoría o un punto intermedio de "ni gusta ni disgusta"; en éstas existen hedónicas verbales y faciales. (Boteo, 2018)

## **1.10 Escala Hedónica**

Las escalas hedónicas son la herramienta de investigación cuantitativa convencional más utilizada en los últimos 60 años para medir consumo. Se caracteriza por poseer diferente número de categorías y fue diseñada con el propósito de medir las preferencias alimentarias de los soldados estadounidenses. las categorías de esta escala se nombran con frases o números que representan diferentes niveles de agrado con continuidad en cuanto a gusto y disgusto. (Boteo, 2018)

Esta escala se reconoce como una escala verbal de categorías y se clasifica con una escala ordinal. Sin embargo, para la realización de un análisis paramétrico se asigna a cada una de las categorías un valor numérico, lo cual no es adecuado estadísticamente ya que los desarrolladores de estas escalas lo confirman, aunque es el método utilizado para obtener resultados numéricos y poder generar valores de agrado. (Boteo, 2018)

Se pueden utilizar diferentes formas y tamaños de escalas hedónicas, siendo las más comunes las de nueve y siete puntos; no obstante, existen, además de éstas, las de 10, 15 y hasta 20 categorías. (Boteo, 2018)

### **1.10.1 Escala hedónica de 9 puntos**

Esta escala se caracteriza por ser bipolar, es decir, presenta un valor central neutro con cuatro categorías de agrado y cuatro de desagrado y es el instrumento más utilizado para las pruebas de agrado. (Jara, 2018)

La escala hedónica de 9 puntos se ha utilizado en una amplia variedad de productos, desde su invención en la década de 1940, ganando un éxito considerable para diferentes industrias. Sin embargo, al igual que con cualquier prueba sensorial, es importante recordar que en situaciones específicas se puede requerir de una escala especializada que la tradicional escala de 9 puntos. (Jara, 2018)

**CAPITULO II**  
**PARTE EXPERIMENTAL**

## 2.1 Desarrollo del diseño experimental

El desarrollo experimental del proceso de elaboración de sucedáneo de café a partir de haba y achicoria se lleva a cabo en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) perteneciente a la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS)

## 2.2 Equipos y Materiales de Laboratorio

Para el desarrollo del Diseño Experimental del presente trabajo se utilizan diferentes materiales y equipos. Los mismos se detallan a continuación:

### 2.2.1 Equipos e Instrumentos de Proceso

Los equipos e instrumentos utilizados en el desarrollo del presente trabajo son:

#### 2.2.1.1 Balanza Analítica

Este equipo es utilizado en las diferentes operaciones del proceso, como ser para definir la cantidad de materia prima de entrada y salida del proceso, el peso de la materia prima utilizada en la determinación de las características físicas tanto de haba como de achicoria.

La balanza analítica tiene las especificaciones técnicas que se detallan a continuación:

**Marca:** EUROPE 500

**Capacidad:** Max.:510 g. e: 0,01

Min.: 1 g. d:0,001 g

**Figura 2- 1 Balanza Analítica**



Fuente: Elaboración propia,2021

### 2.2.1.2 Tostador Manual

Este instrumento es utilizado para tostar el haba y achicoria, el mismo consiste en una olla que cuenta con un par de aspas y una manivela para realizar un mejor tostado.

Este tostador es calentado por medio de un quemador que funciona por la combustión de gas.

**Figura 2- 2 Tostador Manual**



Fuente: Elaboración Propia,2021

### 2.2.1.3 Molino de discos

Este equipo se utiliza para moler los granos de haba y trozos de achicoria tostados. El molino consta de dos discos, un disco fijo y el otro es un disco móvil el que es accionado manualmente.

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

**Marca:** VICTORIA Grain Maill

**Capacidad:** 1000 g.

**Industria:** colombiana

**Figura 2- 3 Molino de Discos**



Fuente: Elaboración propia,2021

#### **2.2.1.4 Tamiz Vibratorio**

Este equipo se utiliza para realizar el tamizado de haba y achicoria molidos. Es un equipo que consta de un juego de 6 tamices, los cuales tienen una abertura de malla de 4mm, 2mm, 1mm, 0,50 mm, 0,25 mm., el mismo es pertenece al LOU.

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

<b>Marca:</b>	ORTO ALRESA
<b>Industria:</b>	española
<b>Potencia:</b>	80 W
<b>Frecuencia:</b>	50 Hz
<b>RPM:</b>	2500

**Figura 2- 4 Tamiz Vibratorio**



Fuente: Elaboración Propia,2021

### 2.2.1.5 Secador de tiro forzado

Este equipo se utiliza para realizar el secado de haba y la raíz de achicoria a una temperatura entre 40 a 45°C, el cual cuenta con cuatro mallas y un calentador para mantener las temperaturas.

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

**Marca:** Magefesa

**Capacidad:** 3 bandejas de 37x42cm

**Figura 2- 5 Secador de tiro forzado**



Fuente: Elaboración propia,2021

### 2.2.2 Material de Laboratorio

A continuación, en la Tabla TII-1, se detallan los materiales utilizados en la parte experimental.

**Cuadro II- 1 Material de laboratorio utilizado en el proceso de elaboración de café de haba y achicoria**

Material	Capacidad (ml)	Cantidad	Tipo de Material
<b>Fuente</b>	Mediano	1	Plástico
<b>Cuchillo</b>	Mediano	1	Acero Inoxidable
<b>Platillo</b>	Pequeño	1	Acero Inoxidable
<b>Bandeja</b>	Mediano	2	Acero Inoxidable
<b>Pinza</b>	Mediano	1	Acero Inoxidable
<b>Tabla</b>	Mediana	1	Plástico
<b>Cuchara</b>	Pequeña	1	Acero Inoxidable
<b>Jarra</b>	1000 ml	1	Plástico

**Fuente:** Elaboración Propia,2021

### 2.2.3 Instrumentos de laboratorio

#### 2.2.3.1 Termómetro

Este instrumento se utiliza en la medición de temperatura de la olla en el proceso de tostado de haba y achicoria.

**Figura 2- 6 Termómetro**



Fuente: Elaboración propia,2021

### 2.3 Materia Prima (haba y achicoria)

La materia prima Haba (*Vicia Faba L.*) y achicoria (*Cichorium Intybus*) utilizada en la elaboración de café se detallan a continuación.

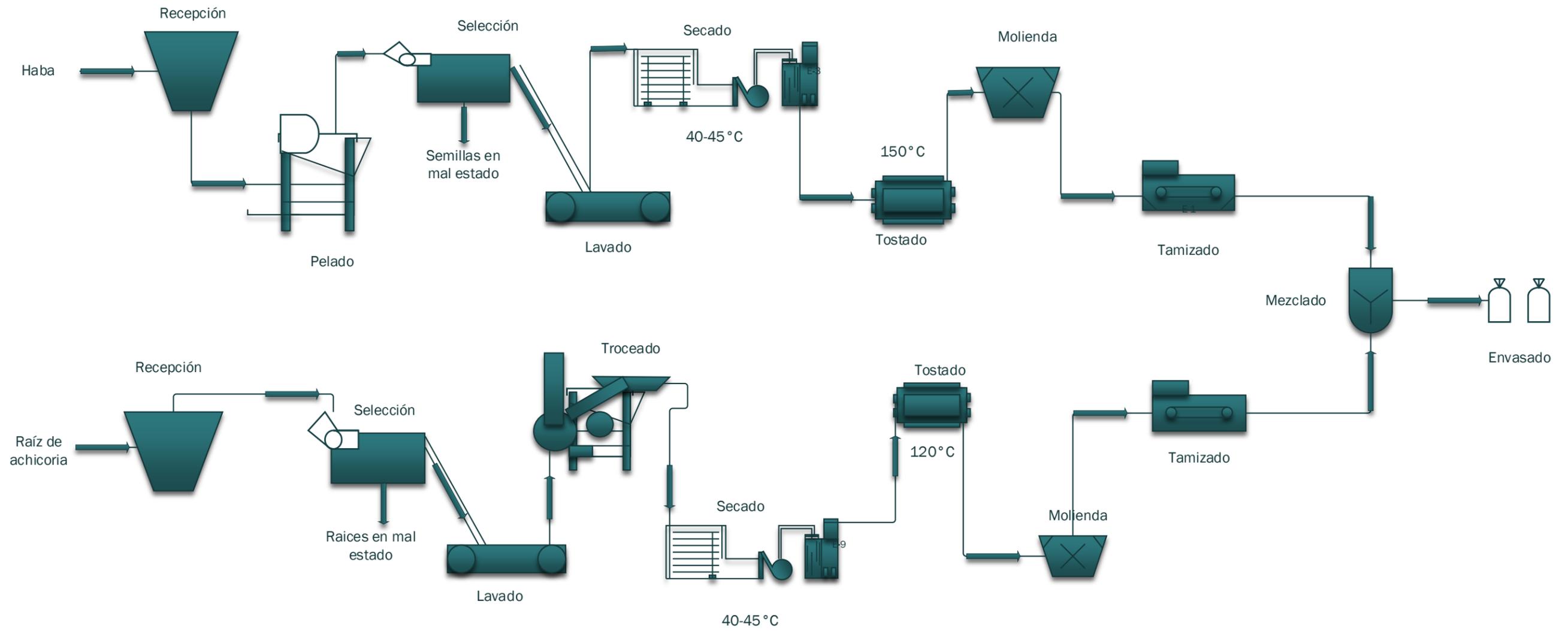
**Cuadro II- 2 Materia prima utilizada en el proceso de elaboración de café de haba y achicoria**

<b>Materia Prima</b>	<b>Descripción</b>	<b>Origen</b>
<b>Haba</b>	<i>Vicia Faba L.</i>	Ischayachi
<b>Achicoria</b>	<i>Cichorium Intybus</i>	San Mateo

Fuente: Elaboración Propia,2021

2.4 Diagrama de proceso de elaboración de café de haba y achicoria

Figura 2- 7 Elaboración de café de haba y achicoria



Fuente: Elaboración propia,2021

## **2.4.1 Descripción del proceso**

### **2.4.1.1 Recepción de la materia prima**

#### **2.4.1.1.1 Haba**

La materia prima proveniente de la comunidad de Iscayachi, perteneciente a la provincia Méndez del Departamento de Tarija, se recibe en un establecimiento de procesamiento, en el cual fue verificada la calidad fisicoquímica realizadas en el CEANID, además de sus características físicas largo, ancho y espesor determinadas en el LOU.

#### **2.4.1.1.2 Achicoria**

La materia prima proveniente de la comunidad de San Mateo, perteneciente a la provincia Cercado Del Departamento de Tarija, se recibe en un establecimiento de procesamiento, en el cual fue verificada la calidad fisicoquímica realizadas en el CEANID, además de sus características físicas largo, ancho y espesor determinadas en el LOU.

#### **2.4.1.2 Selección**

La selección de ambas materias primas (haba y achicoria) se efectúa manualmente lo cual consiste en seleccionar las vainas y tubérculos que se encuentran en buen estado, libre de gusanos, no maltratadas, para luego pesar para su posterior proceso.

#### **2.4.1.3 Pesado**

Para efectuar el balance de materia en el proceso se procede a realizar el pesado del haba y de la achicoria para la obtención de datos.

#### **2.4.1.4 Limpieza**

**Haba** Las semillas seleccionadas son lavadas introducidas en un recipiente con agua con el objetivo de eliminar la tierra y otras impurezas adheridas en la superficie externa

de la misma. El lavado debe ser de manera rápida, luego sacudir y poner a secar a ambiente.

**Figura 2- 8 Limpieza del haba**



: Elaboración Propia,2021

### **Achicoria**

Las raíces de achicoria son lavadas en un recipiente con abundante agua con el objetivo de eliminar la tierra y otras impurezas adheridas en la superficie externa de la misma. El lavado debe ser de manera rápida, luego sacudir y poner a secar a ambiente.

**Figura 2- 9 Limpieza de la raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración Propia,2021

### **2.4.1.5 Troceado**

#### **Achicoria**

Con la ayuda de un cuchillo cortar la raíz con un espesor no mayor a 2,5 cm ya que estas no deben medir más de lo mencionado, el tamaño no debe ser ni grande ni muy pequeño para obtener un buen tostado.

**Figura 2- 10 Troceado de la raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración Propia,2021

#### **2.4.1.6 Secado**

##### **Haba**

Para el secado del haba se realiza el pesado de la muestra a secar y posteriormente se introduce la misma al secador de tiro forzado a una temperatura entre 40 a 45°C ya que la temperatura para el secado nunca debe exceder los 60°C, ya que a temperaturas más altas comienzan los procesos de cocción según (De Michelis & Ohaco, 2017). durante el lapso de unas 20 horas ya que se hizo muestras previamente calculando la humedad con ayuda del secador infrarrojo hasta obtener un secado uniforme del 12 % según el CODEX (FAO, Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales, 2017)

**Figura 2- 11 Secado del haba**



Fuente: Elaboración Propia,2021

## **Achicoria**

Para el secado de la raíz de achicoria, se realiza el pesado de la muestra y posteriormente se introduce la misma al secador de tiro forzado a una temperatura entre 40 a 45°C ya que la temperatura para el secado nunca debe exceder los 60°C, porque a temperaturas más altas comienzan los procesos de cocción según (De Michelis & Ohaco, 2017).

Durante el lapso de unas 21 horas ya que se hizo muestras previamente calculando la humedad con ayuda del secador infrarrojo hasta obtener un secado uniforme del 12 % según el CODEX (FAO, Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales, 2017) . se trabajó con esta humedad porque en normas de café la humedad no debe ser menor a la mencionada.

**Figura 2- 12 Secado de la raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

### **2.4.1.7 Tostado**

El tostado de las semillas de haba a temperaturas de 110°, 120° y 130°; la raíz de achicoria a temperaturas de 140°, 150° y 160°, se logra por medio de un tostador manual calentado por un quemador de una cocina a gas natural, simultáneamente el haba y la raíz de achicoria que son agitadas manualmente con la ayuda de una manivela con el objetivo de lograr uniformidad del color de los trozos de haba y raíz de achicoria.

**Figura 2- 13 Muestras de haba tostada**

Fuente: Elaboracion Propia,2021

**Figura 2- 14 Muestras de raíz de achicoria tostada**

Fuente: Elaboración Propia, 2021

#### **2.4.1.8 Molienda**

La molienda se la realiza con el objetivo de reducir el tamaño de las partículas para que puedan adoptar una apariencia similar a la del café, además de aumentar la solubilidad en la preparación con agua.

Esta operación se la realiza con un molino de discos el cual consta de dos discos, un disco fijo y el otro es un disco móvil que es accionado manualmente por lo cual su principio de funcionamiento se basa en la fuerza de frotamiento o cizalla y que es

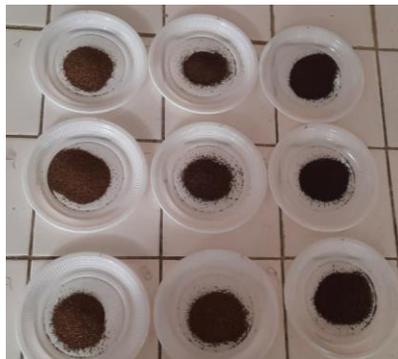
fundamental para no quebrar las semillas del haba y la raíz de achicoria. (Rengifo, 2018)

**Figura 2- 15 Muestras de haba molida**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

**Figura 2- 16 Muestras de raíz de achicoria molida**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

#### **2.4.1.9 Tamizado**

En esta operación se procede a colocar las habas molidas y raíz de achicoria molida en el tamiz superior del set de tamices en funcionamiento a este equipo por el lapso de 5 minutos con un nivel de vibración intermedio. Pasado este tiempo se separan los tamices, se pesan y los tamaños de partículas superiores al requerido se recirculan al molino a excepción de las semillas.

Esta operación tiene como objetivo obtener un tamaño de partículas uniforme. Se trabajó con tamiz N° 70 con granulometría de 0.25 mm., el cual es el más apto en el momento de filtrar con agua caliente el café.

#### **2.4.1.10 Envasado**

Una vez obtenido el café de haba y café de achicoria se procede al mezclado de ambos de acuerdo a la evaluación sensorial donde se eligió las proporciones adecuadas para el café de haba y achicoria y es envasado en bolsas de polipropileno con cierre hermético, para que se puedan mantener sus propiedades organolépticas y para los análisis. (Villarreal, 2013)

**Figura 2- 17 Muestras de café de haba y achicoria**



Fuente: Elaboracion Propia, 2021

## **2.5 Caracterización de la materia prima**

Para la caracterización de la materia prima, se determinan los parámetros que se presentan a continuación:

### **2.5.1 Análisis fisicoquímicos de la materia prima**

Los análisis fisicoquímicos de la materia prima: haba y achicoria se realizan en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID) dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

En las Tablas II-3 y II-4 se detallan los parámetros fisicoquímicos, método ensayo y unidades en que se representan los mismos.

**Cuadro II- 3 Análisis fisicoquímico del grano de haba**

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado
<b>Ceniza</b>	NB 39034:10	%	1,00
<b>Fibra</b>	Gravimétrico	%	1,57
<b>Grasa</b>	NB 313019:06	%	0,16
<b>Hidratos de Carbono</b>	Calculo	%	14,64
<b>Humedad</b>	NB 313010:05	%	76,98
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	NB/ISO 8968-1:08	%	5,65
<b>Valor energético</b>	Calculo	Kcal/100g	82,60

Fuente: CEANID,2021

**Cuadro II- 4 Análisis fisicoquímico de la raíz achicoria**

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado
<b>Ceniza</b>	NB 39034:10	%	1,17
<b>Fibra</b>	Gravimétrico	%	0,51
<b>Grasa</b>	NB 313019:06	%	0,07
<b>Hidratos de Carbono</b>	Calculo	%	12,17
<b>Humedad</b>	NB 313010:05	%	84,51
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	NB/ISO 8968-1:08	%	1,57
<b>Valor energético</b>	Calculo	Kcal/100g	55,59

Fuente: CEANID,2021

### 2.5.2 Análisis organolépticos

Para realizar el análisis organoléptico del producto se toma en cuenta una evaluación sensorial, compuesta con jueces no entrenados.

### **2.5.2.1 Evaluación sensorial para el atributo color**

La evaluación sensorial del café de haba y achicoria para el atributo color se realiza mediante un test de escala hedónica (Anexo C), para lo cual se presentan 10 jueces no entrenados y 9 muestras de café de haba y achicoria en 3 proporciones diferentes.

### **2.5.2.2 Evaluación sensorial para el atributo olor**

La evaluación sensorial del café de haba y achicoria para el atributo olor se realiza mediante un test sensorial de escala hedónica (Anexo C), para lo cual se presentan 10 jueces no entrenados y 9 muestras de café de haba y achicoria.

### **2.5.2.2 Evaluación sensorial para el atributo sabor**

La evaluación sensorial del café de haba y achicoria para el atributo sabor se realizó mediante un test sensorial de escala hedónica (anexo B), para lo cual se presentaron 10 jueces no entrenados y 9 muestras de café de haba y achicoria.

## **2.6 Caracterización de las variables del proceso**

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de elaboración de café a partir de haba y achicoria se considera lo siguiente:

### **2.6.1 Diseño experimental**

El diseño experimental es una técnica estadística, que tiene como objetivo definir una serie de pruebas en las cuales existen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de tal manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios que se producen en la respuesta de salida, de tal modo que el investigador obtenga estimaciones con la mayor precisión posible. (Segovia, 2018)

### **2.6.2 Diseño experimental en la etapa de tostado**

Para la realización del diseño experimental en la etapa de tostado, se tomó en cuenta dos variables independientes:

En este caso se toma en cuenta 2 variables independientes: temperatura y proporción y considerando como variable dependiente la humedad de las semillas tostadas.

El diseño experimental a utilizar en esta etapa se muestra a continuación:

$$3^k \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

3= Numero de niveles

K= Numero de variables

En este caso se toma en cuenta 2 factores, los cuales se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla II- 1 Factores independientes en la operación de tostado**

Factor	Símbolo	Numero de niveles
<b>Temperatura</b>	T	3
<b>Proporción</b>	%	3

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Por lo tanto, la ecuación será la siguiente:  $3^2 = 3*3 = 9$  muestras

Los niveles de variación de las variables se detallan en la tabla siguiente:

**Tabla II- 2 Niveles de variación de la temperatura en la operación de tostado**

Variables		Unidad	Nivel inferior	Nivel medio	Nivel superior
<b>Temperatura (T)</b>	Haba	°C	140	150	160
	Achicoria		110	120	130

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla siguiente se muestra la matriz experimental para la elaboración de café de haba y achicoria.

**Tabla II- 3 Matriz de diseño de experimentos**

N° Corridas	Tratamiento	Variables		Combinación	Respuesta 1
		%	T	AB	Humedad
1	(1)	-1	-1	1	H <sub>1</sub>
2		0	-1	0	H <sub>2</sub>
3		1	-1	-1	H <sub>3</sub>
4	A	-1	0	0	H <sub>4</sub>
5		0	0	0	H <sub>5</sub>
6		1	0	0	H <sub>6</sub>
7	B	-1	1	-1	H <sub>7</sub>
8		0	1	0	H <sub>8</sub>
9		1	1	1	H <sub>9</sub>

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Donde:

Variable respuesta es la humedad de las semillas de haba y raíz de achicoria tostadas.

### **2.7 Determinación de las proporciones de mezcla haba-achicoria para obtener el producto final**

El porcentaje de haba-achicoria tostados se escoge de una evaluación sensorial y se describe a continuación:

**Tabla II- 4 Niveles de Variación de Proporción de mezcla de haba y achicoria**

Porcentaje haba tostada (%)	Porcentaje achicoria tostada (%)
25	75
50	50
75	25

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Se realizó una nueva evaluación sensorial para ver el grado de aceptabilidad del producto final y así elegir la mejor proporción del producto final (café de haba y achicoria).

## 2.8 Caracterización del producto final

Los análisis del café de haba y achicoria que es el producto final se realizan en un laboratorio, los análisis fisicoquímicos se realizan en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de la Ciudad de Tarija

### 2.8.1 Análisis fisicoquímico del producto final

En la tabla se detallan los parámetros fisicoquímicos, método de ensayo y unidades de los análisis fisicoquímicos que se realizaron en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID)

**Cuadro II- 5 Análisis Fisicoquímicos del café de Haba y Achicoria**

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado
<b>Ceniza</b>	NB 39034:10	%	8,21
<b>Fibra</b>	Gravimétrico	%	17,18
<b>Grasa</b>	NB 313019:06	%	1,97
<b>Hidratos de Carbono</b>	Calculo	%	53,48
<b>Humedad</b>	NB 313010:05	%	2,68
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	NB/ISO 8968-1:08	%	16,48
<b>Valor energético</b>	Calculo	Kcal/100g	297,57

Fuente: CEANID, 2021

**CAPITULO III**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**  
**DE RESULTADOS**

### 3.1 Características de la materia prima

Las características de las materias primas se logran tomando en cuenta las características físicas y fisicoquímicas tanto del haba como de la raíz de achicoria; se detallan a continuación.

#### 3.1.1 Haba

##### 3.1.1.1 Propiedades físicas del haba

Para realizar la determinación de las propiedades físicas de la vaina del haba, se utilizó 15 muestras tomadas al azar, las cuales son detalladas en la tabla siguiente:

**Tabla III- 1 Propiedades físicas de la vaina de haba**

N° de muestras	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso (gr.)	Peso comestible (gr.)	Porción comestible (%)	Porción no comestible (%)
1	11,730	2,405	1,432	16,428	6,621	40,303	59,70
2	12,750	2,120	1,320	14,204	7,706	54,252	45,748
3	8,950	2620	1,205	16,782	9,687	57,723	42,277
4	12,530	2,620	1,135	20,818	5,894	28,312	71,688
5	12,015	2,705	1,348	15,872	6,097	38,414	61,586
6	14,150	2,740	1,115	23,653	10,972	46,387	53,613
7	10,710	2,320	1,433	13,081	4,645	35,510	64,490
8	12,115	2,543	1,118	16,223	9,997	61,622	38,378
9	11,505	2,035	1,035	13,502	6,736	49,889	50,111
10	14,240	2,920	1,150	26,784	12,821	47,868	52,132
11	12,115	2,550	1,405	21,637	11,229	51,897	48,103
12	11,015	2,343	0,935	17,518	8,831	50,411	49,589
13	13,905	2,403	1,145	21,736	10,180	46,835	53,165
14	14,623	2,225	1,423	19,132	5,998	31,351	68,649
15	11,110	2,503	1,040	14,389	4,783	33,241	66,759
<b>Promedio</b>	12,231	2,470	1,236	18,117	8,146	44,934	55,066

Fuente: Elaboración Propia, 2021

La Tabla III-1 muestra los resultados promedios de las propiedades físicas de la vaina de haba de las cuales se menciona que tiene una longitud de 12,231 cm., con un ancho de 2,470 cm., espesor de 1,236 cm. y peso de 18,117 gr., contando con una porción comestible del 44,93 % y una porción no comestible de 55,07 %.

### 3.1.1.2 Análisis fisicoquímicos del haba

En la Tabla III-2 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos del haba en grano, los cuales se realizan en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

**Tabla III- 2 Análisis fisicoquímicos del grano del haba comparados con datos bibliográficos**

Parámetro	Unidad	Resultado Experimental CEANID	Datos bibliográficos
<b>Ceniza</b>	%	1,00	1,3
<b>Fibra</b>	%	1,57	4,5
<b>Grasa</b>	%	0,16	0,3
<b>Hidratos de Carbono</b>	%	14,64	18,3
<b>Humedad</b>	%	76,98	65,7
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	%	5,65	9,9
<b>Valor energético</b>	Kcal/100g	82,60	130

Fuente: Elaboración Propia, 2021

En la Tabla III-2 se pueden observar los resultados mostrándonos los parámetros de interés para la presente investigación un 5,65 % de proteína total, 82,60 Kcal/100g de valor energético y una humedad del 76,98%, lo cual, comparado con los datos bibliográficos, expuestos en la tabla mencionada como también en el Capítulo I, presenta una humedad superior a los datos biográficos, valor energético y proteínas en menor porcentaje.

### 3.1.2 Achicoria

#### 3.1.2.1 Propiedades físicas de la raíz de achicoria

Para realizar la determinación de las propiedades físicas de la raíz de achicoria, se utilizan 15 muestras tomadas al azar, que son detalladas en la tabla siguiente:

**Tabla III- 3 Propiedades físicas de la raíz de achicoria**

N° de muestras	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Peso (gr.)	Peso comestible (gr.)	Porción comestible (%)	Porción no comestible (%)
1	16,628	1,023	52,309	20,091	38,408	61,592
2	18,840	1,210	19,044	10,421	54,721	45,279
3	17,033	0,725	18,123	6,756	37,279	62,721
4	15,405	1,228	20,172	11,639	57,699	42,301
5	21,535	0,838	24,790	11,473	46,281	53,719
6	17,125	1,403	20,387	13,383	65,645	34,355
7	22,843	0,805	17,192	8,538	49,663	50,337
8	19,040	0,725	9,848	5,002	50,792	49,208
9	23,233	1,005	15,879	13,120	82,625	17,375
10	21,815	1,020	9,882	6,293	63,681	36,319
11	19,445	0,840	12,596	7,315	58,074	41,926
12	15,405	0,933	23,875	13,195	55,267	44,733
13	16,940	0,905	30,996	11,362	36,656	63,344
14	21,318	0,805	31,224	15,770	50,506	49,494
15	20,315	0,820	19,142	9,836	51,384	48,616
<b>Promedio</b>	19,128	1,148	21,697	10,946	53,245	46,755

Fuente: Elaboración Propia, 2021

La Tabla III-3 muestra los resultados promedios de las propiedades físicas de la raíz de Achicoria de las cuales se menciona que tiene una longitud de 19,128 cm., con un ancho de 1,148 cm., y peso de 21,697 gr., contando con una porción comestible del 53,245 % y una porción no comestible de 46,755 %.

### 3.1.2.2 Análisis fisicoquímicos de la raíz de achicoria

En la Tabla III-4 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de la raíz de Achicoria, hechos en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

**Tabla III- 4 Análisis fisicoquímicos de la raíz de achicoria comparados con datos bibliográficos**

Parámetro	Unidad	Resultado Experimental CEANID	Datos bibliográficos
<b>Ceniza</b>	%	1,17	---
<b>Fibra</b>	%	0,51	1,00
<b>Grasa</b>	%	0,07	0,20
<b>Hidratos de Carbono</b>	%	12,17	17,51
<b>Humedad</b>	%	84,51	80
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	%	1,57	1,40
<b>Valor energético</b>	Kcal/100g	55,59	73

Fuente: Elaboración Propia, 2021

En la tabla III-4 se puede observar los resultados los cuales nos muestran los parámetros de interés para la presente investigación un 1,57 % de proteína total, 55,59 Kcal/100g de valor energético y una humedad del 84,51%, comparado con los datos bibliográficos, expuestos en la tabla mencionada como también en el Capítulo I, presenta una humedad superior a los datos biográficos, valor energético con un menor porcentaje y proteínas en mayor porcentaje.

### 3.2 Variables de mayor relevancia que influyen en el proceso de obtención de sucedáneo de café de haba y achicoria

En el proceso de elaboración de café se tomó en cuenta una serie de operaciones de las que se puede destacar las siguientes:

**Secado:** En esta operación no se puede realizar un diseño experimental 3<sup>k</sup> debido a que el equipo utilizado trabaja a una temperatura de 45°C por lo que se imposibilita hacer

variar la temperatura, distancia de bandejas y otros. Siendo la única variable independiente que se podría controlar el tiempo de secado; por lo cual no se puede aplicar el mencionado diseño.

**Molienda:** En esta operación no se puede realizar un diseño experimental  $3^k$  debido a que el equipo utilizado tiene una única postura por lo que se imposibilita, hacerlo variar distancia de disco, velocidad de giro y otros. Siendo la única variable independiente que se puede controlar el tamaño de troceado; por lo cual no se puede aplicar el mencionado diseño.

**Tamizado:** En esta operación se puede realizar un diseño, pero no se lo hace debido a que esta operación no es relevante dentro del proceso de obtención de café de haba y achicoria. (Rengifo, 2018)

**Tostado y Mezclado:** Son las operaciones fundamentales y las más relevantes dentro del proceso de obtención de café de haba y achicoria, además que determina la calidad y las características del producto final, por estas razones se optó por aplicar un diseño experimental  $3^k$  ( $3^2$ ), que se detalla explícitamente en el punto 3.2.1

**Mezclado:** En esta operación se realiza el mezclado de ambos productos tostados, molidos y tamizados para obtener un producto final.

### **3.2.1 Diseño experimental en las operaciones de tostado y mezclado del haba y de la raíz de achicoria**

El diseño experimental en estas operaciones pretende determinar las variables temperatura y proporción de mezcla para el proceso de elaboración de sucedáneo de café de haba y achicoria, para lo cual se toma en cuenta las tablas II-2 y II-4 del Capítulo II para el diseño experimental.

Con respecto a la variable respuesta se toma en cuenta la humedad de ambas materias primas tostadas.

El diseño experimental se realiza con el asesoramiento del Ing. Ignacio Velásquez docente de la materia, el mismo que se muestra en el Capítulo II.

Para realizar el análisis estadístico del diseño experimental, se utiliza el programa SSPS 18 (stadistical package for the social sciences) para Windows. Este programa permite el tratamiento integrado de todas las fases que conlleva el análisis de datos, obteniéndose resultados más representativos y confiables. (Rengifo, 2018)

Sin embargo, al introducir los datos éste no pudo ser procesado ya que ambas materias primas tienen diferentes temperaturas de tostados y diferentes humedades (Tabla III-5), paso que se realiza de manera separada ya que si se tostaban ambas materias primas juntas una se iba a tostar antes que la otra, ya que son de diferente tamaño (longitud, ancho y espesor) y porque se ve y observa que a las temperaturas mencionadas en la Tabla III-5.

En el caso del haba en la temperatura de 140°C se obtiene un color claro. A 150°C un color medio oscuro y a los 160°C se obtiene un color oscuro; mientras que en la raíz de achicoria es diferente ya que a los 110°C se obtiene un color claro, a los 120°C se obtiene un color medio oscuro y a los 130°C se obtiene un color oscuro. es por tal motivo que usamos las temperaturas de forma independiente.

**Tabla III- 5 Diseño experimental de las operaciones de tostado y mezclado**

N° Ensayos	Haba		Achicoria		Mezcla		Mezcla
	T (°C)	CH (%)	T (°C)	CH (%)	Haba (%)	Achicoria (%)	CH (%)
1	140	1,41	110	4,17	25	75	3,31
2	150	1,22	120	3,68	25	75	3,23
3	160	1,14	130	3,32	25	75	3,07
4	140	1,42	110	4,20	50	50	3,12
5	150	1,21	120	3,68	50	50	2,91
6	160	1,12	130	3,36	50	50	2,59
7	140	1,43	110	4,21	75	25	3,49
8	150	1,21	120	3,69	75	25	2,55
9	160	1,10	130	3,37	75	25	1,98

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Es por eso que, de acuerdo a los datos obtenidos durante la parte experimental, en la cual, la más importante es la operación de tostado, pues de este proceso depende obtener un buen producto.

Se observa que el tostado más óptimo es el ensayo número 5 para obtener un buen color, sabor y aroma a la hora de realizar la destilación, como también en el dato obtenido de humedad ya que no es muy lejana a la de bibliografía que se utiliza de referencia donde la humedad del producto final de café de haba y frijol es de 2,95%.

Dado este análisis se realiza en diseño experimental en la evaluación sensorial respecto a la mezcla de ambos productos obtenidos, donde las variables serán juez, muestra y mezcla, pero de esta se elimina la mezcla ya que no hay diferencias entre las proporciones es una constante (Anexo C), y se puede observar que hay diferencias significativas entre jueces y muestras.

### **3.3 Caracterización del café de haba y achicoria**

Para caracterizar el sucedáneo de café de haba y achicoria, se toma en cuenta los siguientes parámetros.

#### **3.3.1 Evaluación sensorial del café de haba y achicoria**

Los sucedáneos de café obtenidos, muestran características diferentes con distintos tonos de color. El análisis sensorial, se realizó mediante 10 jueces, en este caso estudiantes y personas externas a la universidad, quienes calificaron el grado de satisfacción del café de haba y achicoria, empleando las 9 muestras obtenidos del diseño factorial. (Villarreal, 2013)

El modelo de test utilizado para el grado de aceptabilidad se encuentra en el anexo B.

La prueba de preferencia se evalúa mediante el método de escala hedónica donde se calificarán las características del sucedáneo: sabor, color y olor, en la cual cada juez elige entre las siguientes opciones y puntajes que se muestra en la Tabla III-6.

**Tabla III- 6 Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos de sabor, olor y color de la bebida del café de haba y achicoria**

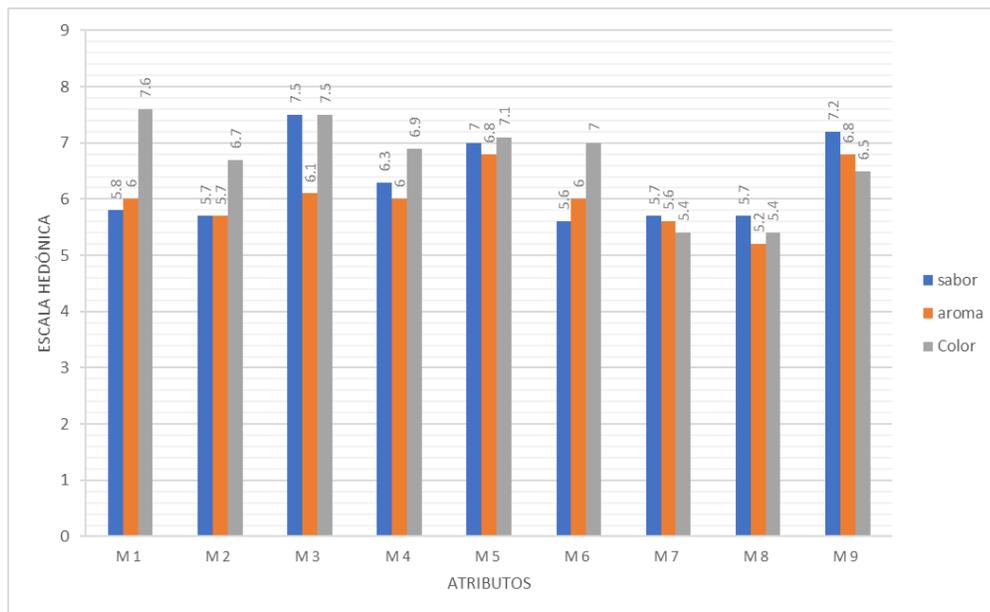
Puntaje	Escala hedónica
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta levemente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

Fuente: Elaboración propia, 2021

La evaluación sensorial se realiza de forma individual, con el objeto de no ejercer influencia sobre los demás. Las pruebas se realizan en un ambiente tranquilo, amplio, higiénico y con buena iluminación. A los jueces se les pide participar de la prueba, dando previa explicación de las características generales de la evaluación sensorial y la responsabilidad que ellos tienen como jueces al determinar la calidad de café. Se les entregan las encuestas y se procede con la degustación de las 9 muestras de café dando la calificación respectiva a cada característica. (Segovia, 2018)

La evaluación sensorial se realiza en 2 grupos y horarios distintos como se muestran en las encuestas aplicadas Anexo B. Se tabulan los resultados y con la información obtenida se determinan los promedios finales de cada característica en cada muestra.

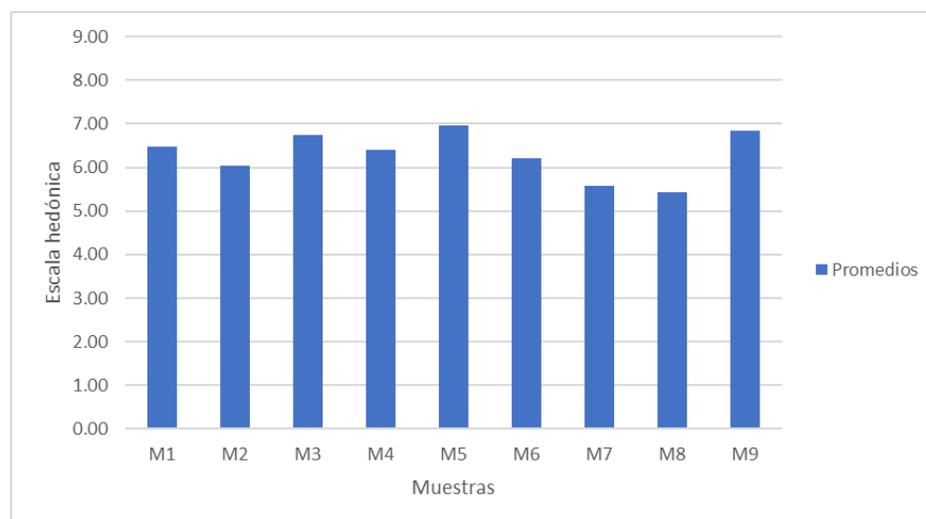
**Figura 3- 1 Resultados del análisis sensorial del café de haba y achicoria**



Fuente: Elaboración propia, 2021

En la figura 3-1, se puede observar los valores de los atributos sabor, aroma y color de cada muestra obtenidas en la evaluación sensorial. En el Anexo C se encontrarán los resultados de los análisis organolépticos de las 9 muestras según la escala hedónica.

**Figura 3- 2 Resultado final del análisis sensorial del café de haba y achicoria**



Fuente: Elaboración propia, 2021

En la figura 3-2 se puede observar que la muestra N°5 de acuerdo a los promedios obtenidos de cada muestra, establecidos por la escala hedónica, razón por la cual se estableció como la muestra seleccionada. Es importante resaltar que este sucedáneo del café, posee un color oscuro en cuanto a aspecto, presenta un aroma muy agradable y un sabor más asemejado al café.

### 3.4 Análisis fisicoquímico del producto final

#### 3.4.1 Análisis fisicoquímico del café de haba y achicoria

La tabla III-7 muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al café de haba y achicoria Anexo A, obtenida de la operación de tamizado en el proceso de elaboración, los mismos que fueron realizados por el CEANID.

**Tabla III- 7 Análisis fisicoquímico del café de haba y achicoria**

Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Resultado
<b>Ceniza</b>	%	8,21
<b>Fibra</b>	%	17,18
<b>Grasa</b>	%	1,97
<b>Hidratos de Carbono</b>	%	53,48
<b>Humedad</b>	%	2,68
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	%	16,48
<b>Valor energético</b>	Kcal/100g	297,57

Fuente: CEANID, 2021

En la Tabla III-7 se observa que el café de haba y achicoria presenta un alto contenido de hidratos de carbono, su valor es de 53,48 g/100g de café de haba y achicoria, seguido por la cantidad de fibra que es 17,18g, la proteína 16,48 g/100g de café lo cual hace que el producto tenga propiedades diferentes a la del café comercial, además también cuenta con 1,97 g de grasa en cada 100 g de café de haba y achicoria.

Se puede mencionar que el café de haba y achicoria contiene un bajo nivel de agua que es 2,68 g. en cada 100g de producto lo que hace que el mismo tenga las características de un café.

**CAPITULO IV**  
**BALANCE DE MATERIA Y**  
**ENERGIA**

#### 4.1 Balance de materia y energía para el proceso de obtención de café de haba y achicoria

##### 4.1.1 Balance de materia en el café de haba

En las etapas de recolección y lavado no se tienen pérdidas de masa y energía, ya que no sufren ningún proceso de transformación, por tanto, se realiza el balance de materia y energía para la muestra 5, la misma que es seleccionada en el análisis sensorial.

##### 4.1.1.1 Balance de materia en el pelado de la vaina de haba

PVH= peso de la vaina de haba (g.)

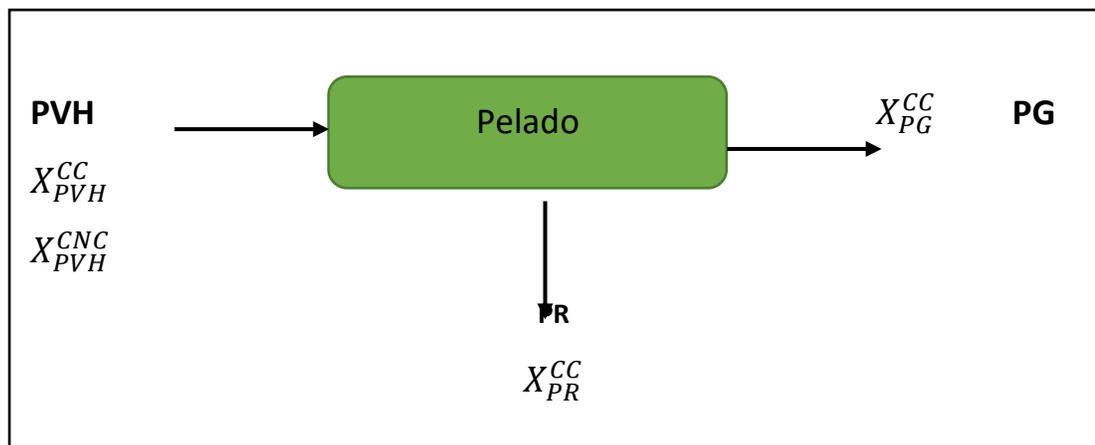
PR= peso residuo de haba(cascara) (g.)

PG= peso grano (grano pelado) (g.)

$X_{PVH}^{CC}$  = Composición comestible del haba (%)

$X_{PVH}^{CNC}$  = composición no comestible del haba (%)

**Figura 4- 1 Balance de materia en el proceso de pelado**



Fuente: Elaboración propia, 2021

##### Datos:

PVH= 1000,180 g.

$X_{PVH}^{CC}$  = 0,46154

$$X_{PVH}^{CNC} = 0,53846$$

**Balance global de materia en el pelado del grano de haba**

$$PVH = PG + PR \dots\dots\dots (1)$$

**Balance parcial de materia para la composición comestible de haba**

$$PVH * X_{PVH}^{CC} = PG * X_{PG}^{CC} + PR * X_{PR}^{CC} = \dots\dots\dots (2)$$

PG= 461,923 g.

**Balance parcial de materia para la composición no comestible de grano de haba**

$$PVH * X_{PVH}^{CNC} = PG * X_{PG}^{CNC} + PR * X_{PR}^{CNC} = \dots\dots\dots (3)$$

PR= 538,557 g.

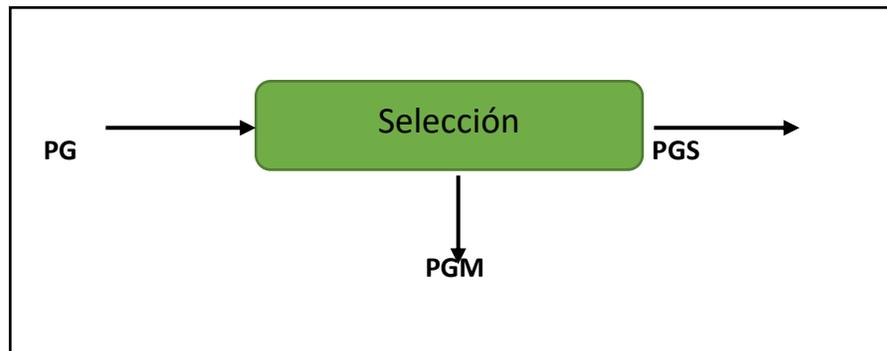
**4.1.1.2 Balance de materia en la selección del grano de haba**

PG= grano de haba (g.)

PGM= peso de grano de haba en mal estado (g.)

PGS= peso de grano de haba seleccionado (g.)

**Figura 4- 2 Balance de materia en la selección del grano de haba**



Fuente: Elaboración propia, 2021

Datos:

PG= 461,923 g.

PGM=135,921 g.

#### **Balance global de materia en la selección del grano de haba**

$$PG = PGS + PGM \dots\dots\dots (4)$$

PGS= 326,002 g. de grano de haba seleccionada

#### **4.1.1.3 Balance de materia en el secado del grano de haba**

PGS= Peso grano de haba seleccionada

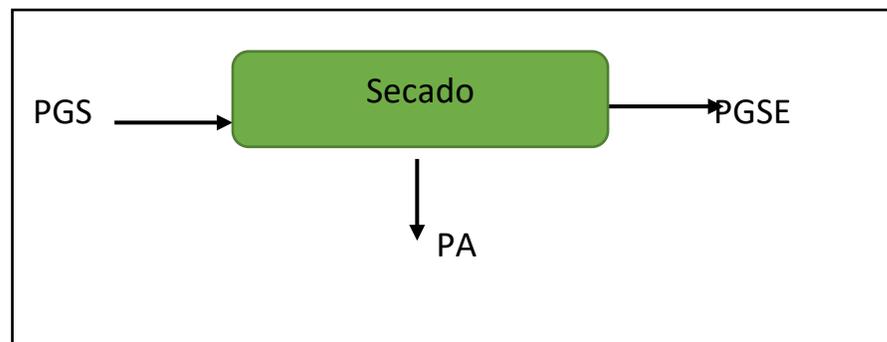
PGSE= Peso grano de haba seca

PA = Pérdida de agua del grano de haba en el secado

$X^{PGS}$  = Humedad en base seca del haba a la entrada (kg. agua/ kg. sólido seco)

$X^{PGSE}$  = Humedad en base seca del haba a la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)

**Figura 4- 3 Balance de materia en el secado del grano de haba**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

PGS= 326,002 g

$X^{PGS}$  = 0,7848 g. agua/ g. sólido seco

$X^{PGSE}$  = 0,120 g. agua / g. sólido seco

#### **Balance global de materia en el tostado del grano de haba**

$$PGS = PA + PGSE \dots\dots\dots (5)$$

### Balance de humedad

$$PSEC * X^{PGS} = PA * X^{PA} + PGSE * X^{PGSE} = \dots\dots\dots (6)$$

Los resultados obtenidos son:

PA= 246,279 g. de agua

PGSE=79,725 g. de haba seca

#### 4.1.1.4 Balance de materia en el tostado del grano de haba

PGSE =Peso de grano de haba seca

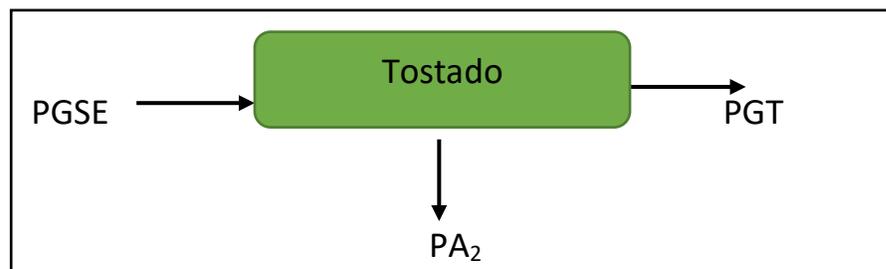
PGT= Peso de grano de haba tostada

WS= Pérdida de agua del grano de haba

$X^{PSEC}$  = Humedad en base seca del haba a la entrada (kg. agua/kg. sólido seco)

$X^{PGT}$  = Humedad en base seca del haba a la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)

**Figura 4- 4 Balance de materia en el tostado del grano de haba**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

PGSE= 79,725 g. de haba seca

$X^{PSEC} = 0,120$  g. agua/ g. sólido seco

$X^{PGT} = 0,0121$  g. agua / g. sólido seco

### Balance global de materia en el tostado del grano de haba

$$PGSE = PA_2 + PGT \dots\dots\dots (7)$$

### Balance de humedad

$$PGSE * X^{PSEC} = PA_2 * X^{PA2} + PGT * X^{PGT} \dots\dots\dots (8)$$

Se tienen los siguientes resultados

$PA_2 = 8,707$  g. de agua

$PGT = 71,074$  g. de haba tostada

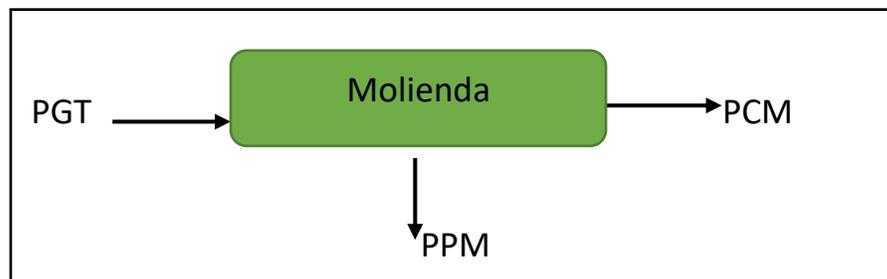
#### 4.1.1.5 Balance de materia en la molienda del grano de haba

$PGT$  = Peso de grano tostado (g.)

$PCM$  = Peso de haba molida (g.)

$PPM$  = Pérdida de peso del grano de haba molida (g.)

**Figura 4- 5 Balance de materia en el secado del grano de haba**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

$PGT = 71,074$  g. de haba tostada

$PCM = 70,398$  g. de haba molida

### Balance global en la molienda del grano

$$PGT = PCM + PPM \dots\dots\dots (9)$$

PPM= 0,676 g de pérdida durante la molienda

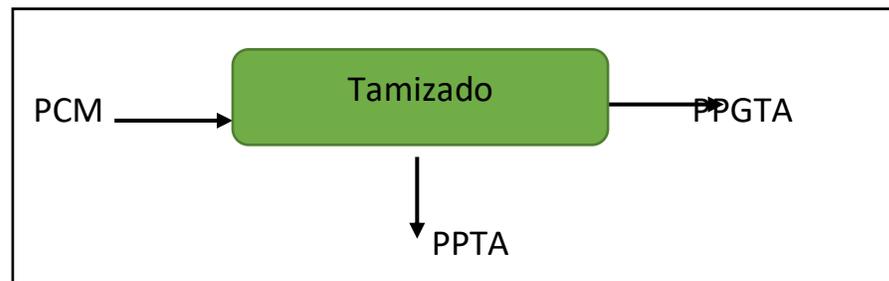
#### 4.1.1.6 Balance de materia en el tamizado del grano de haba

PCM= Peso de haba molida (g.)

PPTA = Pérdida de peso del grano de haba tamizado (g.)

PGTA= Peso de grano de haba tamizado (g.)

**Figura 4- 6 Balance de materia en el tamizado del grano de haba**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

PCM= 70,398 g. de haba molido

PGTA= 68,624 g de haba tamizado

#### **Balance global en el tamizado de grano de haba molido**

$$PCM = PGTA - PPTA \dots\dots\dots (10)$$

PPT= 1,774 g. de pérdida durante el tamizado

#### 4.1.2 Balance de materia y energía en el café de achicoria

En las etapas de recolección y lavado no se tienen pérdidas de masa y energía, ya que no sufren ningún proceso de transformación, por tanto, se realiza el balance de materia y energía para la muestra 5, que es seleccionada en el análisis sensorial.

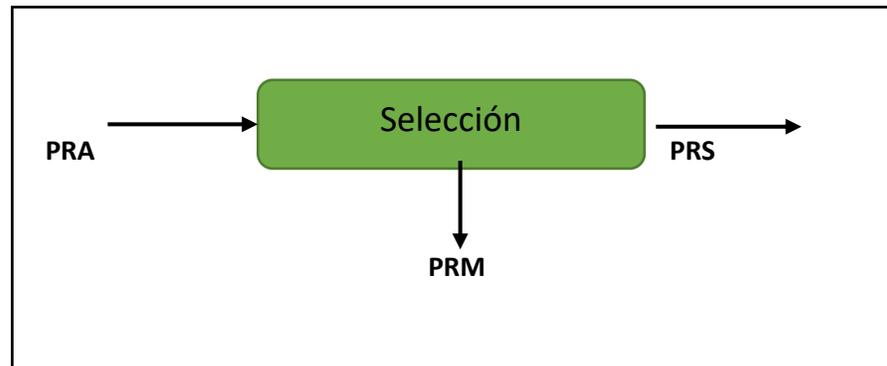
##### 4.1.1.1 Balance de materia en la selección de la raíz de achicoria

PRA= peso de raíz de achicoria (g.)

PRM= peso de raíz de achicoria en mal estado (g.)

PRS= peso de raíz de achicoria seleccionada (g.)

**Figura 4- 7 Balance de materia en la selección de la raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración propia, 2021

Datos:

PRA= 1441,08 g.

PRM= 766,510 g.

#### **Balance global de materia en la selección de la raíz de achicoria**

$$PR = PRS + PRM \dots\dots\dots (11)$$

PRS= 674,57 g. de raíz de achicoria seleccionada

#### **4.1.1.3 balance de materia en el secado de la raíz de achicoria**

PRS= Peso de raíz de achicoria seleccionada (g.)

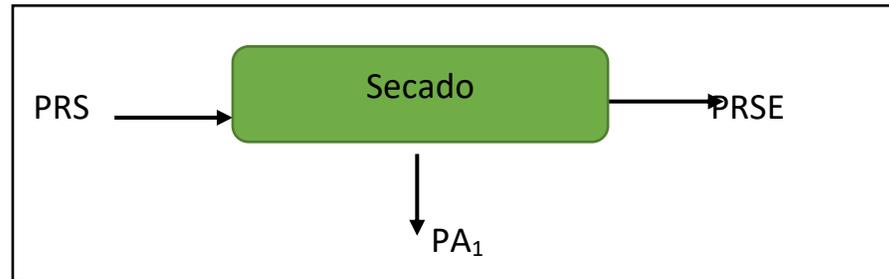
PRSE= Peso de raíz de achicoria seca (g.)

PA<sub>1</sub> = Pérdida de agua de la raíz de achicoria en el secado (g.)

$X^{PGS}$  = Humedad en base seca de la raíz de achicoria a la entrada (kg. agua/ kg. sólido seco)

$X^{PGSE}$  = Humedad en base seca de la raíz de achicoria a la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)

**Figura 4- 8 Balance de materia en el secado de la raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

$$PRSE = 674,57 \text{ g}$$

$$X^{PRS} = 0,8139 \text{ g. agua/ g. sólido seco}$$

$$X^{PRSE} = 0,1230 \text{ g. agua / g. sólido seco}$$

#### **Balance global de materia en el secado de raíz de achicoria**

$$PRSE = PA_1 + PRSE \dots\dots\dots (12)$$

#### **Balance de humedad**

$$PRSE * X^{PRS} = PA_1 * X^{PA1} + PRSE * X^{PRSE} = \dots\dots\dots (13)$$

Se tienen los siguientes resultados:

$$PA_1 = 531,423 \text{ g. de agua}$$

$$PRSE = 143,146 \text{ g. de raíz de achicoria seca}$$

#### **4.1.1.4 Balance de materia en el tostado de la raíz de achicoria**

PRSE Peso de raíz de achicoria seca (g.)

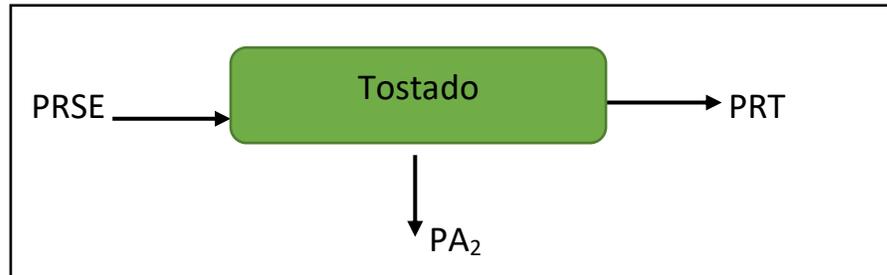
PRT= Peso de raíz de achicoria tostada (g.)

PA<sub>2</sub>= Pérdida de agua de la raíz de achicoria (g.)

$X^{PRSE}$  = Humedad en base seca de la raíz de achicoria a la entrada (kg. agua/kg. sólido seco)

$X^{PRT}$  = Humedad en base seca de la raíz de achicoria la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)

**Figura 4- 9 Balance de materia en el secado de raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

PRSE= 143,146 g. de raíz de achicoria seca

$X^{PRSE} = 0,1230$  g. agua/ g. solido seco

$X^{PRT}=0,0368$  g. agua / g. solido seco

**Balance global de materia en el tostado de raíz de achicoria**

$$PRSE = PA_2 + PRT \dots\dots\dots (14)$$

**Balance de humedad**

$$PRSE * X^{PRSE} = PA_2 * X^{WS2} + PRT * X^{PRT} \dots\dots\dots (15)$$

Se tienen los siguientes resultados:

$PA_2= 12,810$  g. de agua

$PRT=130,353$  g. de raíz de achicoria tostada

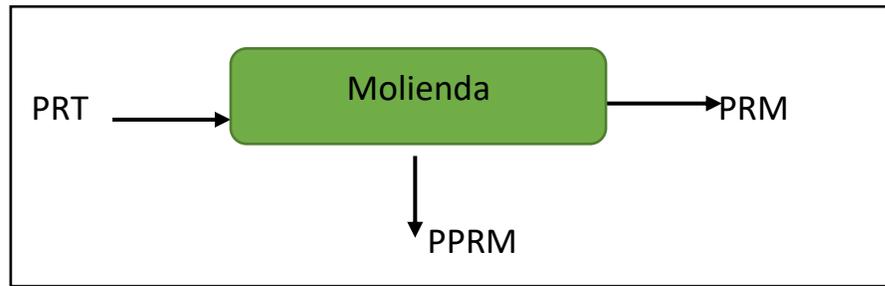
**4.1.1.5 Balance de materia en la molienda de la raíz de achicoria tostada**

PRT = Peso de raíz tostada (g.)

PRM= Peso de raíz molida (g.)

PPRM= Pérdida de peso de la raíz de achicoria molida (g.)

**Figura 4- 10 Balance de materia en el secado de raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

PRT= 130,353 g. de raíz de achicoria tostada

PRM= 129,013 g. de raíz de achicoria molida

**Balance global en la molienda de la raíz**

$$PRT = PRM + PPRM \dots\dots\dots (16)$$

PPM= 1,340 g de pérdida durante la molienda

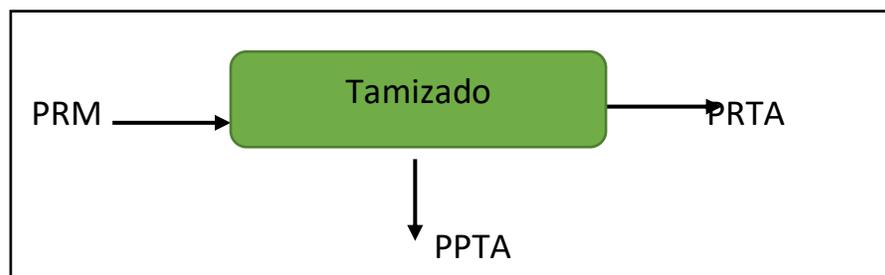
**4.1.1.6 Balance de materia en el tamizado de la raíz de achicoria**

PRM= Peso de raíz de achicoria molida (g.)

PPTA = Pérdida de peso de la raíz de achicoria tamizada (g.)

PRTA= Peso de la raíz de achicoria tamizada (g.)

**Figura 4- 11 Balance de materia en el tamizado de raíz de achicoria**



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Datos:

PRM= 129,013g. de raíz de achicoria molida

PRTA= 127,144 g de raíz de achicoria tamizada

#### **Balance global en el tamizado de la raíz de achicoria molida**

$$PRM = PRTA - PPTA \dots\dots\dots (17)$$

PPT= 1,869 g. de perdida durante el tamizado

#### **4.1.2 Balance de materia de la mezcla**

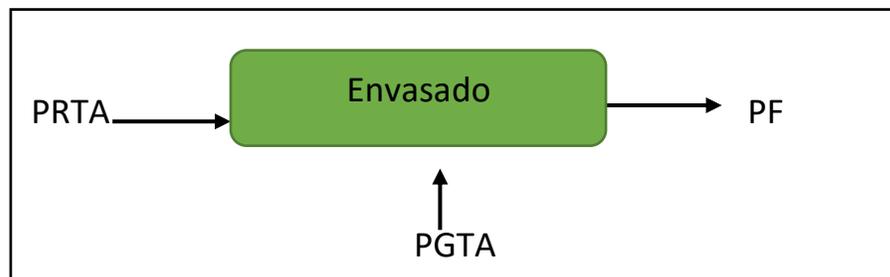
PRTA= Peso de raíz de achicoria tamizado (g.)

PGTA= Peso de haba tamizado (g.)

$X_{PRTA}$ =Proporción de raíz de achicoria tamizada en la mezcla (%)

$X_{PGTA}$ =Proporción de haba tamizada en la mezcla (%)

**Figura 4- 12 Balance de materia en el envasado de café de haba y achicoria**



Fuente: Elaboración propia, 2021

Datos:

PRTA= 127,144 g.

PGTA=68,624 g.

$X_{PRTA}$ = 0,5

$X_{PGTA}$ = 0,5

**Balance global en el envasado de café de haba y achicoria**

$$PF = PRTA + PGTA \dots\dots\dots (18)$$

PF= 97,884 g. de café de haba y achicoria

**4.1.3 Cálculo de rendimiento de producto final**

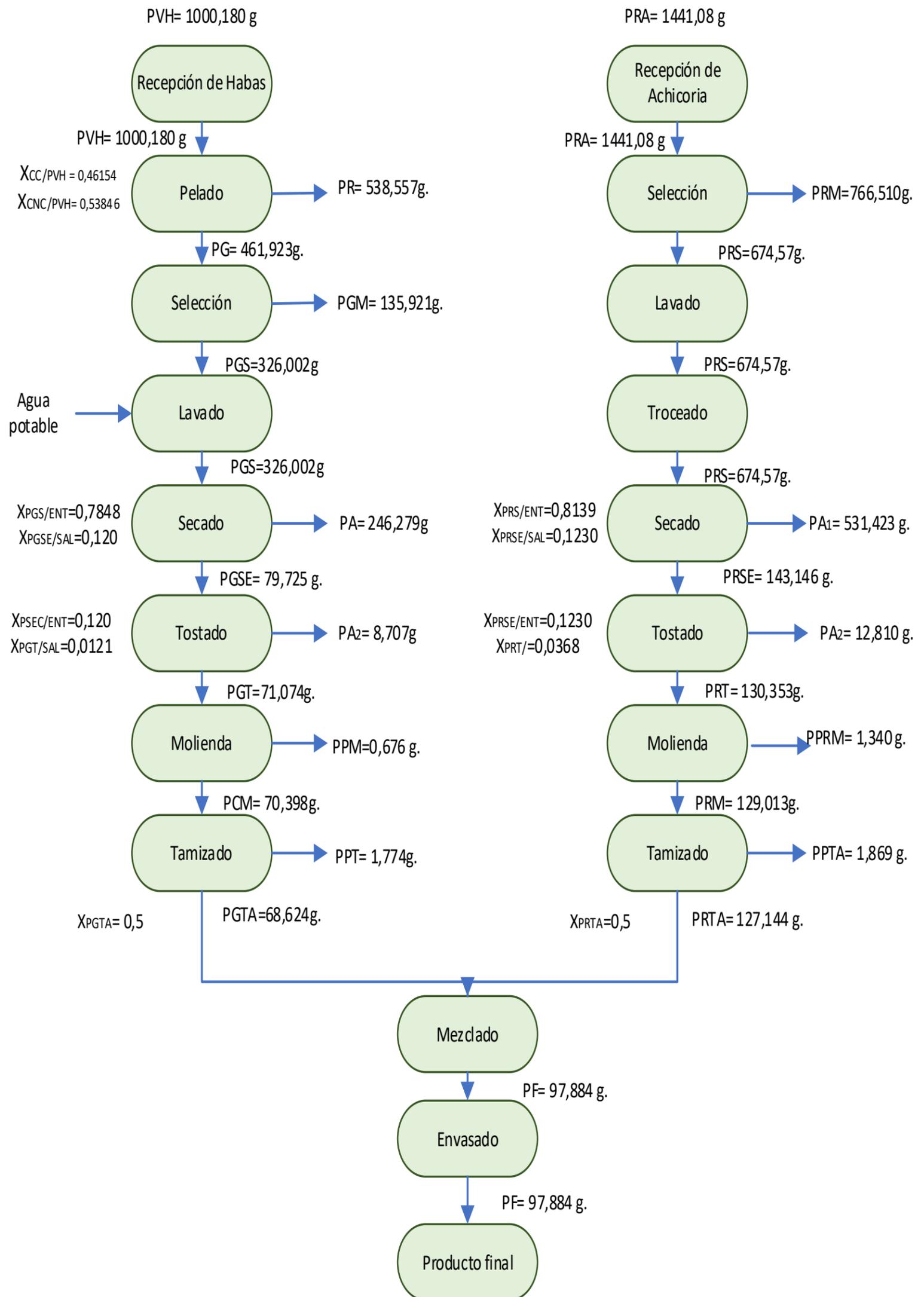
Masa inicial= 1000,572 g.

Masa final= 201,427 g.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa final de cafe de haba y achicoria}}{\text{masa inicial( materia prima)}} * 100 \dots\dots\dots (19)$$

Rendimiento= 20,131%

**Figura 4-13** Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de café de haba y achicoria



Fuente: Elaboración propia, 2021

#### **4.1.2 Balance de energía en el café de haba y achicoria**

##### **4.1.2.1 Balance de energía en el proceso de secado de haba**

###### **Cálculo de calor requerido para el secado del haba**

El calentamiento se realiza durante 20 horas que equivalen a 72000 segundos para alcanzar la temperatura de 45°C de la superficie interna del secador, con la siguiente ecuación:

$$Q=Q*t..... (20)$$

Donde:

Q= Calor para calentar la superficie interna del secador a 45°C

Q= flujo de calor del secador (1000W)

T= tiempo necesario para el calentamiento

Reemplazando datos en la ecuación 20, se tiene:

$$Q=(1kJ/s) /*(72000s)$$

$$Q= 72000 KJ \text{ o } 17196.9 \text{ Kcal}$$

##### **4.1.2.2 Balance de energía en el proceso de secado de la raíz de achicoria**

###### **Cálculo de calor requerido para el secado de la raíz de achicoria**

El calentamiento se realiza durante 21 horas que equivalen a 75600 segundos para alcanzar la temperatura de 45°C de la superficie interna del secador por lo cual con la siguiente ecuación:

$$Q=Q*t..... (21)$$

Donde:

Q= Calor para calentar la superficie interna del secador a 45°C

Q= flujo de calor del secador (1000W)

T= tiempo necesario para el calentamiento

Reemplazando datos en la ecuación 21, se tiene:

$$Q=(1\text{kJ/s}) \cdot (75600\text{s})$$

$$Q= 75600 \text{ kJ o } 18056.75 \text{ kcal}$$

#### 4.1.2.3 Balance de energía en el proceso de tostado de haba

Cálculo de flujo de energía de la fuente de calor del quemador de gas

El poder calorífico del gas propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) es de 2045,4 KJ/kg.

Consumo de gas  $m= 0,002971 \text{ kg/s}$

El flujo de calor del quemador es:

$$Q= q(m) \dots\dots\dots (22)$$

Donde:

$Q=$  flujo de calor del quemador

$q=$  poder calorífico del gas propano

$m=$  consumo de gas

Reemplazando valores en la ec. Anterior

$$Q= 2045,4 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} (0,002791 \frac{\text{kg}}{\text{s}})$$

$$Q= 6,077\text{KJ/s}$$

#### 4.1.2.3.1 Cálculo de calor requerido para calentar la superficie del tostador manual

El calentamiento se realiza durante 5 minutos que equivalen a 300 segundos para alcanzar la temperatura de  $150^\circ\text{C}$  de la superficie interna del tostador por lo cual con la siguiente ecuación:

$$Q=Q \cdot t \dots\dots\dots (23)$$

Donde:

$Q=$  Calor para calentar la superficie interna del tostador manual a  $150^\circ\text{C}$

$t=$  tiempo necesario para el calentamiento

Reemplazando datos en la ecuación 33, se tiene:

$$Q=(6,077\text{KJ/s}) \cdot (300\text{s})$$

$$Q= 1820,1 \text{ KJ o } 435,014 \text{ Kcal}$$

#### 4.1.2.3.2 Cálculo de calor requerido para el tostado del grano de haba

La transferencia de calor es por conducción por lo tanto se aplica la ley de Fourier

$$Q= k \frac{2fL(T_1 - T_2)}{\ln \frac{r_1}{r_0}} \dots\dots\dots (24)$$

Donde:

Q= calor requerido para el tostado

k= conductividad térmica del aluminio

L= longitud del tambor

T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>= temperaturas superficiales del tostador

r<sub>0</sub> y r<sub>1</sub>= radios del tambor

reemplazando en la ec 34:

$$Q= 200,9 \frac{2 \cdot 3,1415 \cdot 0,22 \cdot (151,5 - 150)}{\ln \frac{0,111}{0,11}}$$

$$Q= 3991,414 \text{ Kw o } 953,97 \text{ kcal/s}$$

El calor necesario para el tostado del grano de haba se calcula reemplazando datos en la ec. 23. El tiempo de tostado es de 17 minutos.

$$Q= 953,97 \cdot 1020$$

$$Q= 973049,4 \text{ Kcal}$$

#### 4.1.2.3.3 Cálculo de flujo de calor de los granos de haba

$$Q= mC_p (T_2 - T_1)$$

$$\dots\dots\dots (25)$$

Donde:

$m$ = flujo másico del producto (granos de haba) (0,000062121 kg/s)

$C_p$ = calor específico de los granos de haba

$T_2$ = temperatura de tostado (150°C)

$T_1$ = temperatura inicial (5°C)

Cálculo del calor específico de los granos de haba ( $C_p$ ), usando la ecuación de Choi y Oikos, (1983)

$$C_p = 4,180M_a + 1,711M_p + 1,928 M_g + 1,547M_c + 0,908M_m \dots\dots\dots (26)$$

Donde:

$a$ = humedad

$p$ = proteína

$g$ = grasa

$c$ = carbohidratos

$m$ = cenizas

**Tabla IV- 1 Composición del grano de haba**

Parámetro	Resultado en g.	Resultado en kg.
<b>Cenizas</b>	1	0,001
<b>Grasa</b>	0,16	0,00016
<b>Humedad</b>	76,98	0,07698
<b>Proteína total (Nx6.25)</b>	5,65	0,00565
<b>Carbohidratos</b>	14,64	0,01464

Fuente: CEANID, 2021

Reemplazando en la ecuación (26), se tiene:

$$C_p = 4,180(0,07698) + 1,711(0,00565) + 1,928(0,00016) + 1,547(0,01464) + 0,908(0,001)$$

$$C_p = 0,35 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$

Cálculo de flujo de calor de los granos de haba, aplicando la ecuación. (25)

$$Q = 0,000062121 \text{ kg/s} (0,35 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C})(150-5)^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,003152 \text{ KJ/s} \text{ o } 0,0007535 \text{ Kcal/s}$$

El tiempo de tostado es de 17 minutos, por tanto

$$Q = Q \cdot t \dots\dots\dots (27)$$

$$Q = 0,0007535 \text{ Kcal/s} \cdot 1020 \text{ s}$$

$$Q = 0,76857 \text{ Kcal}$$

#### 4.1.2.3.4 Cálculo de calor requerido para el tostado del grano de haba

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{CALENTAMIENTO}} + Q_{\text{TOSTADO}} + Q_{\text{CAFE}} \dots\dots\dots (28)$$

Reemplazando valores en la ecuación se tiene:

$$Q_{\text{TOTAL}} = 435,014 \text{ Kcal} + 973049,4 \text{ Kcal} + 0,76857 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 973485,18 \text{ Kcal}$$

#### 4.1.2.4 Balance de energía en el proceso de tostado de la raíz de achicoria

Cálculo de flujo de energía de la fuente de calor del quemador de gas

El poder calorífico del gas propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) es de 2045,4 KJ/kg.

Consumo de gas  $m = 0,002971 \text{ kg/s}$

El flujo de calor del quemador es:

$$Q = q(m) \dots\dots\dots (29)$$

Donde:

$Q$  = flujo de calor del quemador

$q$  = poder calorífico del gas propano

$m$  = consumo de gas

Reemplazando valores en la ecuación anterior

$$Q = 2045,4 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} (0,002791 \frac{\text{kg}}{\text{s}})$$

$$Q = 6,077 \text{KJ/s}$$

#### **4.1.2.3.1 Cálculo de calor requerido para calentar la superficie del tostador manual**

El calentamiento se realiza durante 3 minutos que equivalen a 180 segundos para alcanzar la temperatura de 120°C de la superficie interna del tostador por lo cual con la siguiente ecuación:

$$Q = Q \cdot t \dots \dots \dots (30)$$

Donde:

Q= Calor para calentar la superficie interna del tostador manual a 120°C

t= tiempo necesario para el calentamiento

Reemplazando datos en la ecuación 40, se tiene:

$$Q = (6,077 \text{KJ/s}) / *(180\text{s})$$

$$Q = 1093,86,1 \text{ KJ o } 261,439 \text{ Kcal}$$

#### **4.1.2.3.2 Cálculo de calor requerido para el tostado de la raíz de achicoria**

La transferencia de calor es por conducción por lo tanto se aplica la ley de Fourier

$$Q = k \frac{2fL(T_1 - T_2)}{\ln \frac{r_1}{r_0}} \dots \dots \dots (31)$$

Donde:

Q= calor requerido para el tostado

k= conductividad térmica del aluminio

L= longitud del tambor

T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>= temperaturas superficiales del tostador

$r_0$  y  $r_1$  = radios del tambor

Reemplazando en la ec 41

$$Q = 200,9 \frac{2 * 3,1415 * 0,22 * (121,5 - 120)}{\ln \frac{0,111}{0,11}}$$

$$Q = 3991,414 \text{ KW o } 953,97 \text{ kcal/s}$$

El calor necesario para el tostado de la raíz de achicoria se calcula reemplazando datos en la ecuación. 30. El tiempo de tostado es de 11 minutos.

$$Q = 953,97 * 660$$

$$Q = 629620,2 \text{ Kcal}$$

#### 4.1.2.3.3 Cálculo de flujo de calor de la raíz de achicoria

$$Q = mC_p(T_2 - T_1) \dots \dots \dots (32)$$

Donde:

$m$  = flujo másico del producto (raíz de achicoria) (0,000062121 kg/s)

$C_p$  = calor específico de la raíz de achicoria

$T_2$  = temperatura de tostado (150°C)

$T_1$  = temperatura inicial (5°C)

Cálculo del calor específico de la raíz de achicoria ( $C_p$ ), usando la ecuación de Choi y Oikos, (1983)

$$C_p = 4,180M_a + 1,711M_p + 1,928 M_g + 1,547M_c + 0,908M_m \dots \dots \dots (33)$$

Donde:

$a$  = humedad

$p$  = proteína

$g$  = grasa

$c$  = carbohidratos

m= cenizas

**Tabla IV- 2 Composición de la raíz de achicoria**

Parámetro	Resultado en g.	Resultado en kg.
<b>Cenizas</b>	1,17	0,00117
<b>Grasa</b>	0,07	0,00007
<b>Humedad</b>	84,51	0,08451
<b>Proteína total (Nx6.25)</b>	1,57	0,00157
<b>Carbohidratos</b>	12,17	0,01217

Fuente: CEANID, 2021

Reemplazando en la ecuación (33), se tiene:

$$C_p = 4,180(0,08451) + 1,711(0,00157) + 1,928(0,00007) + 1,547(0,01217) + 0,908(0,00117)$$

$$C_p = 0,37 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$

Cálculo de flujo de calor de la raíz de achicoria, aplicando la ecuación (32)

$$Q = 0,000063131 \text{ kg/s} (0,37 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C})(120-3)^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,002733 \text{ KJ/s} \text{ o } 0,0006532 \text{ Kcal/s}$$

El tiempo de tostado es de 11 minutos, por tanto

$$Q = Q \cdot t \dots\dots\dots (34)$$

$$Q = 0,0006532 \text{ Kcal/s} \cdot 660 \text{ s}$$

$$Q = 0,4311 \text{ Kcal}$$

#### 4.1.2.3.4 Cálculo de calor requerido para el tostado de la raíz de achicoria

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{CALENTAMIENTO}} + Q_{\text{TOSTADO}} + Q_{\text{CAFE}} \dots\dots\dots (35)$$

Reemplazando valores en la ecuación se tiene:

$$Q_{\text{TOTAL}} = 261,439 \text{ Kcal} + 629620,2 \text{ Kcal} + 0,4311 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 629882,07 \text{ Kcal}$$

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

En la presente investigación aplicada para la elaboración de un sucedáneo de café a partir de haba y achicoria, según los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Conforme al primer objetivo específico que es realizar la caracterización fisicoquímica de ambas materias primas en el CEANID. Los análisis de laboratorio realizados para el haba cultivada en la localidad de Iscayachi y para la raíz de achicoria cultivada en la comunidad de San Mateo, se concluye que estas cuentan con las características óptimas para la elaboración del café.
- ✓ Se realiza el balance de materia y energía del proceso obteniendo los resultados de un producto final de 97,884 g. con un rendimiento del 20,131%.
- ✓ En cuanto a los resultados se puede observar que el diseño experimental no se puede llevar a cabo ya que el tostado de haba y achicoria se realizaron de manera separada, porque se realizó una prueba con ambas materias primas y se observó que el tostado no es uniforme.
- ✓ Las características del café obtenido son: valor energético 297,57 Kcal/100g., humedad de 2,68%, hidratos de carbono 53,48%, proteína total 16,48%, grasa 1,97%, fibra 17,18 y cenizas 8,21%. Estos datos se compararon con una norma
- ✓ Según el análisis organoléptico realizado al producto preparado filtrado con agua hervida, se obtuvo buenos resultados resaltando con más énfasis la aceptabilidad de los atributos como ser color, olor y sabor.
- ✓ De acuerdo al diseño experimental planteado se observó a la hora de desarrollar la parte experimental que ambas materias primas no pueden ser tostadas al mismo tiempo, a una misma temperatura por la diferencia de tamaño (largo, ancho y espesor) ya que se tostaría una antes que la otra. Es por eso que se realizó el diseño en la evaluación sensorial donde el margen de error fue mínimo.
- ✓ En función al análisis organoléptico realizado para definir los mejores atributos que presente el café de haba y achicoria elaborado según el diseño factorial

planteado, se llegó a la conclusión que el café debe ser elaborado bajo las siguientes condiciones: en el proceso de secado de la haba el secador debe estar a una temperatura de 45 °C durante 18 horas mientras que en el caso de la raíz de achicoria el proceso dura 20 horas a la misma temperatura, ya que a partir de esto se obtuvo de acuerdo a normas del CODEX una humedad entre 12 a 12,5% como máximo para la obtención de un buen café.

- ✓ El rendimiento obtenido para el café de haba y achicoria cultivadas en Iscayachi y San Mateo es del 20,131 % con granulometría de 0,25mm. y para esto se necesitaron 1000,180 g. de haba con una porción comestible del 46,154% que es 326,002 g, después del secado se obtuvo 79,725 g con una humedad de 12% y de raíz de achicoria se necesitaron 1441,08 g con una porción apta para el proceso de 674,57 g y después del secado se obtuvo 143,146 g. con una humedad del 12,3 %.

## **5.2 Recomendaciones**

A la hora del secado se sugiere que ingrese una cantidad considerable de materia prima y antes de llegar al tiempo determinado ir controlando la humedad hasta obtener la deseada.

Se recomienda abrir y cerrar la abertura del tostador la menor cantidad de veces posible, para evitar las pérdidas de calor y humidificación de la muestra, lo cual influye en los resultados del proceso de tostado.

Realizar el estudio correspondiente para la elaboración de un sucedáneo de café de haba y achicoria instantáneo y comparar sus características nutricionales con las expuestas en este proyecto

Elaborar sucedáneo de café a partir de diversas fuentes vegetales naturales y orgánicas que no vayan en desmedro de la salud del consumidor y realizar una comparación entre el producto obtenido con el descrito en este proyecto.

Habilitar en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), un tostador adecuado para la realización de futuras investigaciones que tengan como objeto el proceso de tostado.

Realizar un estudio de prefactibilidad para sucedáneo de café a partir de haba y achicoria, para determinar mercado, costos de producción y una evaluación económica.

Realizar un estudio o proyecto para la producción de Achicoria en el Departamento de Tarija.