

# **CAPÍTULO I**

# **INTRODUCCIÓN**

## **1.1. ANTECEDENTES**

La utilización de los cultivos arbóreos para la alimentación humana y animal ha sido aplicada por décadas por las poblaciones indígenas, utilizando sus frutos como forraje o procesándolos de manera artesanal para obtener productos para consumo humano.

En las zonas áridas y semiáridas existe interés por encontrar especies que permitan adaptarse a estas condiciones climáticas a manera de atenuar la erosión y obtener un uso agrícola. Pero no es suficiente buscar estas características en una especie, sino que además es indispensable que exista la posibilidad de obtener un uso agroindustrial para darle valor agregado de los cultivos.

La aparición de nuevos productos de uso agroindustrial, permite abrir paso a nuevas posibilidades de encontrar sustitutos alimenticios de excelente calidad nutricional que pueden ser utilizados para consumo humano o animal.

La algarroba es recomendada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para combatir la desertificación y recuperar ecosistemas degradados. Además, numerosas universidades de Latinoamérica han hecho múltiples estudios que han evidenciado las excelentes propiedades nutricionales de su fruto que puede ser procesado y utilizado en la agroindustria.

En Brasil hace más de 30 años, 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. La algarroba se encuentra entre los principales sustitutos 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 el Perú se ha tratado siempre de encontrarle algún uso a la algarroba, fruto del algarrobo, haciéndose algunos estudios de investigación donde se comprueba que de la pulpa triturada se obtiene un sustituto de café.

Bolivia se caracteriza por poseer una extensa superficie que forma parte de las zonas áridas donde se encuentran especies de algarrobo del género Prosopis, que presenta un interesante potencial por los productos que de él se pueden extraer.

En esa sustitución intervienen también aspectos culturales y nutricionales muy significativos.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Durante siglos, la industria alimenticia ha diseñado diversas alternativas del café, por necesidad o novedad.

En nuestro país la demanda existente de productos orgánicos se incrementa día tras día, el interés de las personas en consumir productos sanos y con menos contenido calórico y la conciencia ecológica han sido factores por los que se considera de vital importancia la implementación de un producto elaborado a base de la algarroba el mismo que no está siendo explotado totalmente por los pobladores de las zonas productoras (zonas áridas). Actualmente la búsqueda de sustitutos está más motivada por problemas de salud con la cafeína, que puede causar úlceras pépticas, exacerbar las migrañas y contribuir a patologías fibroquísticas del seno.

Es por este motivo que el presente proyecto pretende resolver la necesidad de las personas de consumir productos saludables y que no afecten a su salud. El propósito es elaborar un sucedáneo del café a base de la algarroba, un producto saludable con propiedades nutritivas y ventajas sobre el café clásico, principalmente por no contener cafeína. Podrá ser consumido por todas las personas, ya sean niños, jóvenes, o adultos sin restricción alguna,

consumidores o no del café tradicional, ya que no genera ningún perjuicio para la salud.

La algarroba, es una vaina azucarada, libre del contenido de gluten que sirve de alimento natural con alto valor nutritivo para todas las personas, de la cual se pueden elaborar diversos productos conservando un gran sabor con menos cantidad de químicos que afectan a la salud.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El café es una bebida estimulante, propiedad conferida a la cafeína, y su consumo en exceso podría causar dolores de cabeza, ritmos cardíacos anormales u otros problemas tales como ansiedad o irritación.

Hoy en día los consumidores se preocupan más por su salud y por ende buscan productos saludables y con aportes nutritivos. Por tales motivos existen en el mercado alternativas diferentes al café, como el de café de cebada, quinua y de soya.

Se ha identificado como principal problema la falta de producción de alimentos orgánicos que cuiden y beneficien la salud humana, es por ello que el mercado actual requiere ofrecer productos sanos y nutritivos, capaces de satisfacer las necesidades y exigencias del consumidor.

En el mercado local no se comercializa ningún tipo de café industrial hecho a base de algarroba como alternativa al café tradicional, con las características principales de no tener cafeína y ser altamente nutricional; sólo en algunas localidades hay personas que lo preparan pero sólo para su consumo de forma muy rudimentaria y artesanal, es decir, no han desarrollado esta idea ni mucho menos puesto en marcha como un proyecto de inversión.

### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Será posible que la algarroba se constituya un sucedáneo del café beneficioso para el consumidor final?

### **1.5. OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un sucedáneo del café a partir de algarroba (fruto del algarrobo).

### **1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características fisicoquímicas de la algarroba.
- Determinar el diseño experimental del proceso de elaboración del sucedáneo de café de algarroba.
- Realizar los balances de materia y energía del proceso de elaboración del producto.
- Determinar la influencia del tostado sobre las características del producto.
- Realizar la evaluación sensorial para determinar los atributos del producto.
- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto.

### **1.7. HIPÓTESIS**

El proceso a ser utilizado permitirá obtener a partir de la algarroba un sucedáneo del café de calidad.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

## **2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA**

### **2.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALGARROBO**

El origen del nombre algarrobo (*Prosopis Pallida*) se remonta a la época colonial cuando los españoles observan en este árbol, conocido como "tacco" en quechua, algunas cualidades parecidas a las del algarrobo europeo (*Ceratonia Siliqua*).

Hoy se sabe que el algarrobo fue utilizado desde épocas prehispánicas, gracias a los hallazgos de Antonio Raimondi, quien en uno de sus viajes encontró representaciones de deidades pre incas talladas en la madera de esta especie.

En Bolivia el algarrobo es considerado "un regalo de Dios" por los pobladores del chaco del país. Y es que a pesar de crecer en las zonas más áridas, usando mínimas cantidades de agua, ofrece múltiples beneficios de gran importancia para la región.

Este árbol tiende raíces muy profundas que una vez que encuentran una fuente de agua subterránea, no requiere de más lluvias para subsistir. A su vez, un algarrobo en pie garantiza la existencia de otras especies afines y el desarrollo de una serie de actividades económicas, además de minimizar el avance del desierto.

Sin embargo, con el tiempo se ha acentuado un grave problema: la tala del algarrobo para usarlo como leña y carbón.

Esto acelera la desertización y origina la salinización del suelo debido a la napa freática que asciende a la superficie.

Todas las especies de *Prosopis* son leguminosas arbóreas o arbustivas que presentan gran resistencia a la sequía y a la salinidad, y tienen alta capacidad de fijar nitrógeno. Sus frutos son legumbres con alto contenido de proteínas e hidratos de carbono, que varían en tamaño, color y características químicas, según la especie.

Esto hace que su cultivo sea recomendado con una doble finalidad: detener el avance de la desertificación y erosión del suelo en zonas áridas y semiáridas, y utilizar sus frutos para alimentación humana y animal en países en desarrollo.

El Chaco geográficamente ocupa en Bolivia la porción este (ver figura 2.1); se lo divide en tres regiones principales: Chaco árido, semiárido y subhúmedo.

Figura 2.1. Mapa geográfico de Bolivia



Fuente: <http://www.comercioexterior.ub.edu>

*Prosopis flexuosa* y *Prosopis chilensis*, en el Chaco árido, *Prosopis alba* y *P. nigra* en el Chaco semiárido y subhúmedo, son las especies más frecuentes e importantes.

### 2.1.2. ESPECIES DE PROSOPIS

Todas las especies *Prosopis* son originarias de los territorios áridos y semiáridos de América, con unas pocas excepciones en África y el sudeste de Asia. Entre algunas especies de *Prosopis* se encuentran:

- ***Prosopis Pallida*:**

Árbol o arbolillo de 3 a 10 m de alto, por 30 a 65 cm de diámetro, erguido, ramoso, con las ramas ascendentes, inermes, las hojas de 6 a 12 cm de largo y con 2 a 3 por nudo.

El pecíolo mide de 11-30 mm de longitud. Glándula interpeciolar pequeña, cupuliforme, sésil con poro apical. Con pinnas de 3-6 cm de largo, y tienen 12-15 pares de folíolos. Los folíolos miden 7-12 mm de largo por 3-4 mm de ancho, son elípticos, reticulados, nervados.

Las flores amarillas se disponen en racimos de 6-17 cm de largo, presentan cáliz de 1-1,2 mm de largo; corola de 3-3,2 mm de largo; estambres de 4-5,5 mm de largo; estilo de 2-2,5 mm de largo; ovario de 1,5-1,8 mm de largo. Pedicelo de 5-30 mm de longitud.

Figura 2.2. Planta *Prosopis Pallida*



Fuente: Abrams MD; Kubiske ME y Steiner KC. 1990.

En cada inflorescencia maduran 2-3 frutos. El fruto es muy dulce, de 16-25 cm de largo por 8-15 mm de ancho y 4-9 mm de grosor, recto o ligeramente falcado, semi comprimido, amarillo, con acumen de 6-21 mm de largo, curvo, glabro. Con un pedúnculo de 8–20 mm de longitud. Las semillas son oblongas de hasta 6,5 mm de largo y 5 mm de ancho. Ferreyra (1987).

- **Prosopis pugionata Burk.**

Es un árbol de 2 a 8 m de altura, glabro muy espinoso, con tronco de 1,5 a 2 m de longitud, y con 20-30 cm de diámetro, con la corteza oscura y rugosa. Presenta la copa redondeada y las ramas flexuosas.

Las espinas son axilares, uninodales geminadas, cónicas, fuertes, lisas y suaves, se ubican sobre el tallo vigoroso y tienen de 2-9,5 cm de largo, las ramas son débiles y poco resistentes. El follaje es ligero y deciduo.

Las hojas uni o biyugadas, amplias. El pecíolo de 0,5-2 cm, las pinnas 1,5-6,5 cm de largo, los foliólulos lineares glabros y opuestos de 1 a 25 pares por pinna; distantes sobre el raquis, de 1-6 mm.

Las flores dispuestas en racimos como en especies similares de la sección algarobia, son glabras por fuera, con pétalos de 3 mm de largo, también veloso.

Figura 2.3. Planta Prosopis Pugionata



Fuente: Burkart, A. 1976. A Monograph of the Genus P.

La legumbre es lineal, comprimida, submoniliforme, moteada de violeta, de 9-11 cm de largo por 8-10 mm de ancho, con 12-16 segmentos sub cuadrados u ovalados. Burkart (1976).

- **Prosopis reptans Bentham**

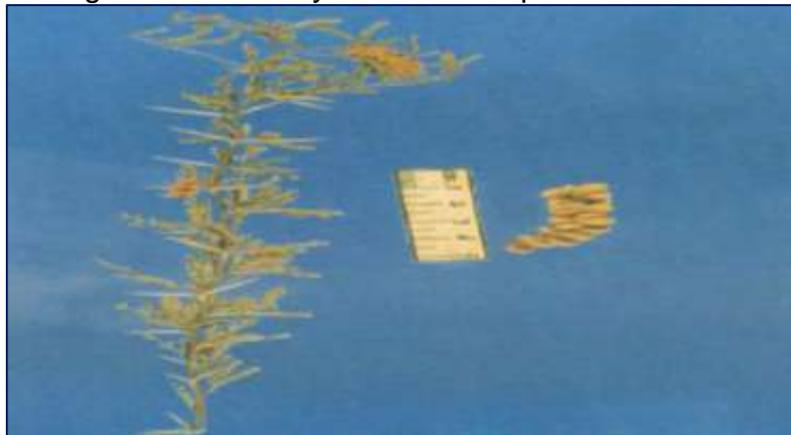
Es un arbusto típico del desierto, espinoso, que supera el metro de alto, con ramas subterráneas, con raíces gemíferas o rizomas. Muy parecido a *Prosopis strombulífera* en todos sus caracteres, pero con las hojas diferentes, hojas impresas más pequeñas, más pubescentes y de raquis corto; cabeza floral larga, globosa, la corola con estrías.

Figura 2.4. Arbustos con frutos de *Prosopis reptans*



Fuente: Burkart, A. 1976. A Monograph of the Genus P.

Figura 2.5. Rama y fruto de *P. reptans* herborizado



Fuente: Burkart, 1976. "A Monograph of the Genus P."

- **Prosopis rojasiana Burkart.**

Es un arbusto o árbol espinoso de 2-6 m de altura, subáfilo, con ramas delgadas, estriadas, glabras, verdes, espinas axilares de a pares, largas y delgadas de 1-11,5cm de largo, escasamente estriadas.

Las hojas uni yugadas, deciduas. El pecíolo es de 0,5-2 cm de largo, apicalmente expandido, más persistente que las pinnas, éstas de 1-2.5 cm de largo. Folíolos con 8 a 17 pares de folíolos oblongos, elípticos, ciliados de 1,5–4 mm de largo por 0,5-1,2 mm de ancho. Inflorescencia en espiga, flores amarillas, cáliz de 1 mm y pétalos de 2 a 2,6 mm.

Los estambres son lilas de 4,5 mm de largo, el ovario es estipitado y veloso. El fruto es una legumbre de 4-5 cm de largo y 7,8 mm de ancho, lineal, estrecha, comprimida, carnosa y rojiza. Burkart (1976).

- **Prosopis Rubriflora E. Hassler.**

Es un árbol pequeño, 5–6 m de altura, corteza grisácea, hendida longitudinalmente, permanente. El tronco de 25 cm de diámetro. El follaje es abundante, con ramas moderadamente flexuosas, castaño rojizo, anudado, las espinas son axilares, geminadas, uninodales, pequeñas, de 1cm de longitud.

Las hojas, de 3–8 yugas medianas, el pecíolo de 0,3–1,5 cm, el raquis de 3,5 cm de largo, con una glándula anular pequeña en la unión de cada par de pinnas, éstas de 1-2,5 cm de largo por 0,4–1 mm de ancho, ciliadas, uninervadas, 11-24 pares por pinna. Inflorescencia en racimos de flores axilares, más largos que las hojas, pedicelo de 0,5-0,8 mm o menos, flósculo rojo, cáliz 1,5-2 mm de largo, pétalos de 4-4,5 mm de largo, casi libre, pubescente por fuera. Estambres de 8–9 mm, rojos, largos.

La legumbre es lineal, comprimida, recta o subfalcada, 9-14 cm de largo, 1-1,7 cm de alto 0,7-0,8 cm de ancho, amarillo, carnosa, endocarpio segmentado. Burkart (1976).

- **Prosopis ruizleali Burkart**

Es un arbusto espinoso de 0,6-3 m alto, caducifolio, con espinas axilares, solitarias y geminadas. Las raíces horizontales, muy similar a *Prosopis denudans*, pero difiriendo en sus hojas más grandes; el pecíolo 0,5-2,5 cm de largo, una pinna por hoja, de 2,5-6 cm de largo, lineares, largas, de 6-12 mm de largo y 1-2 mm de ancho, glabros, distantes los más bajos alternan y el interno más bajo a menudo es abortivo.

Los racimos tienen 8 cm de largo; el fruto es similar, más grande, casi recto, de 5–17 cm de largo y 1–1,5 cm de ancho, espeso, algo comprimido, sub cuadrado, endocarpio oblicuamente ovoide. Las semillas son de 7 mm de largo; Burkart (1976).

- **Prosopis Ruscifolia Grisebach**

Es un árbol mediano de 4-15 m de alto con troncos de 70-90 cm de diámetro, latifoliado y fuertemente espinoso. Ramas arqueadas hacia abajo, flexuosas, corteza verde grisáceo, espinas uninodales, solitarias, estrechas, fuertes, cilíndricas de hasta 20 cm de largo. Entrenudos de 1-33 cm de largo, de 0,6-1,4 cm de diámetro. Las hojas uniyugas, laxas, el pecíolo 1-7,5 cm de largo, las pinnas de 4-11 cm de largo, de 2-5 pares de foliólulos, opuestos, largos y lanceolados, más o menos terminados en ángulo, coriáceos, palmati-pinatinervados, 4-10 cm de largo, por 0,7–2,5 cm de ancho, no rojizos cuando están secos.

Las flores en racimos de 8-15 cm de largo, de raquis y pedicelos pubescentes o glabros, verdes a amarillentas, pequeñas, cáliz 1–1,5 mm pubescente, pétalos de 3–4 mm de largo, glabros. Los estambres de 5–7 mm de largo.

El fruto es una legumbre compresada, submoniliforme, estipitada y subfalcada, estrecha de 13–29 cm de largo por 0,9-1,1 cm de ancho, con márgenes ondulados, fuertemente coloreados de violeta. Burkart (1976).

Figura 2.6. *Prosopis Ruscifolia*



Izquierda.-ramas de *P. Ruscifolia*. Derecho.- inflorescencia de *P. Ruscifolia*.

Fuente: Burkart, A. 1976. A Monograph of the Genus *Prosopis*.

### **2.1.3. UBICACIÓN TAXONÓMICA**

La nomenclatura y taxonomía del género *Prosopis*, especialmente en la sección *Algarobia*, son muy complejas, frecuentemente con descripciones contradictorias y conceptos sistemáticos distintos.

*Prosopis Pallida* está relativamente bien definida como especie, a pesar que se asume que todavía habrá cambios en la nomenclatura intraespecífica de *P. Pallida*, principalmente en el norte de Perú y sur de Ecuador, donde los rangos de distribución de *P. Pallida* y *P. Juliflora* se traslapan.

Tabla 2.1.- Taxonomía del algarrobo

Taxonomía	
Nombre Científico	Prosopis Pallida
Nombre Común	“Algarrobo” (zona Villamontes), “Huarango” (Departamento de Santa Cruz), “Tacco” (departamento de Tarija),
Sinónimos	Acacia cumanensis; Acacia Pallida; Acacia salinarum Re.; Prosopis affinis Spreng.; Prosopis bracteolata DC.; Prosopis cumanensis H.B.K.; Prosopis dominguensis DC.; Prosopis dulcis Kunth.; Prosopis flexuosa DC.; Prosopis fruticosa Forr.; Prosopis glandulosa Meyer; Prosopis horrida Kunth; Prosopis inermis H.B.K.; Prosopis limensis Bentham.
Familia	Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae)

Fuente: <http://www.fao.org>

#### 2.1.4. MORFOLOGÍA DE PROSOPIS PALLIDA

Morfología Prosopis Pallida es un árbol siempre verde de hasta 20 m de altura, creciendo también como arbusto bajo condiciones desfavorables. La planta forma espinas estipulares axilares de hasta 4 cm de largo aunque éstas a veces no presentan. (Figura 2.7)

Figura 2.7. Planta Prosopis Pallida



Fuente: PDRS-GIZ Sede Piura// Hartmut H. Hilger

- **Hojas**

Las hojas son verde grisáceas en estado seco, bipinnadas, finamente pubescentes, ciliadas; peciolo y raquis de 0,8-4,5 cm de largo y finamente pubescentes; lámina de 1,5-6 cm de largo, con glándulas cupuliforme en la ramificación de cada par de foliolos, y 6-15 pares de foliolos; foliolos oblongo-elípticos a ovados, obtusos y provistos de una espínula apical (mucronados), 2,5-8,3 mm de largo y 1,4-4 mm de ancho.

Figura 2.8. Hojas de algarrobo P. Pallida



Fuente: PDRS-GIZ Sede Piura// Hartmut H. Hilger

- **Inflorescencia**

La inflorescencia es 2-3 veces más larga que las hojas, con 200-300 flores cortamente pedunculadas que forman una inflorescencia racimosa cilíndrica; raquis y pedúnculos finamente pubescentes.

Figura 2.9. Inflorescencia de algarrobo *P. Pallida*



Fuente: PDRS-GIZ Sede Piura// Hartmut H. Hilger

- **Flores**

Las flores son pentámeras, actinomorfas, hermafroditas (a veces estériles), verde amarillenta y 4-6 mm de largo; el cáliz es ciliado, de 0,5-1,5 mm de largo; pétalos de 2,5-3 mm de largo, libres y villosos por dentro; los estambres son de 5-7 mm de largo; ovario estipitado y veloso.

Figura 2.10. Flores de algarrobo *P. Pallida*



Fuente: PDRS-GIZ Sede Piura// Hartmut H. Hilger

- **Fruto**

El fruto (“algarroba”) es una legumbre indehiscente, relleno de una pulpa dulce, recto a ligeramente falcado, amarillo paja en la madurez, con márgenes paralelos, pedunculado con base redondeada, agudo, a veces aproximadamente cuadrangular en corte transversal 10-25 cm de largo, 1-1,5 cm de ancho y 5-9mm de grosor y contiene hasta 30 semillas.

Figura 2.11. Fruto de algarrobo P. Pallida



Fuente: PDRS-GIZ Sede Piura// Hartmut H. Hilger

- **Semilla**

Las semillas son cuadrangulares, cafés, 6,5 mm de largo y pesan 0,25-0,3 g y presentes en un número de 20 a 30 por vaina. Algunos depredadores de las semillas son las lagartijas, quienes se las alimentan de ellas.

- **Raíz**

Posee 2 tipos de raíces bien diferenciadas, que le permiten obtener los nutrientes que requiere el árbol:

- a) Tiene una o dos raíces pivotantes de hasta 60 m de profundidad, que le permiten obtener agua a distintas profundidades.

- b) Las raíces laterales se extienden hasta por 60 m por encima de la superficie a una profundidad de 15 a 25 cm.

### **2.1.5. HÁBITAT**

El algarrobo es un árbol de tronco grueso, ramas retorcidas, copa frondosa, menudas hojas y abundante inflorescencia, que crece de manera silvestre en el chaco del país. Sin embargo, en zonas donde escasea el agua y el terreno es infértil, el algarrobo desarrolla como arbusto.

Aunque es poco frecuente hallarlo en la ciudad de Tarija, se sabe que en el chaco boliviano existen pequeños bosques de algarrobo.

Figura 2.12. Bosque de Prosopis Pallida



Fuente: PDRS-GIZ Sede Piura// Hartmut H. Hilger

## **2.2. LA ALGARROBA**

La algarroba es el fruto del algarrobo o Prosopis Pallida, tiene alto contenido de proteínas, varía según la especie en tamaño, color y características químicas.

Existen 2 tipos de algarroba, que se diferencian por su uso: la blanca (como uso culinario) y la negra (como alternativa de chocolate y en la industria farmacéutica).

Figura 2.13. Algarroba de P. Pallida



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1. PRODUCCIÓN Y COSECHA

La producción de algarroba se da a partir del quinto año de vida del Prosopis Pallida, a partir de ahí florece dos veces al año. Entre diciembre y marzo se da la principal fructificación, y entre junio y julio se produce una cantidad menor. La producción es variable por árbol y año.

Tabla 2.2. Producción según tamaño de árbol

Tamaño	Cantidad
Árbol pequeño	5 a 10 kg de algarroba
Árbol grande	40 kg de algarroba

Fuente: <http://www.cocinillas.es>

La cosecha la realizan familias rurales de manera manual en el momento óptimo, es decir cuando las algarrobas alcanzan el grado de madurez necesario para que su desprendimiento sea natural o espontáneo. (Prokopiuk, 2004).

En Bolivia la población de la zona del chaco del departamento de Tarija y en el valle central aprovechan la cosecha de la algarroba para producir diversos productos de manera rudimentaria como la algarrobina, el café de algarroba, harina de algarroba y otros derivados.

En el chaco cruceño se aprecia más este fruto introduciendo a la formulación de alimento balanceado para el ganado bovino. (Republica, 2011).

### **2.2.2. COMPOSICIÓN DE LA ALGARROBA**

La algarroba está formada por una legumbre alargada y encorvada llena de semillas. Su color varía entre el verde y el amarillo pardo una vez que está madura. El fruto no se abre para dejar salir a las semillas, sino que se dispersa junto a ellas. Se presenta en diferentes formas, tamaños, espesores y pesos. (Gonzales, definición de parámetros de calidad del café de algarroba para la elaboración de una norma técnica, 2010)

La estructura que conforma el fruto se detalla a continuación:

La pulpa representa aproximadamente el 56% del peso total del fruto. En Perú se han realizado varios estudios para determinar, lo más completamente posible, la composición química de la pulpa de *P. Pallida* (Bravo et al., 1994b); los resultados se resumen en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Composición de la pulpa de Prosopis Pallida

<b>Componentes principales (g/100 g)</b>		<b>Aminoácidos (g/100g proteína)</b>		
Azúcares solubles totales	48,5			WHO/FA O patrón
Sacarosa	46,1	Hidroxiprolina	2,13	
Fructosa	1,26	Ácido aspártico	8,51	
Glucosa	1,02	Treonina	4,68	4
Xilosa	0,27	Serina	4,96	
Fibra dietética total	32,2	Ácido glutámico	10,0	
Fibra dietética insoluble	30,6	Prolina	7	
Fibra dietética soluble	1,6		23,4	
Proteína	8,1	Glicina	0	
Suma de aminoácidos	7,1	Alanina	4,68	
Proteína resistente	2,2	Cisteína	4,26	
Grasa	0,77	Metionina	0,43	
Cenizas	3,6	Met + Cis	0,57	3,5
Taninos condensados	0,41	Valina	1,00	
Polifenoles solubles totales	0,81	Isoleucina	7,80	4
		Leucina	3,26	7
		Tirosina	7,94	
		Fenilalanina	2,84	
		Tir + Fen	2,98	6
		Lisina	5,82	5,5
		Histidina	4,26	
		Arginina	1,99	
		Triptófano	4,82	
			0,89	1

<b>Vitaminas (g/kg) muestra</b>		<b>Minerales (g/kg)</b>	
Vitamina A	No detectada	Potasio	26,5
Vitamina E	5	Sodio	1,1
Vitamina B1	1,9	Calcio	0,76
Vitamina B2	0,6	Imagnesio	0,90
Vitamina B6	2,35	Cobre	Trazas
Acido nicotínico	31	Zinc	Trazas
Vitamina C	60	Manganeso	Trazas
Ácido fólico	0,18	Hierro	0,33
Pantotenato de calcio	10,5		

Fuente: Cruz, G. (1999). La Algarroba Peruana.

El mayor componente de la pulpa es sacarosa (46,1%), y representa cerca del 90% del total de azúcares solubles. Los azúcares reductores (glucosa, fructosa y xilosa); están presentes en muy pequeñas cantidades.

La relación sacarosa/glucosa/fructosa concuerda bien con la de pulpa de mesquite. En la pulpa de *Prosopis alba* se han encontrado 59,14% de azúcares solubles totales y 27,6% de azúcares reductores (Prokopiuk et al., 2001).

El contenido de proteína cruda en la pulpa de *Prosopis* es considerablemente alto (7,1% en *Prosopis alba* y 8,1% en *P. Pallida*), teniendo en cuenta que las semillas no están incluidas (Prokopiuk et al., 2001; Rozycki et al., 1998).

De la composición aminoacídica en *P. Pallida* mostrada en la tabla 2.3, se puede ver que casi todos los aminoácidos esenciales están presentes en cantidades que satisfacen los requerimientos de la FAO/WHO (1973), lo cual indica una aceptable calidad nutricional de la proteína. Los aminoácidos limitantes son metionina y cisteína.

La digestibilidad de la proteína de la pulpa de *Prosopis* es alta: 62% para *P. alba* variedad planta; 73% para *P. Pallida*; y 75,2% para *P. Juliflora*. La fibra dietética de *P. Pallida* representa aproximadamente el 32% de la pulpa y es en su mayor parte fibra insoluble (tabla 2.3) más de la mitad de la fibra está compuesta de polisacáridos neutros. Se han publicado contenidos más altos de fibra dietética de pulpa de otras especies, aunque los métodos de análisis son distintos. El mismo análisis reporta 35% de fibra dietética en pulpa de algarroba y Zolfaghari et al. (1986) reportaron 25% de celulosa, 11% de hemicelulosa y 7% de lignina para el pericarpio de *P. glandulosa*, mientras que para *Prosopis alba* se informaron valores inferiores de fibra dietética total (26,56%) con un importante contenido de solubles (24,36%). (Prokopiuk et al., 2001).

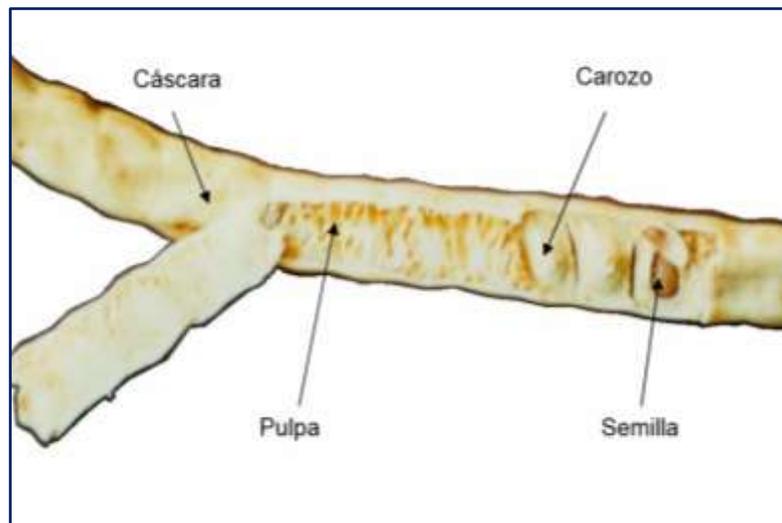
La pulpa de *P. Pallida* contiene altas cantidades de hierro y bajos niveles de calcio. También se han reportado altos niveles de hierro en *Prosopis alba*, y

P. tamarugo, pero no se indica la biodisponibilidad. Con respecto a las vitaminas, son relevantes las cantidades de vitamina C, B6 y pantotenato de calcio en la pulpa de P. Pallida. (Grados y Cruz, 1996).

### 2.2.2.1. ENDOCARPIO

El endocarpio (carozo) es una cápsula dura y fibrosa en la cual está encerrada la semilla (figura 2.14.)

Figura 2.14. Algarroba madura de P. Pallida



Fuente: Smith, 1967

La composición química del endocarpio de P. Pallida se muestra en la tabla 2.4.

La fibra dietética insoluble es el componente mayoritario del endocarpio.

Tabla 2.4. Composición de endocarpio de P. Pallida

Componentes principales (g/100 g b.s.)	
Fibra dietética	92,3
Fibra dietética insoluble	88,9
Fibra dietética soluble	3,4
Azúcares solubles	1,6
Proteína	2,3
Grasas	1,3
Cenizas	1,3
Polifenoles solubles	0,7

Fuente: Cruz, G. (1999). La Algarroba Peruana.

#### 2.2.2.2. SEMILLAS

El cotiledón de la semilla de P. Pallida contiene 65% de proteína, lo cual representa el 31% del peso de ésta. La composición de aminoácidos de las proteínas en el cotiledón se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Composición de aminoácidos en el cotiledón de semillas de Prosopis Pallida

Aminoácidos (g/100 g proteína)		
		WHO/FAO patrón
Acido aspártico	8,3	
Treonina	2,42	4
Serina	4,87	
Ácido glutámico	21,31	
Prolina	7,49	
Glicina	4,59	
Alanina	4,34	
Cisteina	1,31	
Metionina	0,88	
Met + cis	2,19	3,5
Valina	4,56	
Isoleucina	3,09	4
Leucina	7,51	7
Tirosina	1,84	
Fenilalanina	4,29	
Tir + fen	6,13	6
Lisina	4,09	5,5
Histidina	3,1	
Arginina	14,63	
Triptófano	1,37	1

Fuente: Cruz, G. (1999). La Algarroba Peruana.

### 2.2.3. TIPOS DE ALGARROBAS

Existen dos tipos de Algarroba: la blanca y la negra (figura 2.15). Las variedades de vainas blancas son las más extendidas.

Se distinguen unas de otras por el color, grosor, longitud del fruto y a veces al no estar clasificadas, las variedades se confunden por sus nombres. Por lo general, las variedades más cultivadas en Bolivia suelen ser unisexuales,

con flores sólo masculinas o sólo femeninas, aunque también hay plantaciones con variedades de flores hermafroditas.

Figura 2.15. Algarroba blanca (izquierda), algarroba negra (derecha).



Fuente: Cruz, G. (1999). La Algarroba Peruana.

#### **2.2.4. PROPIEDADES DE LA ALGARROBA**

- La algarroba es un alimento energético, ya que contiene un 50% de azúcar natural y un 10% de proteínas.
- Las semillas son ricas en fibra soluble por lo que facilitan la digestión.
- No posee gluten por lo que es un alimento apto para celíacos.
- La algarroba es rica en fibra, beneficia la flora intestinal incrementando los lactobacilos.
- Mezclada con jugo de arándanos estimula el funcionamiento de los riñones.
- Es muy rica en taninos, un potente antioxidante natural.
- Puede ser usada para sustituir al cacao en la elaboración del chocolate.
- Se usa como espesante en la elaboración de algunos alimentos.
- Ejerce una acción favorable contra las inflamaciones de las mucosas, reduciendo la irritación, tanto en vías respiratorias como digestivas.

### **2.2.5. BENEFICIOS DE LA ALGARROBA**

- Recientes estudios demuestran la gran efectividad de la algarroba contra úlceras, diarreas infantiles e infecciones intestinales.
- Sus fibras cumplen un triple efecto: Convierten en líquido en gel coloidal, distienden las paredes intestinales y estimulan un correcto peristaltismo que elimina las contracciones dolorosas.
- Otro componente importante de la algarroba es el tanino que evita la formación de células cancerígenas nitrosaminas, refuerzan los capilares, son antiinflamatorios, antirreumáticos y beneficios para el corazón y los riñones.

### **2.3. CAFÉ CLÁSICO**

#### **2.3.1. GENERALIDADES**

El café es una bebida preparada por extracción de materia soluble en agua caliente de los granos tostados y molidos de un arbusto tropical (Figura 2.16), que se cultiva principalmente en los Trópicos de Cáncer y Capricornio a una altitud de 610 m a 1830 m sobre el nivel del mar y a una temperatura aproximada de 21°C con precipitaciones anuales del orden de 1270 mm (Figura 2.17).

Figura 2.16. Café clásico

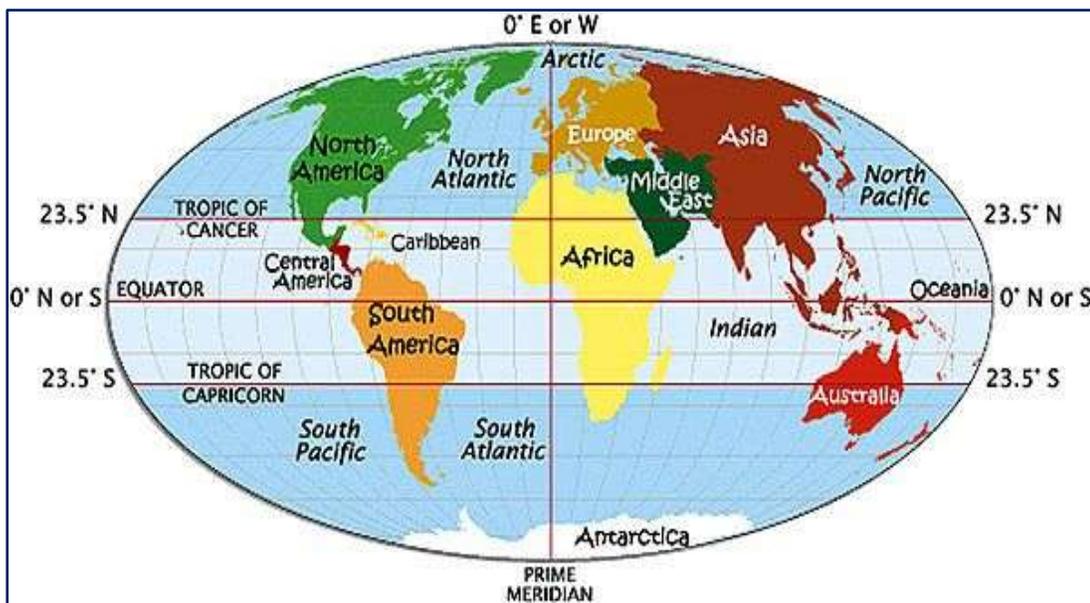


Fuente: <http://maternidadfacil.com>

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

El comercio internacional anual es de alrededor de 55 millones de bolsas (60 kg) de café verde con un valor cercano a los 2,5 billones de dólares.

Figura 2.17. Trópicos de Cáncer y Capricornio



Fuente: <http://maternidadfacil.com>

En la actualidad, Brasil sigue siendo el mayor productor de café del mundo, a pesar de que Vietnam consiguió recientemente la segunda posición en el mercado gracias a las grandes cantidades de café Robusta que produce.

En la tabla 2.6, pueden verse los principales países productores de café del mundo en el año 2015 ordenados según el porcentaje de producción mundial.

Estados Unidos y Europa consumen el 85% de las exportaciones, casi por partes iguales. La bebida de café no tiene valor nutritivo y se consume por su sabor y sus efectos estimulantes, debido principalmente al contenido de cafeína.

Tabla 2.6. Principales productores de café en el mundo

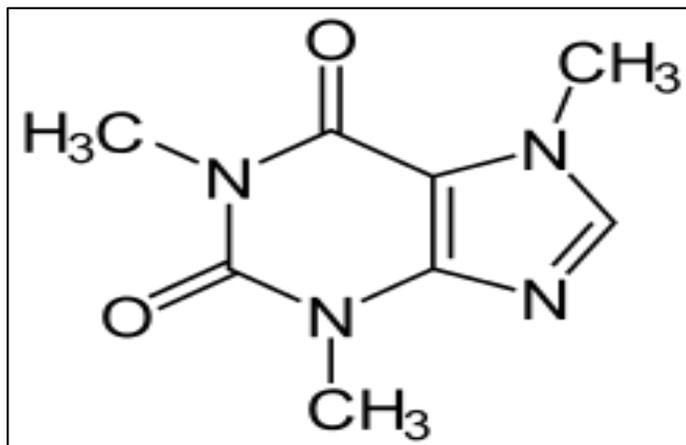
<b>Principales productores de café del mundo en el año 2015</b>			
<b>Puesto</b>	<b>País</b>	<b>Producción (en miles de Kg)</b>	<b>% de producción mundial</b>
1	Brasil	2.594.100	30,16%
2	Vietnam	1.650.000	19,18%
3	Colombia	810.000	9,42%
4	Indonesia	660.000	7,67%
5	Etiopía	384.000	4,46%
6	India	350.000	4,07%
7	Honduras	345.000	4,01%
8	Uganda	285.000	3,32%
9	México	234.000	2,72%
10	Guatemala	204.000	2,37%
11	Perú	192.000	2,23%
12	Nicaragua	130.000	1,52%
13	Costa de Marfil	108.000	1,26%
14	Costa Rica	89.520	1,04%
15	Kenia	50.000	0,58%
16	Tanzania	48.000	0,56%
17	Papúa Nueva Guinea	48.000	0,56%
18	El Salvador	45.701	0,53%
19	Ecuador	42.000	0,49%
20	Camerún	34.200	0,40%

Fuente: International Coffee Organization ([www.ico.org](http://www.ico.org))

### **2.3.1.1. 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 disociativa y estimulante por su acción antagonista no selectiva de los receptores de adenosina.

Figura 2.18. Estructura química de la cafeína



Fuente: <http://wikipedia.com//cafeína>

La cafeína recibe también otros nombres (guaranina, teína, mateína) relativos a las plantas de dónde 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.

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

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 sí genera dependencia y dejarlo conlleva, en algunos casos, sufrir el síndrome de abstinencia.
- **Sistema nervioso:** principalmente, el café causa insomnio, nerviosismo, ansiedad y taquicardias.

- **Colesterol:** algunos estudios relacionan un mayor consumo de café con mayores niveles de colesterol
- **Sistema digestivo:** El café no favorece en absoluto el proceso digestivo (es fatal después de comer o mezclado con otros alimentos) y puede generar gases, mala digestión, diarreas y úlceras.
- 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.
- **Otros:** el café también está relacionado con fallos renales, cistitis y mal desarrollo del feto en embarazos.

### **2.3.2. 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 otras 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 cáscara o endocarpio, una capa mucilaginosa, y la pulpa o mesocarpio. (Código Alimentario Argentino, 1998).

### **2.3.3. PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAFÉ TORREFACTADO**

#### **2.3.3.1. OPERACIONES PRELIMINARES A LA TORREFACCIÓN DEL CAFÉ**

Se mencionan las operaciones de mayor relevancia preliminares al tostado:

- **Limpieza:** Esta incluye el 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 (Prof. Miguel F. Monroig).

- **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.

### **2.3.3.2. 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 éstos se pueda obtener una infusión cuyas cualidades sean satisfactorias.

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 primero se secan, luego se tuestan y posteriormente se apagan o enfrían.

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

#### **- De 120 a 170°C**

Esta etapa toma aproximadamente el 70% del tiempo total de la 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 160-170°C-, el volumen del grano empieza a incrementarse.

#### - **De 170 a 200°C**

Se inicia la segunda etapa de tueste, el de la pirólisis (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.

Es en este momento que se produce la primera crepitación o crujido, que 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>.

El color empieza a ser ya pardo oscuro. A partir de los 190°, el café vuelve a crepitarse y acaba de desarrollar su sabor y aromas y gases, intensificándose, también, su color. 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

#### - **De 200 a 210°C**

La temperatura final, en función del tipo de máquina y color deseado, puede variar. Generalmente para el tueste de café expresso en nuestro país, esta se ha situado entorno a los 206° en el interior del grano.

Una vez se ha terminado el tueste, 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

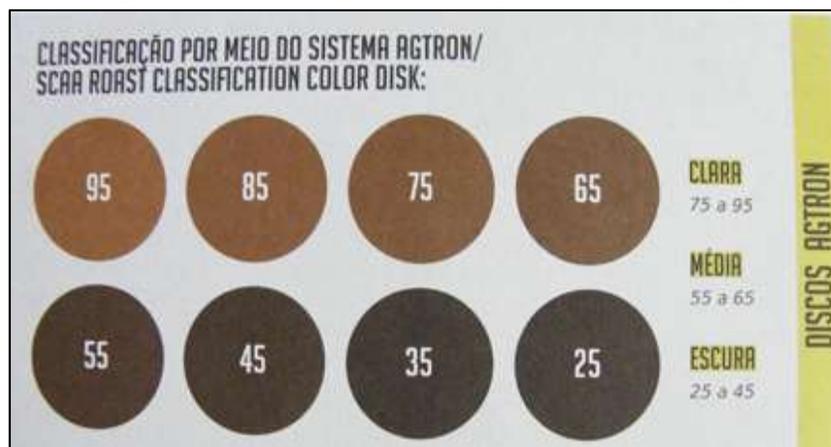
Finalizado el tueste, la transformación del grano ha sido importante, los azúcares han sido caramelizados, se han creado más de setecientos nuevos compuestos responsables del gusto y la degradación de los aminoácidos ha dado lugar a oxazol y pirazina en diferentes cantidades, responsables del aroma del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

#### 2.3.4. MEDICIÓN DEL COLOR DE CAFÉ

Diferentes fabricantes tuestan el café de modo diferente. Los exportadores deben saber qué tipo de tostado necesitan sus compradores. Las expresiones "claro, mediano y oscuro" significan cosas diferentes para personas diferentes: son términos subjetivos.

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 este manera se asigna al tostado un número aproximado en la llamada Agtron Gourmet Scale, que va desde el nº 95 (el tostado más claro) a intervalos de 10 hasta el nº 25 (el tostado común más oscuro).

Figura 2.19. Discos de color para la escala Agtron



Fuente: SCAA

### **2.3.4.1. IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DEL COLOR DEL CAFÉ**

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

Sin embargo, y generalizando, podríamos decir que en la zona Norte y Centro de Europa se utiliza un tueste medio y medio claro (valores entre 55 a 65, según el método de medición de color Agtron). En la Zona Mediterránea los colores de tueste son más oscuros (40 al 55 Agtron, según si el café se tuesta 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).

## **2.4. SUCEDÁNEO DE CAFÉ DE ALGARROBA**

### **2.4.1. ANTECEDENTES**

Las propiedades farmacológicas de la cafeína del café, en algunos casos, son indeseadas, lo que provoca la demanda del café descafeinado y sucedáneo del café, obtenidos de cereales como cebada y centeno, de maltas de cereales, o también, de leguminosas como soja. La producción de sucedáneos de café logró reducir el consumo de cerca de 25% del café clásico.

En Perú y Brasil se ha tratado siempre de encontrarle algún uso a la algarroba haciéndose algunos estudios de investigación, donde se comprueba que de la pulpa triturada se obtiene un sustituto de café.

En Brasil, 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 algarroba.

Existen dos ventajas que hacen resaltar al sucedáneo de café de algarroba, uno es que no contiene cafeína, es decir que no es dañino para la salud, y no crea dependencia a él, y el segundo es que es mucho más barato que el café común. Además tiene valor protéico y vitamínico debido a que contiene azúcares.

Por su mayor disponibilidad en el sureste semiárido, incluso en períodos críticos de sequía, la algarroba se encuentra entre los principales sustitutos. En esa sustitución intervienen también aspectos culturales y nutricionales muy significativos.

El sucedáneo de café de algarroba se utiliza de la misma manera que el café, es decir, obteniendo la “esencia” de café por percolación. El producto presenta ventajas respecto al café porque al no contener cafeína no es estimulante ni dañino a la salud, y es ligeramente más barato. Además, tiene cierto valor nutritivo, pues la bebida preparada con el café de algarroba contiene los azúcares naturales de ella por lo tanto es un producto ecológico debido a que no posee cafeína y no genera acidez estomacal.

Hace más de 10 años, en Bolivia, la algarroba ha sido usada para la elaboración de un sustituto de café elaborada a nivel artesanal; esta infusión obtuvo gran aceptación debido a las características que poseía, como la textura, el olor y el aspecto visual, que causan una muy buena impresión a los sentidos.

En Bolivia aún no existe una fábrica que se dedique a la fabricación de sucedáneo de café de algarroba, solo se elabora el mismo de forma artesanal.

#### **2.4.2. SABOR**

Según algunos de los productores artesanales del sucedáneo de café de algarroba, esta llega a ser una bebida muy deliciosa que puede reemplazar

al café genuino, como también al chocolate. Incluso, puede ser usado como refresco.

Este producto es recomendado a personas con la enfermedad de diabetes, debido a que prácticamente no necesita azúcar ya que esta es propia y natural de la algarroba.

También podemos atribuir estas características a que el proceso de generación de éste se realiza sin procesos químicos, sin saborizantes y sin refinamientos, el proceso es netamente artesanal (Baguala).

### **2.4.3. VALOR NUTRICIONAL Y BENEFICIOS**

Dado que el café de algarroba no tiene los efectos negativos del café convencional, se puede consumir en su reemplazo sin ningún problema.

Es un producto muy nutritivo dado que contiene vitaminas del grupo B tales como B1 o tiamina, B2 o riboflavina, B3 o niacina, pro vitamina A o Beta caroteno y minerales como calcio, potasio, magnesio, silicio y fosforo.

Es una fuente excelente de fibra por lo que controla el estreñimiento, también es apto para hipertensos, cardiacos y diabéticos por su bajo contenido de calorías, grasa y ausencia de cafeína. No produce acidez como el café común, sino que ayuda a la digestión y continúa siendo un energizante natural y regulador del organismo.

La fibra soluble que contiene también actúa contra las inflamaciones de las vías respiratorias. Además, cabe mencionar que contiene un 50% de azúcar natural y 10% de proteína (Agrotterra, café de algarroba gratto, 2011).

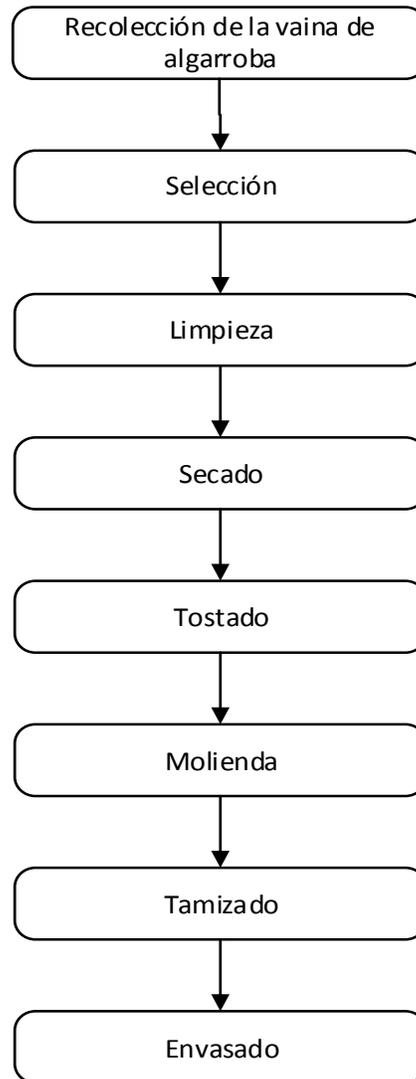
## **2.5. METODOLOGÍA DE LA OBTENCIÓN DEL PRODUCTO**

### **2.5.1. ALTERNATIVA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

Para tener conocimiento sobre la elaboración de sucedáneo de café de algarroba 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.

Diagrama 2.1. Elaboración de café de algarroba.



Fuente: SCRIB. Elaboración de sucedáneo de algarroba.

### 2.5.1.1. RECOLECCIÓN

La recolección de frutos maduros de algarrobo (*Prosopis Pallida*), se realiza a mano tomando los caídos en el suelo de árbol de algarrobo.

### **2.5.1.2. SELECCIÓN**

La selección de las algarrobas maduras se efectúa a mano, eliminando las vainas que están verdes, putrefactas, con insectos, delgadas, retirando partículas extrañas orgánicas e inorgánicas, seleccionando aquellas que están en buen estado y con presencia de azúcares.

### **2.5.1.3. LIMPIEZA Y OREO**

La limpieza de las algarrobas se realiza mecánicamente; con agua potable se limpia se lava con el fin de eliminar las impurezas adheridas en la superficie de la vaina como polvo, tierra, etc.

El oreo se realiza con el fin de eliminar el exceso de agua adherida a la vaina de algarroba.

### **2.5.1.4. TOSTADO**

El tostado de las algarrobas secas se hizo en un horno de panadería a gas, con circulación forzada de aire, provisto de una zona rotativa con nueve bandejas de acero inoxidable (400x600 mm), y termostato analógico (50 a 350°C). Se trabaja a seis temperaturas (100, 115, 130, 145, 160 y 175°C) y a tres tiempos cada una de ellas (30, 45 y 60 min).

### **2.5.1.5. MOLIENDA**

La molienda de las muestras de algarroba cruda y las muestras tostadas (a los distintos grados de tostado), se efectúa con un molino a martillos tamiz de fondo con malla de acero inoxidable de 10 mm.

### **2.5.1.6. TAMIZADO**

El tamizado de las muestras de algarroba seca molida y de las muestras tostadas molidas (a los distintos grados de tostado), se realiza en una tamizadora electromagnética de laboratorio, con tamices con aros de bronce

(200 mm de diámetro y 50 mm de alto) y mallas de acero inoxidable de 0,85, 0,25 y 0,15 mm.

El tamizado se realiza a 3000 vibraciones por minuto durante 20 min, tiempo en el que se alcanza la situación de equilibrio. Para alcanzar la situación de equilibrio se realiza un tamizado inicial de 10 min, se pesa el material retenido en el tamiz de 0,25 mm, se continúa tamizando cada 5 min hasta diferencia en peso del material no mayor del 0,2%. Cada fracción obtenida fue colectada separadamente para el sucesivo envasado.

#### **2.5.1.7. ENVASADO**

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

### **2.6. OPERACIONES UNITARIAS EFECTUADAS EN EL PROCESO**

#### **2.6.1. TOSTACIÓN**

El tostado es el paso más importante en el procesamiento del café, responsable de los cambios químicos, físicos, estructurales y organolépticos en el grano.

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 determinará las características finales del producto. (Jiménez, 2011).

Figura 2.20. Tostación de café



Fuente: Jiménez, 2011

El color es el parámetro más empleado para establecer el nivel de 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. (Jiménez, 2011)

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 adquiriendo color sabor y olor característico. (Corvera, 2002).

En el proceso se pueden distinguir 2 fases:

- La primera la desecación propiamente dicha realizada a temperatura acelerada y la segunda denominada verdadera tostación por la que se

comunica al cereal debido a las transformaciones térmico-químicas producidas, las características específicas deseadas. (Corvera, 2002).

- También se provoca en la segunda fase de tostación la interacción de fragmentos de macromoléculas sacaríficas y protéicas, formándose también compuestos aromáticos y coloreados que caracterizan el tostado (Reacción de Maillard).

### **2.6.1.1. CONTROL DE LA TOSTACIÓN**

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. (Corvera, 2002).

#### **- Temperatura (termógrafos)**

Los termógrafos son aparatos destinados a medir la temperatura a distancia. En la tostación es suficiente que estos trabajen con exactitud en el intervalo comprendido entre 0 – 200 °C.

### **2.6.1.2. TIPOS DE TOSTADORES**

Dentro del modelo clásico de tostadores se pueden distinguir 2 clases diferentes en función del sistema de caldeo utilizado:

#### **2.6.1.2.1. TOSTADORES A FUEGO DIRECTO**

En los tostadores de fuego directo, 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 coke o antracita magra.

#### **2.6.1.2.2. TOSTADORES A FUEGO CALORÍFICO**

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.

### **2.6.1.3. REACCIONES QUÍMICAS 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 a fecha de hoy todavía no han sido detalladas al completo.

#### **2.6.1.3.1. 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 glicación no enzimática de las proteínas, es decir, una modificación proteínica que se produce por el cambio químico de los aminoácidos que la constituyen.

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 serían 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.

Finalmente, y dependiendo del grado de tostación 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. 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.

Existen diversos niveles y técnicas de tostación 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 tostación baja o media 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.

Hay varias maneras de cuantificar el grado de tostación 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 tostaciones intermedias tipo city, hasta colores de 25 a 30 para tostaciones profundas tipo italiana o francesa.

Es evidente que cada grano y cada origen tiene atributos que contribuyen a la calidad final de la bebida, y que está también relacionada con el tipo de tostación que se le aplique.

La forma de preparación final de la bebida deberá tener en cuenta el tipo de molienda aplicado al grano tostado.

## **2.6.2. 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

solidos 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. (Perry, J .H. “Chemical Engineers Handbook”)

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

- a) 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 la caña de azúcar.
- b) Se pueden 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.
- c) Aumento de la relación superficie-volumen incrementando, la velocidad de calentamiento o de enfriamiento, la velocidad de extracción de un soluto deseado, etc.
- d) 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.

El propósito de la operación de la 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. (Gutiérrez, 2005; citado en Gutierrez, 2008).

#### **2.6.2.1. MAQUINARIA UTILIZADA EN LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO**

Para la trituración de los productos alimenticios se dispone de aparatos de diferentes tipos y tamaños. Los tipos más grandes, como las trituradoras de mandíbulas y las giratorias, no se utilizan normalmente en la industria alimentaria.

#### **2.6.2.1.1. MOLINO DE MARTILLO**

La trituración en estos equipos se produce por impacto, los martillos están sujetos por medio de pernos a la superficie de un disco o cilindro que gira a alta velocidad dentro de una cascara, el espacio entre la cascara y los martillos móviles puede ajustarse para obtener el tamaño de partículas deseado. La trituración es provocada por el desgaste que sufren los materiales al chocar contra el plato estacionario. Los molinos de martillos de alta velocidad no pueden aceptar materiales abrasivos porque sufren un desgaste excesivo. (Gutierrez, 2005; citado en Gutierrez, 2008).

#### **2.6.2.1.2. MOLINO A BOLAS**

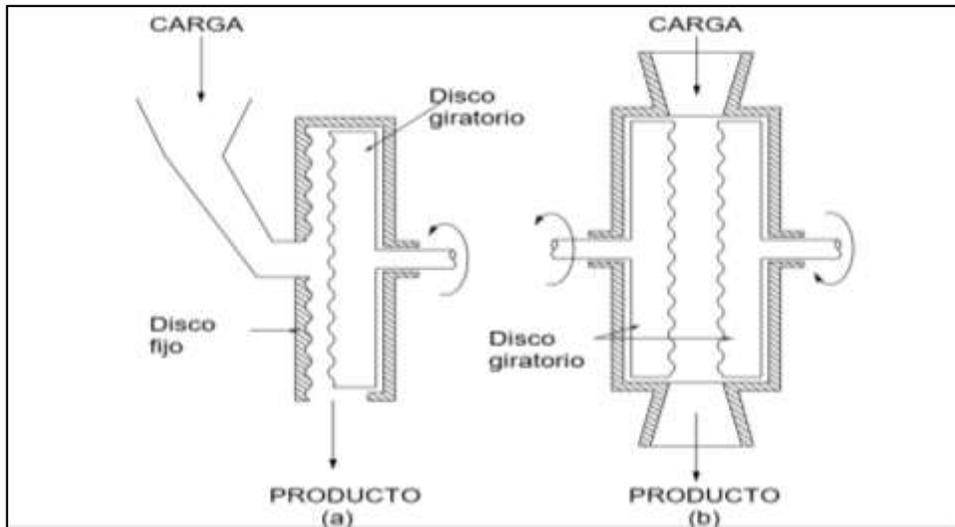
En este tipo de molinos se utiliza a la vez fuerzas de cizalla e impacto para la reducción de tamaño está formado por un cilindro giratorio horizontal que se mueve a baja velocidad con un cierto número de bolas de acero o piedras duras.

Estos molinos pueden operar en estado húmedo o seco la trituración húmeda cuando es posible, es más eficiente y da un polvo fino a causa de que las superficies de trituración, se mantienen libres de capas de polvo que sirven como colchones. (Gutierrez, 2005; citado en Gutierrez, 2008).

#### **2.6.2.1.3. MOLINOS DE DISCOS DE FROTAMIENTO**

Los molinos que utilizan las fuerzas de frotamiento o cizalla para reducir el tamaño juegan un papel primordial en la molienda fina. Como la mayoría de la molienda que se lleva a cabo en la industria de los alimentos es para producir partículas de tamaño muy pequeño, esta clase de molinos encuentran una amplia aplicación.

Figura 2.21. Molino de discos (a). Molino de disco sencillo. (b). Molino de disco doble.



Fuente: <http://www.ruta.org>

En este dispositivo las materias de partida pasan a través de la separación estrecha que existe entre un disco estriado que gira a gran velocidad y la armadura estacionaria del molino. Como consecuencia de la intensa acción cizallante se produce la trituración de la carga. La separación se puede variar según cuales sean el tamaño de las materias de partida y las exigencias acerca del producto.

#### **2.6.2.1.3.1. MOLINO DE DOBLE DISCO**

En esta modificación la armadura contiene dos discos que giran en dirección opuesta proporcionando un grado mayor de cizallamiento que el que se puede conseguir con los molinos de disco único.

En otra modificación de este principio básico, existe el molino de Foss, el disco tiene estrías que facilitan la desintegración. Esta clase de molinos de disco cizallante se utiliza extensamente en la preparación de cereales y molienda de arroz y maíz.

### 2.6.3. TAMIZADO

El 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.

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. (Gutierrez, 2005; citado en Gutierrez, 2008).

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 0,0029. (Moreno, 2005; citado en Gutierrez, 2008).
- **BRITISCH Estándar:** un tamiz de 170 mallas tendrá una apertura de tamiz de 90 micras y el intervalo entre tamices vecinos es  $2^{1/4}$ . (Moreno, 2005; citado en Gutierrez, 2008).
- **ASTM-E-11:** 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). (Moreno, 2005; citado en Gutierrez, 2008).

#### 2.6.3.1. TIPOS DE TAMICES

Estos 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. (Moreno, 2005; citado en Gutierrez, 2008).

#### **2.6.3.1.1. TAMICES VIBRATORIOS**

Este equipo consiste en un marco que soporta una rejilla de malla de hilo o una placa perforada. Pueden ser sacudidos mecánicamente o electromagnéticamente. (Moreno, 2005; citado en Gutierrez, 2008).

#### **2.6.3.1.2. TAMICES DE TAMBOR**

Son tamices cilíndricos giratorios montados casi horizontalmente, la superficie de tamizado puede ser también de malla de hilo o placa perforada. (Moreno, 2015; citado en Gutierrez, 2008).

#### **2.6.3.1.3. TAMICES DE BARRAS**

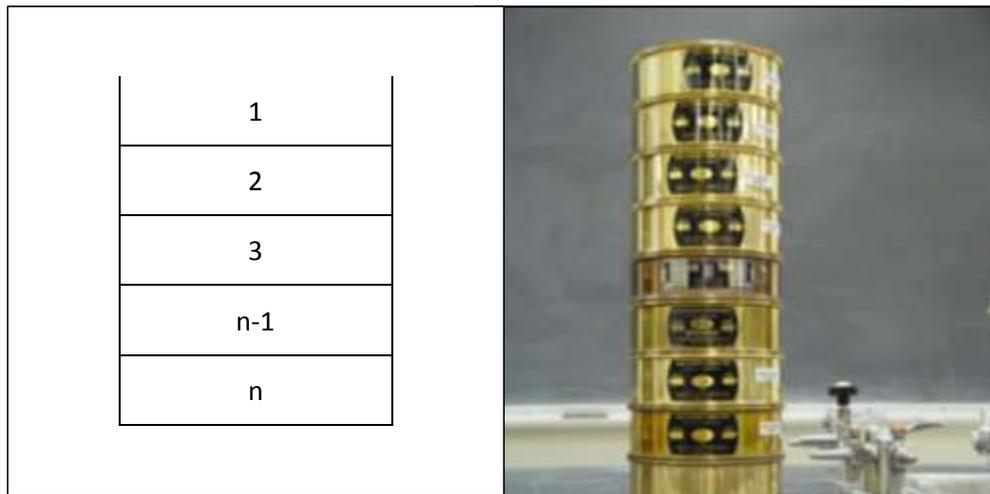
Estos equipos se utilizan para tamizar partículas, de tamaño mayor. Consiste en un grupo de barras paralelas, espaciadas según se necesite. (Moreno, 2015; citado en Gutierrez, 2008).

#### **2.6.3.2. 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.

Una serie de tamices patrón muy conocidas es la serie de tamices Tyler. 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.

Figura 2.22. Tamiz Tyler



Fuente: (Perry, J.H. Chemical Engineers Handbook)

## **2.7. PRINCIPIOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **2.7.1. ANTECEDENTES**

En la industria alimentaria, los creadores de productos y los ingenieros de procesos a menudo llevan a cabo experimentos para desarrollar nuevos productos y procesos, así como mejorar los ya existentes. Los experimentos se realizan para saber cómo una serie de variables afecta a otra. En una industria muy competitiva se le da gran importancia a obtener información útil tan rápida y económicamente como sea posible. (Montgomery, 1991).

### **2.7.2. PRINCIPIOS BÁSICOS**

En un experimento de naturaleza comparativa se llevan a cabo dos o más tratamientos. Estos tratamientos diferirán de una manera escogida por el experimentador. Después de aplicar los tratamientos, se mide alguna variable y estas mediciones se comparan para ver si los tratamientos afectaron las variables medidas. (Montgomery, 1991).

#### **2.7.2.1. TIPOS DE DISEÑO**

El diseño de experimentos se puede dividir en tres fases:

#### **2.7.2.1.1. DISEÑO DEL TRATAMIENTO.**

La meta de cualquier experimentador es contestar alguna pregunta específica acerca del sistema de interés.

En la fase de diseño del tratamiento se seleccionan tratamientos y métodos de medición para obtener información que conteste mejor las preguntas. Se analizan dos tipos de diseño: un experimento de una variable y el experimento factorial de dos vías. (Montgomery, 1991).

#### **2.7.2.1.2. DISEÑO DEL ANÁLISIS**

Después de que se ha realizado el experimento, el experimentador debe examinar los datos para ver cómo contestan éstos las preguntas. Lo anterior comúnmente implica la preparación de tablas y gráficas para ayudar a descifrar los efectos que se están estudiando. Así mismo, significa estimar los efectos de las variables que interfieren y determinan si éstas por sí solas podrían haber producido los efectos observados. Las conclusiones inferidas serán mucho más convincentes si el análisis de diseño se toma en cuenta antes de que se realice el experimento. (Montgomery, 1991).

#### **2.7.2.1.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.**

Los resultados experimentales están sujetos a incertidumbre debido a muchas variaciones. De manera ideal cualquier diferencia que se mida en un experimento es el resultado del tratamiento aplicado.

En la práctica muchas otras variables podrían afectar también los resultados y esto lleva a incertidumbre. En un experimento bien diseñado, la magnitud de la incertidumbre será pequeña y predecible, y el experimento requerirá un mínimo de tiempo y gastos. La fase de diseño experimental estudia este problema.

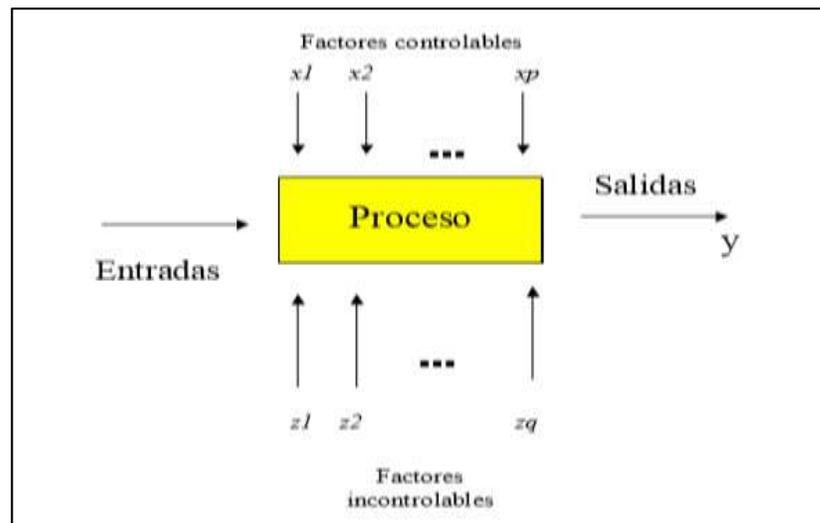
Por lo tanto se puede decir que un experimento diseñado es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las

variables de entrada de un proceso o Sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida. (Montgomery, 1991).

Por lo general, este aprendizaje se da a través de una serie de actividades en las cuales hacemos conjeturas sobre un proceso, realizamos experimentos para generar datos a partir del proceso, y entonces usamos la información del experimento para establecer nuevas suposiciones, que llevan a realizar nuevos experimentos, y así sucesivamente comportándose cíclicamente.

Todo proceso o sistema productivo puede representarse mediante el modelo mostrado en la siguiente figura.

Figura 2.23. Modelo general de un proceso o sistema



Fuente: <http://catarina.udlap.mx>

Es decir, que puede ser visualizado como una combinación de máquinas, métodos, personas y otros recursos que transforman alguna entrada (materia prima), en una salida que tiene una o más respuestas observadas. Algunas variables dentro del proceso son controlables, mientras que otras son incontrolables.

Un experimento diseñado tiene por objetivo:

- Determinar cuáles son las variables que tienen mayor influencia en la variable de respuesta.
- Determinar el mejor valor de las variables controlables que influyen en la respuesta, de manera que ésta, tenga casi siempre un valor cercano al valor nominal deseado.
- Determinar la mejor combinación de las variables controlables que ayuden a reducir la variabilidad de la respuesta.
- Establecer la combinación óptima de las variables controlables, con el objetivo de minimizar los efectos de las variables incontrolables.
- El diseño experimental es un medio de importancia en la ingeniería para mejorar el rendimiento de un proceso de manufactura, así como en el desarrollo de nuevos productos.

Su aplicación en una fase temprana de la evolución de un proceso puede dar como resultado:

- Mejora en el rendimiento del proceso.
- Reducción de variabilidad y aumento del apego a especificaciones o valor objetivo.
- Menor tiempo de desarrollo.
- Minimización de costos.

# **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1. DESARROLLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental del proceso de elaboración de sucedáneo de café a partir de algarroba se llevó a cabo en el Taller de Alimentos (LTA) perteneciente a la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### **3.2. EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO**

Para el desarrollo del diseño experimental del presente trabajo se utilizaron diferentes materiales y equipos, los mismos se detallarán a continuación.

#### **3.2.1. EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE PROCESO**

A continuación se detallan los equipos e instrumentos utilizados en el desarrollo del presente trabajo.

##### **3.2.1.1. BALANZA ANALÍTICA**

La balanza analítica (figura 3.1) se utilizó en las diferentes operaciones del proceso, como ser para definir la cantidad de materia prima de entrada y salida del proceso, para definir el peso de la materia prima utilizada en la determinación de las características físicas de la algarroba.

Figura 3.1. Balanza analítica



La balanza analítica tiene las especificaciones técnicas que se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Especificaciones Técnicas de la Balanza analítica

<b>Marca</b>	<b>METTLER TOLEDO PB 1502</b>	
<b>Capacidad</b>	Máx. 1510 g	e 0.1 g
	Mín. 0.5 g	d 10 mg
<b>Potencia</b>	5W	
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz	
<b>Tensión</b>	220V	

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1.2. OLLA DE ACERO INOXIDABLE

Éste instrumento fue utilizado para tostar trozos de algarroba, el mismo consiste en una olla de acero inoxidable que es calentada por medio de un quemador que funciona por la combustión del gas, a su vez se utiliza una espátula de madera con el función de dispersar el producto que se encuentre dentro de la misma para uniformizar el tostado.

Figura 3.2. Olla de acero inoxidable



### 3.2.1.3. MOLINO DE DISCOS

Este equipo se utilizó para moler los trozos de algarroba tostada (figura 3.3), el cual consta de dos discos, un disco fijo y el otro es un disco móvil el cual

es accionado manualmente. Sus especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.2.

Figura 3.3. Molino de discos



Tabla 3.2. Especificación Técnica del molino de discos

<b>Marca</b>	<b>VICTORIA Grain Mail</b>
<b>Tipo de proceso</b>	Continuo (por carga)
<b>Capacidad</b>	1000 gramos
<b>Industria</b>	Colombiana

Fuente: Elaboración propia

#### **3.2.1.4. TAMIZ VIBRATORIO**

El tamizado se realizó en un juego de tamices (figura 3.4) los cuales tienen una abertura de malla de 4mm, 2mm, 1mm, 0.50mm, 0.25mm. El mismo pertenece al Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) perteneciente a la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

Figura 3.4. Tamiz vibratorio



Sus especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Especificaciones técnicas del tamiz vibratorio

<b>Marca</b>	<b>ORTO ALRESA</b>
<b>Industria</b>	Española
<b>Potencia</b>	80 W
<b>Línea de voltaje</b>	230V
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>RPM</b>	2.500

Fuente: Elaboración propia

#### **3.2.1.5. SELLADORA ELÉCTRICA**

Este equipo se encuentra en el laboratorio del Taller de alimentos, perteneciente al departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos; se utilizó para el sellado de los envases (bolsas trilaminadas) del café de algarroba.

Figura 3.5. Selladora eléctrica



Sus especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Especificaciones técnicas de la selladora eléctrica

<b>Marca</b>	<b>ELECTRONICA VH-2001</b>
<b>Potencia</b>	250 W
<b>Tensión</b>	220 V
<b>Frecuencia</b>	50 Hz

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. MATERIAL DE LABORATORIO

En la tabla 3.5 se muestra los materiales utilizados en la parte experimental.

Tabla 3.5. Material de laboratorio utilizado en el proceso de elaboración de café de algarroba

Material	Capacidad	Cantidad	Tipo de material
Bañador	Mediano	2	Plástico
Fuente	Mediana	2	Vidrio
Cuchillo	Mediano	2	Acero inoxidable
Tabla	Mediana	1	Madera
Cuchara	Grande	2	Acero inoxidable
Vaso precipitado	250 ml	1	Plástico
Jarra	1000 ml	1	Vidrio
Plato	Grande	6	Porcelana
Desecador	Mediano	1	Vidrio
Espátula	pequeña	1	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

- **Termómetro infrarrojo**

A continuación se describe las especificaciones técnicas (tabla 3.6) del termómetro infrarrojo que se utilizó en la medición de la temperatura de la olla y los trozos de algarroba en la operación de tostado.

Figura 3.6. Termómetro infrarrojo



Tabla 3.6. Especificación técnica del termómetro infrarrojo

<b>Marca</b>	<b>Testo 830-T1</b>
<b>Modelo</b>	0560 8301
<b>Tipo de sonda</b>	Infrarrojos
<b>Rango</b>	-30...+400 °C
<b>Exactitud</b>	+1.5 °C o 1.5 % del v.m.
<b>Industria</b>	USA

Fuente: Elaboración propia

- **Vernier**

Para determinar las propiedades físicas: longitud, ancho y espesor de la vaina de algarrobo se utilizó un vernier con la siguiente especificación técnica.

Tabla 3.7. Especificaciones técnicas del vernier

<b>Marca</b>	<b>Pie del Rey</b>
<b>Error</b>	0,001 In
<b>Industria</b>	Indonesia

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. MATERIA PRIMA

La materia prima algarroba (P. Pallida) madura (seca) utilizada en la elaboración de café se detalla en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Materia prima utilizada en el proceso de elaboración de café de algarroba

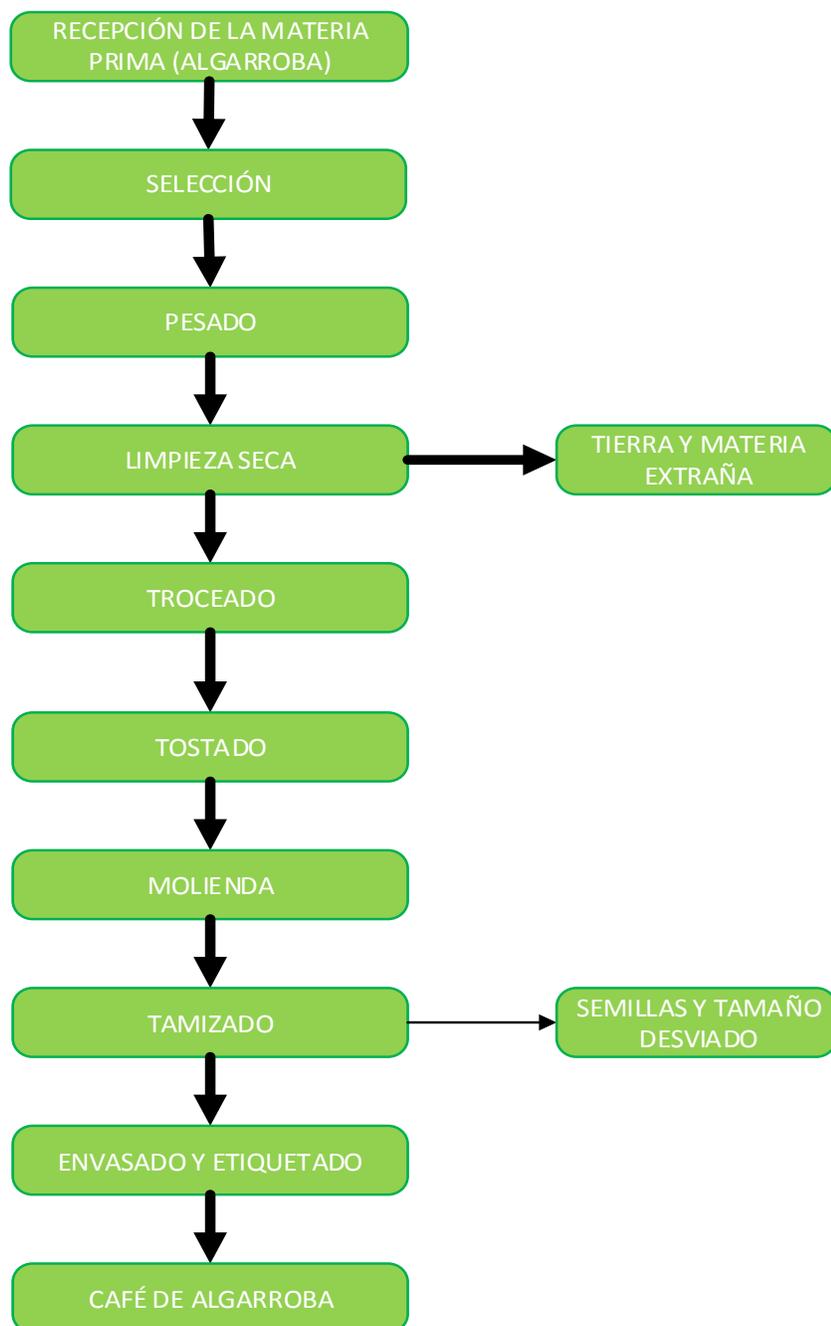
<b>Materia prima</b>	<b>Descripción</b>	<b>Origen</b>
Algarroba	Prosopis Pallida	El Puente-Tarija

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. DIAGRAMA DE PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAFÉ DE ALGARROBA

En el diagrama 3.1 se muestra el proceso de obtención de café de algarroba.

Diagrama 3.1. Elaboración de café de algarroba



Fuente: Elaboración propia

### **3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

#### **3.4.1.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

La materia prima proveniente de la comunidad del puente que pertenece a la segunda sección de la provincia Méndez del departamento de Tarija, fue recepcionada en un establecimiento de procesamiento, en el cual fue verificada la calidad fisicoquímica, microbiológica, además de sus características físicas como ser su longitud, espesor, peso, relación pulpa-semilla.

#### **3.4.1.2. SELECCIÓN**

La selección de la vaina de algarrobo se efectuó manualmente lo cual consistió en desechar las vainas que se encuentran dañadas física, biológica y microbiológicamente.

#### **3.4.1.3. PESADO**

Para efectuar el balance de materia en el proceso se procedió a realizar el pesado de la algarroba para la obtención de datos.

#### **3.4.1.4. LIMPIEZA SECA**

Las vainas de algarrobo seleccionadas fueron refregadas simultáneamente con la ayuda de una esponja (seca) con el objetivo de quitar los contaminantes adheridos en la superficie externa de la misma.

#### **3.4.1.5. TROCEADO**

Una vez limpia la algarroba se procedió a trocear en tamaños de aproximadamente 2 y 4 cm de longitud, esto debido a que en la operación de tostado se realizará el diseño experimental correspondiente en el cual se definirá el tamaño más adecuado. Esta operación se la efectuó con un cuchillo de acero inoxidable sobre una tabla de madera.

El troceado se lo realiza con la finalidad de aumentar la superficie de contacto expuesta al calor, para facilitar y uniformizar el color resultante del tostado.

#### **3.4.1.6. TOSTADO**

Esta operación consiste en tostar los trozos de algarroba con el objetivo de conferirle las características fisicoquímicas que tiene el café, como ser: las reacciones de Maillard, la formación de compuestos aromáticos (aldehídos, cetonas y otros), además aumentar la capacidad de solubilidad.

Esto se logró por medio de una olla calentada por un quemador de una cocina que funciona con gas natural, simultáneamente la algarroba fue agitada manualmente con el objetivo de evitar la desuniformidad del color de los trozos de algarroba.

#### **3.4.1.7. MOLIENDA**

La molienda se la realizó con el objetivo de reducir el tamaño de partícula para que ésta pueda adoptar una apariencia similar a la del café, además de aumentar la solubilidad en la preparación con agua.

Esta operación se la realizó con un molino de discos el cual consta de dos discos, un disco fijo y el otro es un disco móvil el cual es accionado manualmente por lo cual su principio de funcionamiento de éste equipo se basa en la fuerza de frotamiento o cizalla y lo cual es fundamental para no quebrar las semillas de la algarroba.

#### **3.4.1.8. TAMIZADO**

En esta operación se procedió a colocar la algarroba molida en el tamiz superior; seguidamente se dio funcionamiento a este equipo por el lapso de 5 minutos con un nivel de vibramiento intermedio, después de pasado este tiempo se separó los tamices, se pesó y los tamaños de partículas superiores

al requerido fueron recirculados al molino a excepción de las semillas. Esta operación tiene como objetivo obtener un tamaño de partícula uniforme.

#### **3.4.1.9. ENVASADO Y ETIQUETADO**

Obtenido el café de algarroba el mismo se envasó en bolsas trilaminadas las mismas que se sellaron con una selladora manual y se procedió al etiquetado correspondiente.

### **3.5. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

Para la caracterización de la materia prima, se determinaron los parámetros que se presentan a continuación.

#### **3.5.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA**

Los análisis fisicoquímicos de la materia prima (vaina de algarrobo) se realizaron en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID) dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

En la tabla 3.9 se detallan los parámetros fisicoquímicos, método de ensayo y unidades en que se representan los mismos.

Tabla 3.9. Análisis fisicoquímicos de la vaina de algarrobo

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>	<b>Método de ensayo</b>	<b>Unidades</b>
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	NB 313010:05	%
Humedad	Cálculo	%
Proteína total(Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2016.

Dónde: NB= Norma Boliviana

### 3.5.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MATERIA PRIMA

En la tabla 3.10 se detallan los parámetros microbiológicos, método de ensayo y unidades en que se representan los mismos.

Tabla 3.10. Análisis microbiológicos de la vaina de algarrobo

Parámetros microbiológicos	Método de ensayo	Unidad
Bacterias aerobias mesófilas	NB 32003:05	UFC/g
Coliformes totales	NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g

Fuente: CEANID, 2016

Dónde: NB= Norma Boliviana

UFC= Unidades Formadoras de Colonia

### 3.5.3. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

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

#### 3.5.3.1. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR

La evaluación sensorial del café de algarroba para el atributo color se realizó mediante un test sensorial de escala hedónica (Anexo B.1), para lo cual se presentaron 20 jueces no entrenados y 8 muestras de café de algarroba.

#### 3.5.3.2. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO AROMA

La evaluación sensorial del café de algarroba para el atributo aroma se realizó mediante un test sensorial de escala hedónica (Anexo B.1), para lo cual se presentaron 20 jueces no entrenados y 8 muestras de café de algarroba.

### 3.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de obtención de café a partir de algarroba se considera lo siguiente:

### **3.6.1. DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental (Gutierrez, 2008).

En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés (Gutierrez, 2008).

El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas, qué variables hay que manipular, de qué manera, cuantas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto (Gutierrez, 2008).

### **3.6.2. DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE TOSTADO**

Para la realización del diseño experimental en la etapa de tostado, se tomó en cuenta tres variables independientes (temperatura, tiempo y tamaño de troceado) y considerando como variable dependiente la humedad de los trozos de algarroba tostada.

El diseño experimental a utilizar en esta etapa se muestra en la ec 3.1.

$$2^k \qquad \text{Ec 3.1.}$$

Dónde:

2 = Número de niveles

K = Número de variables

En el diseño experimental se toma en cuenta tres factores, los cuales se muestran en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Factores independientes en la operación de tostado

Factor	Símbolo	Número de niveles
Temperatura	T	2
Tiempo	t	2
Tamaño de troceado	P	2

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto la ecuación será la siguiente:

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ tratamientos}$$

Los niveles de variación de las variables se detallan en la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Niveles de variación de las variables en la operación de tostado

Variables	Unidad	Nivel superior	Nivel inferior
Temperatura (T)	°C	180	140
Tiempo (t)	min	7	5
Tamaño de troceado (P)	cm	4	2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.13 se muestra la matriz experimental para la elaboración de café de algarroba.

Tabla 3.13. Matriz experimental para la elaboración de sucedáneo de café de algarroba

Corridas	Variables			Tratamientos			
	t	T	P	tT	tP	TP	tTP
1	-	-	-	+	+	+	-
2	+	-	-	-	-	+	+
3	-	+	-	-	+	-	+
4	+	+	-	+	-	-	-
5	-	-	+	+	-	-	+
6	+	-	+	-	+	-	-
7	-	+	+	-	-	+	-
8	+	+	+	+	+	+	+

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Variable respuesta:

Humedad de los trozos de algarroba tostada (escala hedónica 1-9).

### 3.7. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Los análisis del café de algarroba que es el producto final se realizó en dos laboratorios. Los análisis microbiológicos y parte de los análisis fisicoquímicos se realizó en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad autónoma Juan Misael Saracho de la Ciudad de Tarija; y también en el Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) perteneciente a la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Ciudad de La Paz.

#### 3.7.1. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL

En la tabla 3.14 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).

Tabla 3.14. Análisis fisicoquímico del café de algarroba

Parámetros fisicoquímicos	Método de ensayo	Unidad
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	NB 313010:05	%
Humedad	Cálculo	%
Proteína total(Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2017

En la tabla 3.15 se detallan los parámetros fisicoquímicos, método de ensayo y unidades de los análisis fisicoquímicos realizados en el Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ).

Tabla 3.15. Análisis fisicoquímico del café de algarroba

Parámetros fisicoquímicos	Método de ensayo	Unidad
Contenido de cafeína	Espectrofotométrico	%
Color	Colorímetro de café	Escala Agron

Fuente: IIQ, 2017

### 3.7.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

En la tabla 3.16 se detallan los parámetros microbiológicos, métodos de ensayo y unidades de los análisis microbiológicos realizados en el CEANID.

Tabla 3.16. Análisis microbiológicos del café de algarroba

Parámetros microbiológicos	Técnica o método de ensayo	Unidad
Bacterias aerobias mesófilas	NB 32003:05	UFC/g
Coliformes totales	NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g

Fuente: CEANID, 2017

**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

**DE RESULTADOS**

#### 4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

Las características de la materia prima se realizaron tomando en cuenta las propiedades físicas y fisicoquímicas de la algarroba, las mismas se detallan a continuación.

##### 4.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA VAINA DE ALGARROBO

La determinación de las propiedades físicas de la algarroba, se realizó utilizando veinte muestras y tomadas al azar, que son detalladas en la siguiente tabla 4.1.

Tabla 4.1. Propiedades físicas de la vaina de algarrobo

Nº de muestras	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso (g)	Peso Comestible (g)	Porción Comestible (%)	Porción no Comestible (%)
1	18,85	1,55	1,10	12,11	6,96	57,47	42,53
2	20,42	1,68	1,05	13,47	7,45	55,31	44,69
3	24,57	1,75	0,80	15,26	7,67	50,26	49,74
4	22,43	1,57	0,79	13,01	7,36	56,57	43,43
5	21,39	1,40	0,75	12,36	6,91	55,91	44,09
6	26,66	1,83	1,08	20,82	10,03	48,17	51,83
7	19,42	2,23	0,87	12,05	6,85	56,85	43,15
8	19,98	1,71	0,83	11,81	6,31	53,43	46,57
9	19,21	1,67	0,91	11,87	6,35	53,50	46,50
10	19,32	1,44	0,81	10,86	6,14	56,54	43,46
11	20,41	1,39	0,73	9,49	5,98	63,01	36,99
12	16,18	1,59	0,89	8,56	5,17	60,40	39,60
13	17,75	1,65	1,04	11,40	6,42	56,32	43,68
14	18,33	1,57	0,69	9,77	6,03	61,72	38,28
15	17,25	1,63	0,85	10,56	6,28	59,47	40,53
16	17,48	1,62	0,96	8,87	5,67	63,92	36,08
17	17,78	1,69	0,97	10,96	6,17	56,30	43,70
18	19,53	1,47	0,75	11,35	6,49	57,18	42,82
19	17,84	1,49	0,92	11,38	6,53	57,38	42,62
20	19,57	1,87	0,78	11,87	6,69	56,36	43,64
<b>Promedio</b>	<b>19,72</b>	<b>1,64</b>	<b>0,88</b>	<b>11,89</b>	<b>6,67</b>	<b>56,80</b>	<b>43,20</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.1 muestra los resultados promedios de las propiedades físicas de la vaina de algarrobo; de las cuales se mencionan que tiene una longitud de 19,72 cm, con un ancho de 1,64 cm, espesor de 0,88 cm y peso de 11,89 g; contando con una porción comestible del 56,80 % y porción no comestible de 43,20%.

#### 4.1.2. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA VAINA DE ALGARROBO

En la tabla 4.2 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de la vaina de algarrobo (solo mesocarpio), los cuales fueron realizados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Tabla 4.2. Análisis fisicoquímico de la vaina de algarrobo

Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Resultado
<b>Ceniza</b>	%	2,79
<b>Fibra</b>	%	8,06
<b>Grasa</b>	%	1,23
<b>Hidratos de carbono</b>	%	79,73
<b>Humedad</b>	%	9,09
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	%	7,16
<b>Valor energético</b>	kcal/100 g	358,63

Fuente: CEANID, 2017

En la tabla 4.2, se puede observar que la vaina de algarrobo presenta un alto contenido en hidratos de carbono, su valor corresponde 79,73 g/100 g de algarroba, ésta cantidad llega a generar 318,92 kcal, que corresponde al 88,93 % de las kcal totales generadas por todos los nutrientes. Se puede observar que esta vaina tiene un contenido de humedad de 9,09 g de agua/100 g de algarroba; por lo que se puede considerar que se encuentran con un nivel reducido de humedad.

En esta tabla también se puede observar que el valor de la fibra es de 8,06 g de ceniza y 1,23 g de grasa todos estos parámetros ensayados en

100 g de algarroba; este último valor que corresponde a la grasa nos indica que el mesocarpio de la algarroba contiene un nivel bajo de lípidos.

#### 4.1.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA ALGARROBA

En la tabla 4.3, se muestra el análisis microbiológico obtenido de la algarroba el cual se realizó en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 4.3. Análisis microbiológico de la algarroba

Parámetros microbiológicos	Unidad	Resultado
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	<10 (*)
Coliformes totales	UFC/g	<10 (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	<10 (*)

Fuente: CEANID, 2017

En la tabla 4.3, se observa que los resultados de los análisis microbiológicos para bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales, mohos y levaduras tienen un valor inferior a 10 unidades formadoras de colonia (UFC) por cada gramo de mesocarpio de la vaina de algarrobo; por lo que todas estas se encuentran dentro de los límites de aceptabilidad.

#### 4.2. VARIABLES DE MAYOR RELEVANCIA QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAFÉ DE ALGARROBA

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

**Troceado:** En esta operación no se pudo realizar diseño experimental  $2^k$ , debido a que las variables independientes no pueden ser medidas de igual manera que la variable dependiente, por lo que se optó únicamente en realizar dos tamaños diferentes de troceado.

**Molienda:** en esta operación no se pudo realizar un diseño experimental  $2^k$  debido a que el equipo utilizado tenía una única postura por lo que se imposibilitó hacerla variar (distancia de disco, velocidad de giro y otros).

Siendo la única variable independiente que se podría controlar el tamaño de troceado; por lo cual no se pudo aplicar el mencionado diseño.

**Tamizado:** en esta operación se podría haber realizado un diseño  $2^k$  ( $2^2$ ), pero no se lo realizó debido a que esta operación no es relevante dentro del proceso de obtención de café de algarroba.

**Tostado:** es la operación fundamental y la más relevante dentro del proceso de obtención de café de algarroba, además que determina la calidad y las características del producto final, por estas razones se optó aplicar un diseño experimental  $2^k$  ( $2^3$ ); que se detalla explícitamente en el punto 4.2.1.

#### 4.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA OPERACIÓN DE TOSTADO DE LOS TROZOS DE ALGARROBA

El diseño experimental en esta operación pretende determinar las variables (temperatura, tiempo y tamaño de troceado) para el proceso de elaboración de sucedáneo de café de algarroba; para lo cual se tomó en cuenta la tabla 4.3 para el diseño experimental. Con respecto a la variable respuesta se tomó en cuenta la humedad de los trozos de algarroba tostada. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Diseño experimental de la operación de tostado

Combinación de tratamientos	Factores			Resultados		Yi
	t	T	P	I	II	
<b>1</b>	5 min	140 °C	2 cm	0,0775	0,0781	0,1556
<b>t</b>	7 min	140 °C	2 cm	0,0715	0,0729	0,1444
<b>T</b>	5 min	180 °C	2 cm	0,0805	0,0814	0,1619
<b>tT</b>	7 min	180 °C	2 cm	0,0670	0,0675	0,1345
<b>P</b>	5 min	140 °C	4 cm	0,0835	0,0841	0,1676
<b>tP</b>	7 min	140 °C	4 cm	0,0790	0,0795	0,1585
<b>TP</b>	5 min	180 °C	4cm	0,0880	0,0882	0,1762
<b>tTp</b>	7 min	180 °C	4cm	0,0565	0,0573	0,1138
<b>total</b>				0,6036	0,6092	1,2127

Fuente: Elaboración propia

Dónde: T = Temperatura  
t = Tiempo  
P = Tamaño de troceado

Con los resultados obtenidos de la tabla 4.4, se procedió a construir la tabla 4.5 de ANOVA para las variables de la operación de tostado mencionadas anteriormente, para esto se realizó un diseño de  $2^3$  el cual se extrae del anexo C.1.

Tabla 4.5. Análisis de varianza para la operación de tostado

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados libertad	cuadrados medios	$F_{cal}$	$F_{tab}$
Factor t	0,0007577	1	0,00075775	2523,932	5,32
Factor T	0,0000986	1	0,00009855	328,264	5,32
Factor P	0,0000242	1	0,00002423	80,708	5,32
Interacción tT	0,0003011	1	0,00030110	1002,924	5,32
Interacción tP	0,0000676	1	0,00006761	225,191	5,32
Interacción TP	0,0000658	1	0,00006581	219,207	5,32
Interacción tTP	0,0000859	1	0,00008588	286,068	5,32
Error	0,0000024	8	0,00000030		
Total	0,0014033	15			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.5, se observa que el factor T (temperatura), (t) tiempo, el factor (P) tamaño de troceado, la interacción (tT),(tP), (TP), (tTP) son significativas dentro de la operación del tostado debido a que el  $F_{cal}$  es mayor que el  $F_{tab}$ . por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada para un límite de confianza de 95%.

### 4.3. CARACTERIZACIÓN DEL CAFÉ DE ALGARROBA

Para caracterizar el sucedáneo de café de algarroba, se tomó en cuenta los siguientes parámetros.

### 4.3.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFÉ DE ALGARROBA PARA EL ATRIBUTO COLOR

La tabla 4.6, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del café de algarroba para el atributo color, utilizando 20 jueces no entrenados.

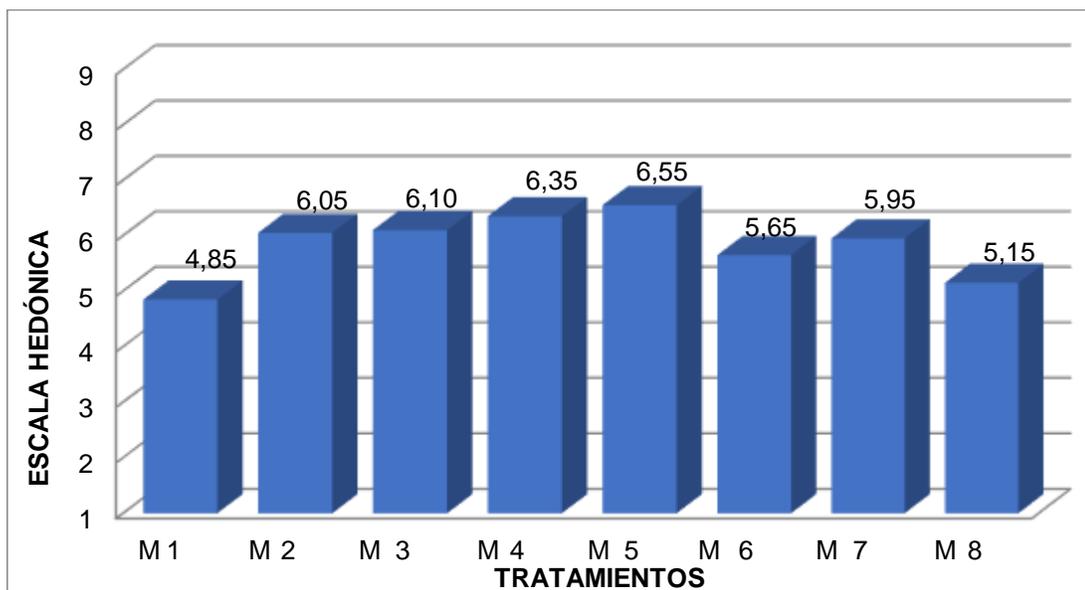
Tabla 4.6. Evaluación sensorial del atributo color del café de algarroba

N° de jueces	Muestras								Total $Y_i$
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
1	6	8	5	6	6	7	5	5	48
2	3	3	6	6	8	3	5	6	40
3	6	8	7	7	7	4	7	4	50
4	9	7	8	7	6	7	8	7	59
5	2	3	4	7	8	7	5	5	41
6	1	8	7	6	7	4	7	4	44
7	5	7	8	6	5	6	8	6	51
8	5	7	8	8	7	5	8	7	55
9	4	5	7	7	7	5	8	7	50
10	4	4	8	5	8	6	7	6	48
11	9	8	7	7	5	5	6	6	53
12	5	6	6	8	7	6	6	6	50
13	5	7	3	6	5	2	2	2	32
14	6	5	7	6	7	8	7	6	52
15	9	8	6	5	5	5	7	5	50
16	7	8	4	5	4	6	2	3	39
17	2	3	5	6	7	8	2	2	35
18	2	7	5	6	5	4	6	5	40
19	2	3	7	5	8	7	6	6	44
20	5	6	4	8	9	8	7	5	52
<b>promedio</b>	<b>4,85</b>	<b>6,05</b>	<b>6,1</b>	<b>6,35</b>	<b>6,55</b>	<b>5,65</b>	<b>5,95</b>	<b>5,15</b>	
<b><math>\Sigma j</math></b>	<b>97</b>	<b>121</b>	<b>122</b>	<b>127</b>	<b>131</b>	<b>113</b>	<b>119</b>	<b>103</b>	<b>933</b>
<b><math>\Sigma j^2</math></b>	<b>583</b>	<b>803</b>	<b>790</b>	<b>825</b>	<b>893</b>	<b>693</b>	<b>781</b>	<b>573</b>	

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.1 indica los resultados promedios en escala hedónica de la evaluación sensorial para el atributo color de café de algarroba con datos obtenidos de la tabla 4.6.

Gráfico 4.1. Resultado promedio de evaluación sensorial del atributo color



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 se muestra el promedio de las ocho muestras de las que se realizaron evaluación sensorial para el atributo color, por lo cual se puede observar que la muestra con mayor promedio es la M5 con 6,55, en segundo lugar la M4 con 6,35 y en tercer lugar la muestra M3 con 6,35 en escala hedónica.

#### 4.3.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CAFÉ DE ALGARROBA PARA EL ATRIBUTO COLOR

En la tabla 4.7, se muestra el análisis de varianza extraído del Anexo C.1 para el atributo color de las muestras del café de algarroba.

Tabla 4.7. Análisis de varianza de las muestras de café de algarroba

Fuente de varianza (FV)	(SG)	(GL)	(CM)	$F_{cal}$	$F_{tab}$
Total	500,38	159			
Tratamientos	43,88	7	6,27	2,47	2,08
Jueces	118,38	19	6,23	2,45	1,67
Error	338,11	133	2,54		

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 4.6,  $F_{cal} (2,47)$  es mayor que  $F_{tab} (2,08)$  para un límite de confianza de 95%, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada, por lo tanto existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios, entre las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8; por tanto esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

#### **4.3.1.2. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO COLOR DEL CAFÉ DE ALGARROBA**

En la tabla 4.8, se puede observar el análisis estadístico de la prueba de Duncan, para el atributo color del sucedáneo de café de algarroba.

Tabla 4.8. Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el café de algarroba

Tratamientos	Efectos
M5-M4	No hay significancia
M5-M3	No hay significancia
M5-M2	No hay significancia
M5-M7	No hay significancia
M5-M6	No hay significancia
M5-M8	No hay significancia
M5-M1	Si hay significancia
M4-M3	No hay significancia
M4-M2	No hay significancia
M4-M7	No hay significancia
M4-M6	No hay significancia
M4-M8	No hay significancia
M4-M1	No hay significancia
M3-M2	No hay significancia
M3-M7	No hay significancia
M3-M6	No hay significancia
M3-M8	No hay significancia
M3-M1	No hay significancia
M2-M7	No hay significancia
M2-M6	No hay significancia
M2-M8	No hay significancia
M2-M1	No hay significancia
M7-M6	No hay significancia
M7-M8	No hay significancia
M7-M1	No hay significancia
M6-M8	No hay significancia
M6-M1	No hay significancia
M8-M1	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.8, se puede observar que existe diferencia significativa entre la muestra M5 – M1 en el atributo color de la prueba sensorial realizada, para lo cual se trabajó con un nivel de confianza de 95%. Por lo que a partir de los resultados esta muestra (M5) puede considerarse importante.

#### 4.3.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFÉ DE ALGARROBA PARA EL ATRIBUTO OLOR

La tabla 4.9, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del café de algarroba, para el atributo olor, utilizando 20 jueces no entrenados.

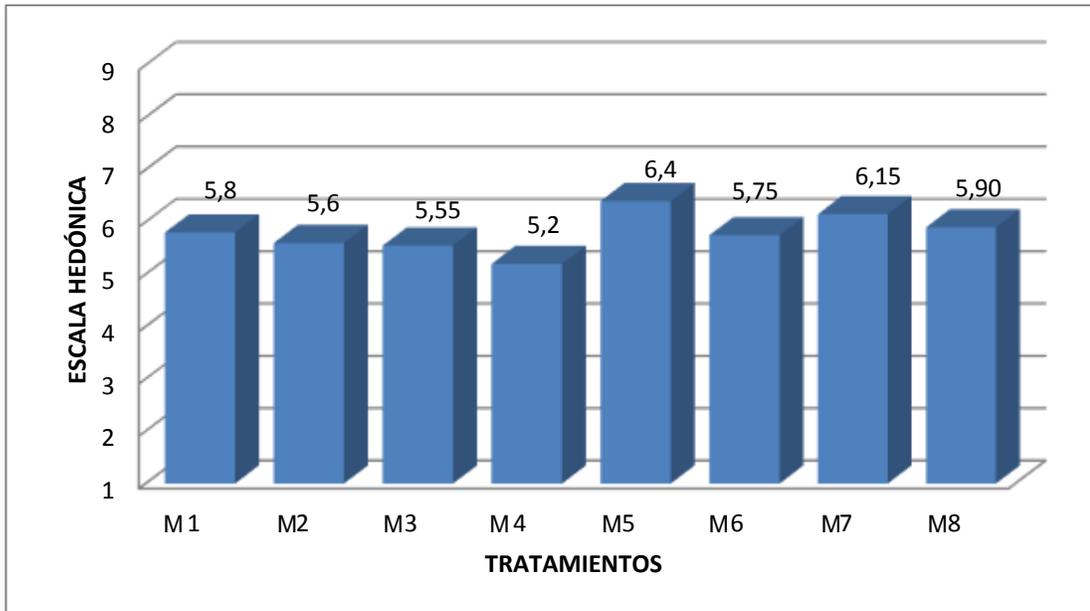
Tabla 4.9. Evaluación sensorial del atributo olor para el café de algarroba

N° de jueces	Muestras								Total $Y_i$
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
1	7	5	2	5	3	3	2	3	30
2	8	7	7	6	6	6	6	5	51
3	4	6	8	5	6	6	7	8	50
4	3	3	4	4	8	7	6	5	40
5	3	7	6	5	5	6	7	5	44
6	8	7	9	5	6	7	8	7	57
7	5	6	6	7	6	7	8	8	53
8	6	4	5	6	6	4	6	6	43
9	5	6	7	7	5	6	7	6	49
10	6	4	7	4	9	4	7	8	49
11	4	3	4	5	8	5	7	6	42
12	4	2	4	5	5	6	8	6	40
13	8	9	8	7	9	9	6	6	62
14	7	8	6	5	5	5	5	7	48
15	8	7	5	5	4	4	5	4	42
16	7	6	4	5	8	6	7	5	48
17	3	4	2	4	8	5	3	4	33
18	2	4	6	4	8	6	5	7	42
19	9	7	8	7	8	8	7	9	63
20	9	7	3	3	5	5	6	3	41
<b>promedio</b>	<b>5,8</b>	<b>5,6</b>	<b>5,55</b>	<b>5,2</b>	<b>6,4</b>	<b>5,75</b>	<b>6,15</b>	<b>5,90</b>	
$\Sigma_{ij}$	116	112	111	104	128	115	123	118	<b>927</b>
$\Sigma_{ij}^2$	766	694	695	566	876	701	803	750	

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 4.2, indica los resultados promedios en escala hedónica de la evaluación sensorial para el atributo olor del café de algarroba con datos obtenidos de la tabla 4.9.

Gráfico 4.2. Resultado promedio de evaluación sensorial del atributo olor



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 se muestra el promedio de las ocho muestras de las que se realizaron evaluación sensorial para el atributo olor, por lo cual se puede observar que la muestra con mayor promedio es la M5 con 6,40, en segundo lugar la M7 con 6,15 y en tercer lugar la muestra M8 con 5,90 en escala hedónica.

#### 4.3.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EL ATRIBUTO OLOR

En la tabla 4.10, se muestra en análisis de varianza extraído del Anexo C para el atributo color de las muestras de café de algarroba.

Tabla 4.10. Análisis de varianza de las muestras de café de algarroba

Fuente de varianza (FV)	(SG)	(GL)	(CM)	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>
Total	480,19	159			
Tratamientos	19,14	7	2,73	1,24	2,08
Jueces	170,32	19	8,96	4,09	1,67
Error	290,73	133	2,19		

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 4.9, F<sub>tab</sub> (2,08) es mayor que F<sub>cal</sub> (1,24), para un límite de confianza de 95% por lo cual se acepta la hipótesis planteada, por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8).

#### 4.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

##### 4.4.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL CAFÉ DE ALGARROBA

La tabla 4.11, muestra los resultados de los análisis físicoquímicos realizados al café de algarroba (anexo A), obtenida de la operación de tamizado en el proceso de elaboración, los mismos que fueron realizados por el CEANID.

Tabla 4.11. Análisis físicoquímico del café de algarroba

Parámetros físicoquímicos	Unidad	Resultados
<b>Ceniza</b>	%	3,76
<b>Fibra</b>	%	6,23
<b>Grasa</b>	%	0,76
<b>Hidratos de carbono</b>	%	81,87
<b>Humedad</b>	%	5,14
<b>Proteína total (Nx6,25)</b>	%	8,27
<b>Valor energético</b>	kcal/100 g	368,20

Fuente: CEANID, 2017

En la tabla 4.11 se observa que el café de algarroba presenta un alto contenido de hidratos de carbono, su valor es de 81,87 g/100 g de café de

algarroba; seguido por la cantidad de proteína 8,27 g y 100 g de café lo cual hace que el producto tenga propiedades diferentes a las del café comercial; además cuenta con 6,23 g de fibra, 0,76 g de grasa en 100 g de café de algarroba.

Se puede mencionar que el café de algarroba contiene un bajo nivel en agua que es de 5,14 g en 100 g de producto lo que hace que el mismo tenga las características de un café.

La tabla 4.12, muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al café de algarroba (anexo A), los mismos que fueron realizados en el IIQ.

Tabla 4.12. Análisis fisicoquímicos de la vaina de algarrobo

Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Resultados
Contenido de cafeína	%	No contiene
Color	Escala Agtron	65

Fuente: IIQ, 2017

En la tabla 4.12 se observa que el sucedáneo de café de algarroba no presenta cafeína en su composición, por lo que se asume que es un producto libre de cafeína.

Con respecto al color se puede observar que tiene un valor de 65 en una escala Agtron que fluctúa desde el número 95 (el tostado más claro) a intervalos de 10 hasta el número 25 (representa un tostado común más oscuro); por lo que se deduce que el sucedáneo de café de algarroba elaborado se encuentra en un nivel medio de tostado.

#### 4.4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL CAFÉ DE ALGARROBA

La tabla 4.13, muestra los resultados del análisis microbiológico realizado al café de algarroba obtenida de la operación de tamizado en el proceso de elaboración (Anexo A).

Tabla 4.13. Análisis microbiológicos del café de algarroba

Parámetros microbiológicos	Unidad	Resultados
<b>Bacterias aerobias mesófilas</b>	UFC/g	1,5x10 <sup>2</sup>
<b>Coliformes totales</b>	UFC/g	<10 (*)
<b>Mohos y levaduras</b>	UFC/g	<10 (*)

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 4.13, muestra que los resultados de los análisis microbiológicos de bacterias aerobias mesófilas, tiene el valor de 1,5x10<sup>2</sup> UFC en 1 g de café de algarroba el cual se encuentra dentro del límite de aceptabilidad y muestra que los análisis de coliformes totales, mohos y levaduras tienen un valor inferior a 10 unidades formadoras de colonia por gramo del producto.

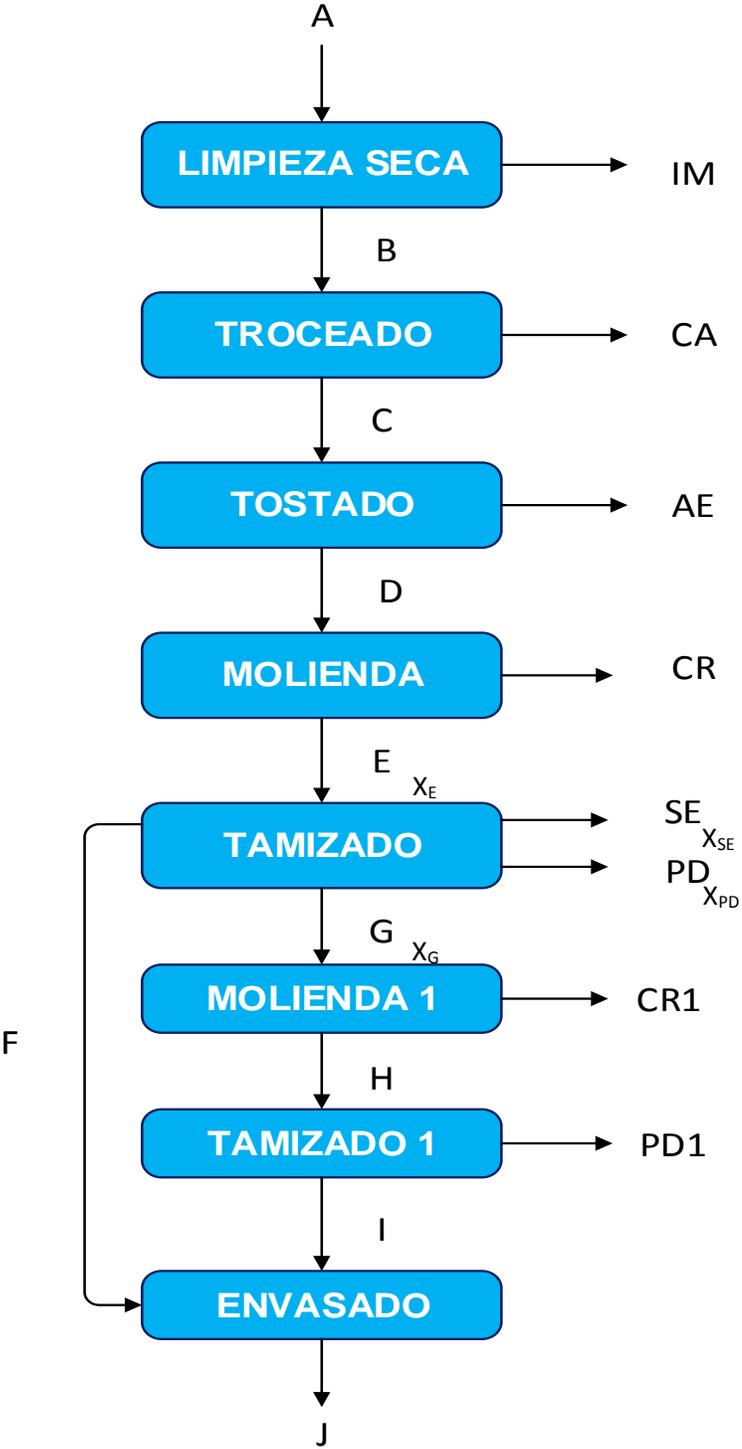
#### **4.5. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAFÉ DE ALGARROBA**

El balance se realizó con el fin de obtener el rendimiento del proceso en la obtención de café de algarroba; también se realizó el balance de energía en la operación de tostado, que es la única operación del proceso en la cual se requirió energía.

##### **4.5.1. BALANCE DE MATERIA PARA LA OBTENCIÓN DE CAFÉ DE ALGARROBA**

El balance de materia para el proceso de elaboración de café de algarroba se realizó tomando en cuenta el diagrama de bloques presentado en el diagrama 4.1, con una cantidad inicial de 105,12 gramos.

Diagrama 4.1.  
Diagrama de bloques del balance de materia en el proceso de elaboración del café de araroba



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

A= Cantidad de algarroba (g)

B= Cantidad de algarroba limpia (g)

C= Cantidad de algarroba troceada (g)

D= Cantidad de algarroba tostada (g)

E= Cantidad de algarroba tostada molida (g)

F= Cantidad de sucedáneo de café de algarroba (g)

G= Cantidad de partículas gruesas (g)

H= Cantidad de algarroba tostada molida 1 (g)

I= Cantidad de sucedáneo de café de algarroba 1 (g)

J= Sucédáneo de café de algarroba (g)

IM= Impurezas (g)

CA= Cantidad perdida de algarroba en el troceado (g)

AE= Agua eliminada (g)

CR= Cantidad de algarroba acumulada en el molino (g)

SE= Cantidad de semillas (g)

PD= Cantidad de partículas finas (g)

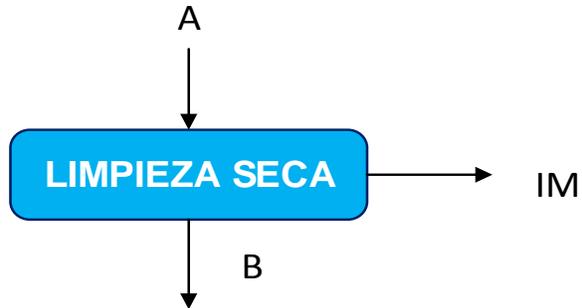
CR1= Cantidad de algarroba acumulada en el molino (g)

PD1= Cantidad de partículas finas de algarroba (g)

#### **4.5.1.1. BALANCE DE MATERIA PARA LA LIMPIEZA DE LA VAINA DE ALGARROBO**

En el diagrama 4.2, se muestra el bloque que representa la operación unitaria de limpieza la cual se realizó a 105,12 g de algarroba y al limpiar las mismas se obtuvo 1,81 g de impurezas que están constituidas de materias extrañas y tierra.

Diagrama 4.2.  
Limpieza seca de la vaina de algarrobo



Balance de materia global para la limpieza de las vainas de algarrobo

$$A = B + I \quad \text{Ec. 4.1.}$$

Despejando B de la Ec. 4.1.

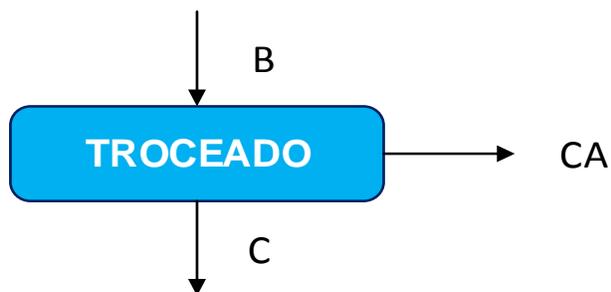
$$B = A - I \quad \text{Ec. 4.2.}$$

$$B = 105,12 - 1,81 = 103,31 \text{ g}$$

#### 4.5.1.2. BALANCE DE MATERIA PARA EL TROCEADO DE LA VAINA DE ALGARROBO

En el diagrama 4.3, se muestra el bloque que representa la operación unitaria de troceado el cual se realizó con 103,31 g de algarroba y al trocear las mismas se obtuvo 3,19 g residuos.

Diagrama 4.3.  
Troceado de la vaina de algarrobo



Balance de materia global para el troceado de las vainas de algarrobo

$$B = C + CA \quad \text{Ec. 4.3.}$$

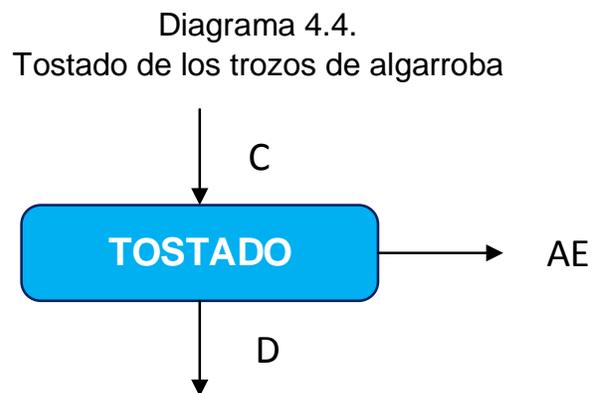
Despejando C de la Ec. 4.4.

$$C = B - CA \quad \text{Ec. 4.4.}$$

$$C = 103,31 - 3,19 = 100,12 \text{ g}$$

#### 4.5.1.3. BALANCE DE MATERIA PARA EL TOSTADO DE LOS TROZOS DE ALGARROBA

En el diagrama 4.4, se muestra el bloque que representa la operación unitaria del tostado el cual se realizó con 100,12 g de algarroba troceada de la cual se obtuvo 86,33 g de trozos de algarroba tostada.



Balance de materia global de los trozos de algarroba

$$C = D + AE \quad \text{Ec. 4.5.}$$

Despejando AE de la Ec. 4.6.

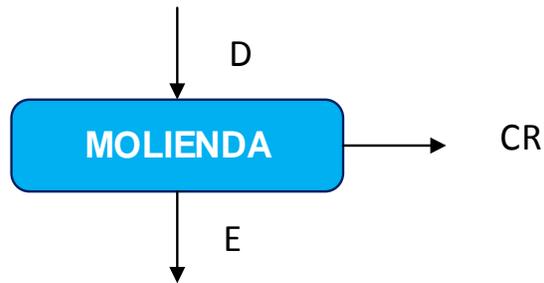
$$AE = C - D \quad \text{Ec. 4.6.}$$

$$AE = 100,12 - 86,33 = 13,80 \text{ g}$$

#### 4.5.1.4. BALANCE DE MATERIA PARA LA MOLIENDA DE LOS TROZOS TOSTADOS DE ALGARROBA

En el diagrama 4.5, se muestra el bloque que representa la operación unitaria de la molienda la cual se realizó con 86,33 g de trozos de algarroba tostada de la cual se acumularon 2,08 g en el molino.

Diagrama 4.5.  
Molienda de los trozos tostados de algarroba



Balance de materia global de los trozos tostados de algarroba

$$D = E + CR \quad \text{Ec. 4.7.}$$

Despejando E de la Ec. 4.8.

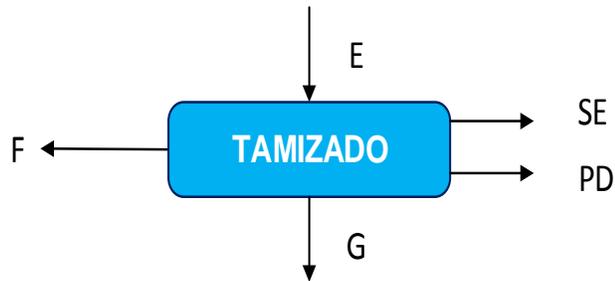
$$E = D - CR \quad \text{Ec. 4.8.}$$

$$E = 86,33 - 2,08 = 84,25 \text{ g}$$

#### 4.5.1.5. BALANCE DE MATERIA PARA EL TAMIZADO

En el diagrama 4.6, se muestra el bloque que representa la operación unitaria del tamizado la cual se realizó con 84,25 g de algarroba tostada molida, la cual tiene 56,80% de porción comestible, la diferencia le corresponde al contenido de semillas que llega a ser 43,20%, en esta operación también se pesó la cantidad de partículas finas que tiene un peso de 7,87 g, también se pesó la cantidad de sucedáneo de café con la granulometría adecuada que corresponde un 24,18 g.

Diagrama 4.6.  
Tamizado de los trozos tostados de algarroba



Balance de materia global de la algarroba tostada y molida

$$E = F + G + PD + SE \quad \text{Ec. 4.9.}$$

Balance parcial para la porción comestible

$$EX_E^{PC} = FX_F^{PC} + GX_G^{PC} + PDX_{PD}^{PC} + \cancel{SEX_{SE}^{PC}} \quad \text{Ec. 4.10.}$$

Despejando G de la Ec. 4.11.

$$G = \frac{EX_E^{PC} - FX_F^{PC} - PDX_{PD}^{PC}}{X_G^{PC}} \quad \text{Ec. 4.11.}$$

$$G = \frac{(84,25 \times 0,568) - (24,18 \times 1) - (7,87 \times 1)}{1} = 15,804 \text{ g}$$

Despejando SE de la Ec. 4.9

$$SE = E - F - G - PD \quad \text{Ec. 4.12.}$$

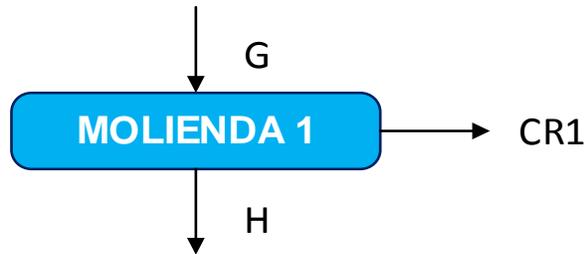
$$SE = 84,25 - 12,18 - 15,804 - 19,87$$

$$SE = 36,40 \text{ g}$$

#### 4.5.1.6. BALANCE DE MATERIA PARA LA MOLIENDA 1

En el diagrama 4.7, se muestra el bloque que representa la operación unitaria de la molienda 1 la cual se realizó con 15,804 g de partículas gruesas de algarroba de la cual se acumularon 0,81 g en el molino.

Diagrama 4.7.  
Molienda de las partículas gruesas de algarroba



Balance de materia global de la molienda de las partículas gruesas de algarroba

Ec. 4.13.

$$G = H + CR1$$

Despejando H de la Ec. 4.13.

$$H = G - CR1$$

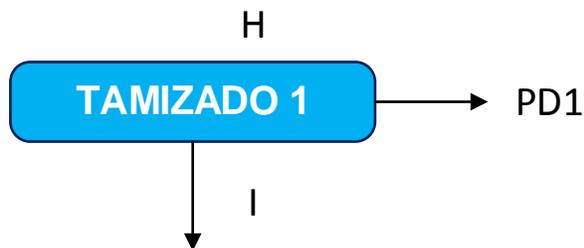
Ec. 4.14.

$$H = 15,804 - 0,81 = 14,994 \text{ g}$$

#### 4.5.1.7. BALANCE DE MATERIA PARA EL TAMIZADO 1

En el diagrama 4.8, se muestra el bloque que representa la operación unitaria del tostado el cual se realizó con 14,994 g de algarroba troceada de la cual se obtuvo 4,26 g de partículas finas de algarroba tostada.

Diagrama 4.8.  
Tamizado de las partículas de algarroba



Balance de materia global para el tamizado de las partículas de algarroba

$$H = I + PD1$$

Ec. 4.15.

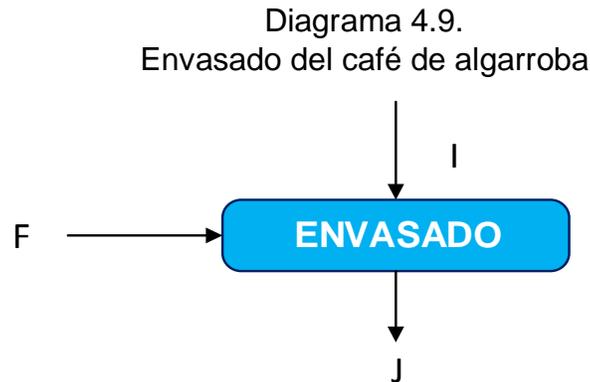
Despejando I de la Ec. 4.15.

$$I = H - PD1 \quad \text{Ec. 4.16.}$$

$$I = 14,994 - 4,26 = 10,734 \text{ g}$$

#### 4.5.1.8. BALANCE DE MATERIA PARA EL ENVASADO DEL SUCEDÁNEO DE CAFÉ DE ALGARROBA

En el diagrama 4.9, se muestra el bloque que representa la operación unitaria del tostado el cual se realizó con 24,18 g y 10,734 g del café de algarroba.



Balance de materia global para el envasado

$$F + I = J \quad \text{Ec. 4.17.}$$

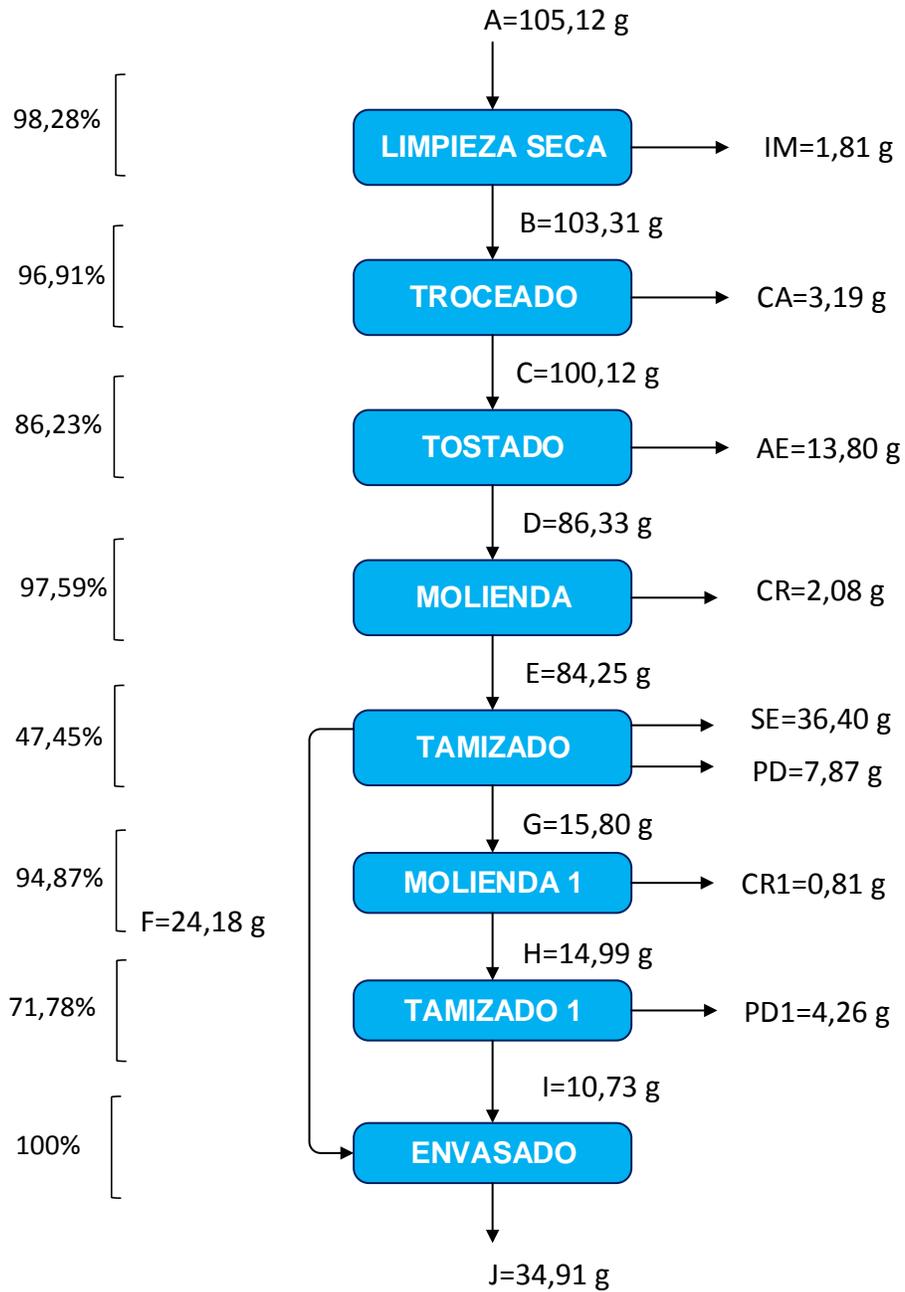
$$J = F + I$$

$$J = 24,18 - 10,734 = 34,91 \text{ g}$$

#### 4.5.2. RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE MATERIA

En el diagrama 4.10, se muestra el resumen general del balance de materia y rendimiento en el proceso de obtención de café de algarroba.

Diagrama 4.10.  
Resumen general del balance de materia y rendimiento en el proceso de obtención de café de algarroba



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.3. RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SUCEDÁNEO DE CAFÉ DE ALGARROBA

$$\text{Rendimiento \%} = \frac{\text{sucedáneo de café obtenido (g)}}{\text{Pulpa Comestible (g)}} \times 100$$

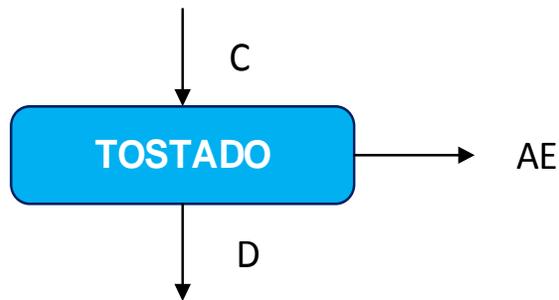
$$\text{Rendimiento \%} = \frac{34,914 \text{ g}}{59,71 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 58,47 \%$$

#### 4.5.4. BALANCE DE ENERGÍA DE LA OPERACIÓN DEL TOSTADO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL CAFÉ DE ALGARROBA

El balance de energía en la etapa de tostado para el proceso de obtención de café de algarroba se realizó tomando en cuenta el diagrama 4.11.

Diagrama 4.11.  
Balance de energía en la operación de tostado



$$D(Ep_D + Ec_D + EPe_D + U_D) - C(Ep_C + Ec_C + EPe_C + U_C) + \frac{d}{d\theta}(U\rho V) = Q - \tau \quad \text{Ec. 4.18.}$$

Dónde:

Ep = Energía potencial

EC = Energía cinética

EPe = Energía de presión

U = Energía interna

C, E = Flujo másico

V = Volumen

P = densidad

T = Trabajo

Q = Calor

Por definición:

$$H = U + PV \quad \text{Ec. 4.19.}$$

Dónde:

H= Entalpía

Aquí:

$$\Delta H = Cp \times \Delta T \quad \text{Ec. 4.20.}$$

Dónde:

$\Delta H$  = Gradiente de entalpía

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \quad \text{Ec. 4.21.}$$

$$Q_{total} = \sum Q_i \quad \text{Ec. 4.22.}$$

$$Q_{total} = Q_{olla} + Q_{tostado\ algarroba} + Q_{vaporización}$$

$$Q_{olla} = m_{olla} \times Cp_{olla} \times \Delta T_{olla}$$

Dónde:

$M_{olla} = 919,17 \text{ g} = 0,919 \text{ kg}$

$Cp_{aluminio} = 920 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$T_f = 172 \text{ }^\circ\text{C}$

$$T_i = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{olla} = 919,17 \text{ kg} \times 920 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (172 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_{olla} = m_{olla} \times Cp_{olla} \times \Delta T_{olla} \quad \text{Ec. 4.23.}$$

$$Q_{olla} = 124308,55 \text{ J}$$

Para encontrar el Cp (capacidad calorífica) de la algarroba se procedió a realizar los cálculos que se muestran en el Anexo D.1.

$$Q_{tostado\ algarroba} = m_{algarroba} \times Cp_{algarroba} \times \Delta T_{algarroba}$$

$$Q_{tostado\ algarroba} = 0,1001 \text{ kg} \times 2005,82 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (140 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_{tostado\ algarroba} = 23094,61 \text{ J}$$

Calor latente

$$Q_{vaporización} = m_{AE} \times \lambda_{vaporización}$$

Dónde:

$$m_{olla} = 13,799 \text{ g} = 0,01380 \text{ kg}$$

$$\lambda = 2272579,4 \text{ J/kg}$$

$$Q_{vaporización} = 0,01380 \text{ kg} \times 2272579 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 31361,60 \text{ J}$$

Resolviendo la ec 4.22 tenemos:

$$Q_{total} = 124308,55 + 23094,61 + 31361,6$$

$$Q_{total} = 178764,76 \text{ J} = \mathbf{178,76 \text{ KJ}}$$

**CAPÍTULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 5.1. CONCLUSIONES

En el presente trabajo experimental de elaboración de sucedáneo de café a partir de algarroba, según los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

De acuerdo a las propiedades físicas determinadas en la vaina del algarrobo procedente de la comunidad del Puente perteneciente a la segunda sección de la provincia Méndez, se pudo establecer la longitud promedio de 19.72cm, ancho promedio de 6.55cm, espesor promedio de 0.88 cm, peso promedio de 11.89g, porción comestible de 56.80% y mientras que la porción no comestible de 43.20% en peso.

Según los ensayos fisicoquímicos realizados al mesocarpio de la vaina de algarrobo presento un contenido de humedad de 9.09%, ceniza 2.79%, azúcares totales 79.73%, proteína 7.16%, grasa 1.23%, fibra 8.06 y un valor energético de 358.63 kcal por cada 100g de pulpa de la vaina del algarrobo.

Según los ensayos microbiológicos realizados al mesocarpio de la vaina del algarrobo por el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), presento valores inferiores a 10 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por cada gramo de mesocarpio de vaina de algarrobo, para recuentos de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales y mohos y levaduras, estos valores se encuentran por debajo de los límites permisibles de aceptabilidad.

Con respecto a las variables analizadas en la operación de tostado se pudo asumir que esta operación se favorecida debido a que el contenido de humedad en base seca es inferior al combinar los factores  $t_2$ - $T_2$ - $P_2$  (tiempo 7 min, temperatura 180°C y tamaño de troceado de 4cm), este valor de humedad corresponde a 0.0569 kg de agua/ kg de sólido seco, a comparación de los demás tratamientos que pierden menos humedad.

De acuerdo con los resultados del diseño factorial perteneciente a la operación de tostado se pudo constatar que las variables (t) tiempo, (T) temperatura, (P) tamaño de troceado y las interacciones (t-T), (t-P), (T-P) y (t-T-P), existe diferencia significativa, por lo cual estas variables y la interacción tienen significancia dentro de la operación de tostado.

Conforme los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados al sucedáneo de café a partir de algarroba se pudo comprobar que tiene un contenido de humedad de 5.14%, ceniza 3.76%, fibra 6.23%, grasa 0.76%, hidratos de carbono 81.87%, proteína de 8.47% y un valor energético de 368.20 kcal por cada 100 gramos de sucedáneo de café al partir de algarroba.

Según los resultados obtenidos del análisis realizado al producto elaborado se puede constatar que éste se encuentra exento de cafeína, por lo tanto es un sucedáneo de café libre de cafeína.

De acuerdo al análisis de color del sucedáneo de café de algarroba tostada realizado por el Instituto De Investigaciones Químicas (IIQ), se determinó que éste tiene un valor de 65 en una escala Agtron, que varía de 95 a 25, lo cual nos indica que este producto tiene un nivel medio de tostado.

Con respecto a los ensayos microbiológicos realizados al sucedáneo de café a partir de algarroba por el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), presentó valores de  $1.5 \times 10^2$ , Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por cada gramo de mesocarpio de vaina de algarrobo, para recuentos de bacterias mesófilas aerobias mientras que para coliformes totales y mohos y levaduras no se presentó desarrollo de colonias por lo tanto estos valores se encuentran por debajo de los límites permisibles de aceptabilidad.

En el balance de materia se pudo evidenciar que para producir 34,91g de sucedáneo de café a partir de algarroba con una humedad de 5,14%, se

necesita 105,12 g de algarroba con una humedad de 9,09% y una porción comestible 56.80%.

El rendimiento en el proceso de elaboración de café a partir de algarroba fue calculado en función a la cantidad de café obtenido entre la cantidad de algarroba comestible, dando como resultado un 58,47%.

En el balance de energía se determinó que la cantidad de calor necesario para tostar 105,12 g de los trozos de algarroba de 4 cm, a 180°C y 7 minutos es de 178.76 KJ.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Realizar la elaboración de sucedáneo de café de algarroba a partir de otra variedad diferente a la Prosopis Pallida o utilizar una combinación de variedades para poder comparar su calidad mediante ensayos fisicoquímicos.

Elaborar sucedáneo de café a partir de diversas fuentes vegetales naturales y orgánicas que no vayan en desmedro de la salud de los consumidores y comparar ese producto obtenido con el descrito en este trabajo.

Realizar el estudio correspondiente para obtener sucedáneo de café a partir de algarroba instantáneo y comparar sus características nutricionales con las expuestas en este trabajo.

Realizar un estudio de prefactibilidad para el sucedáneo de café a partir de algarroba obtenido, para determinar el mercado, costos de producción y la correspondiente evaluación económica.