



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL CAFÉ DE ALGARROBA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA NORMA TÉCNICA

Cecilia Janet Cortez González

Piura, 27 de Septiembre de 2010

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y Sistemas



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA



“Definición de parámetros de calidad del *café de algarroba* para la elaboración de una norma técnica”

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Cecilia Janet Cortez González

Dr. Ing. Gastón Cruz Alcedo

Piura, setiembre 2010

A mis seres queridos

Prólogo

En la región de Piura, la algarroba, fruto del algarrobo, ha sido y es empleada tradicionalmente en la elaboración de algarrobina, un extracto concentrado viscoso y dulce. Sin embargo, en la actualidad algunas empresas regionales han empezado a elaborar un nuevo producto llamado sucedáneo de café de algarroba, dada su fácil obtención y bajo costo de producción, así como su económico precio en el mercado.

Como todo producto, el *café de algarroba* debería tender a brindar la mayor calidad posible para de esta manera conseguir la satisfacción del cliente, así como su incremento en las ventas y la apertura comercial, hacia todo el país y el extranjero.

Así, las normas técnicas, se constituyen en elementos imprescindibles para alcanzar dicho objetivo. Desde el año 1999 se formó el Comité Técnico de Normalización (CTN) de la Algarroba y sus Derivados, cuyo campo de aplicación es la normalización sobre terminología, clasificación, requisitos, métodos de ensayo, rotulado, muestreo e inspección de la algarroba y sus productos derivados. Ya ha elaborado normas técnicas para la algarrobina (NTP 209.600), algarroba (NTP 209.601), harina de algarroba (NTP 209.602), y harina de algarroba tostada (NTP 209.603).

El CTN de la Algarroba y sus Derivados, tiene planeado elaborar una norma técnica para el sucedáneo de café de algarroba, motivo por el cual a través del Centro de Innovación Tecnológica y Agroindustrial de Piura (CITE Agroindustrial Piura), se me ha encargado la elaboración de la presente tesis, de tal manera que los resultados obtenidos puedan ser tomados en cuenta en la elaboración de la norma técnica mencionada.

Por último, quisiera expresar mi agradecimiento al Dr. Ing. Gastón Cruz, pues este trabajo no hubiera sido posible sin su valioso apoyo y asesoramiento, al Dr. Ing. Ricardo Rodríguez y a la Ing. Oriana Lescano, docentes de la Universidad Privada Antenor Orrego, por su ayuda en la realización de los ensayos de color; al Ing. Mgr. Jorge Yaksetig y al alumno César López por su apoyo en la construcción de la máquina compactadora, al Ing. José Ordinola por su apoyo en el ensayo de tamizado realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción y a la Téc. Janet Ramírez, por su ayuda en los distintos ensayos llevados a cabo en el Laboratorio de Química.

Resumen

El objetivo del trabajo es definir algunos parámetros de calidad del sucedáneo de café de algarroba, con el fin de que estos datos sean útiles en la elaboración de una norma técnica.

Para la realización de los ensayos se utilizó como referencia las normas técnicas colombianas (NTC) referidas al café tostado y molido. Se trabajó con 4 marcas de *café de algarroba*: Bauvi, La Española, Santa María de Locuto y PRONOR.

Se obtuvieron los siguientes resultados: contenido de humedad de 3,68% a 7,62%; tamaño promedio de partícula de 386,96 μm a 703,65 μm ; rendimiento de extracción (método por goteo) de 27,39% a 43,30%; concentración de sólidos solubles (método por goteo) de 2,22% a 3,33%; rendimiento de extracción (contacto directo) de 27,09% a 39,22%; concentración de sólidos solubles (contacto directo) de 1,98% a 2,84%; color de 7,88 L* a 8,22 L* para el café sin modificar y de 6,62 L* a 8,61 L* para el café remolido y tamizado; contenido de carozo de 19,19% a 31,90%; densidad de 0,560 g/ml a 0,602 g/ml.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1: El algarrobo	4
1.1 Ubicación taxonómica	4
1.2 Descripción de la especie <i>Prosopis pallida</i>	4
1.2.1 Distribución	5
1.2.2 Formas del <i>Prosopis pallida</i>	5
1.2.3 Hábitat.....	6
1.3 Potencial del algarrobo	6
1.4 La algarroba.....	7
1.4.1 Estructura del fruto del <i>Prosopis pallida</i>	7
1.4.2 Composición químico nutricional de la pulpa de algarroba	9
1.4.3 Composición químico nutricional del endocarpio o carozo	10
1.4.4 Usos tradicionales de la algarroba	10
1.4.5 Aprovechamiento integral de la algarroba.....	11
1.4.6 Comercialización de algarroba	11
Capítulo 2: Café genuino y sucedáneos de café	14
2.1 Breve historia del café	14
2.2 Características botánicas y variedades del café.....	15
2.3 El fruto del café	16
2.4 Procesamiento (post-cosecha) del fruto del café: Beneficio del café.....	17
2.5 Torrefacción.....	19
2.6 Composición química del café verde y tostado del <i>Coffea arabica</i>	20
2.7 Normas técnicas	20
2.7.1 Concepto	20
2.7.2 Normas técnicas del café	22
2.7.2.1 Normas técnicas peruanas	22
2.7.2.2 Normas técnicas colombianas.....	27
2.7.2.3 Normas técnicas venezolanas	29
2.7.2.4 Normas técnicas mexicanas	32
2.8 Sucédáneos del café.....	35
2.8.1 Clases de sucedáneos del café	35
2.8.2 Sucédáneo de café de algarroba.....	37
Capítulo 3: Fundamentos teóricos	40

3.1 Molienda y tamizado	40
3.1.1 Molienda	40
3.1.2 Tamizado	43
3.2 Extracción sólido-líquido	46
3.3 Filtración.....	47
3.4 Humedad en productos alimentarios	48
3.5 Medición del color – CIE Lab	49
 Capítulo 4: Parte experimental	 54
4.1 Determinación del contenido de humedad	54
4.2 Determinación del tamaño de partícula	55
4.3 Determinación del rendimiento de la extracción y de los sólidos solubles. Método por goteo directo	58
4.4 Determinación del rendimiento de la extracción y de los sólidos solubles. Método por contacto directo.....	59
4.5 Determinación del grado de tueste	61
4.6 Determinación de la densidad por compactación	62
4.7 Determinación del porcentaje de “partículas blancas” (carozo) en el <i>café de algarroba</i>	63
 Capítulo 5:Resultados y discusión.....	 66
5.1 Contenido de humedad	66
5.2 Tamaño de partícula	70
5.3 Rendimiento de la extracción y sólidos solubles. Método por goteo directo.	74
5.4 Rendimiento de la extracción y sólidos solubles. Método por contacto directo.	86
5.5 Grado de tueste	91
5.6 Porcentaje de “partículas blancas” (carozo) en el <i>café de algarroba</i>	94
5.7 Densidad por compactación.....	95
 Conclusiones.....	 98
 Bibliografía.....	 100

Introducción

La Universidad de Piura ha realizado diversos trabajos de investigación con el objetivo de lograr un aprovechamiento integral del fruto del algarrobo. Así, se planteó un nuevo producto denominado sucedáneo de café, el cual resulta de la molienda de las vainas de algarroba, enteras o como pulpa trozada o molida, previamente tostadas hasta adquirir una coloración oscura.

Este producto, elaborado por varias microempresas, se encuentra en el mercado piurano en distintos supermercados y tiendas, posee un color oscuro y un aroma a algarroba. El *café de algarroba* se prepara igual que un café genuino, pero presenta ciertas ventajas respecto de él, pues, al no contener cafeína, no es estimulante ni dañino para la salud, por lo que puede ser consumido por toda la familia; además, es ligeramente más económico.

La presente tesis busca definir algunos de los parámetros de calidad del sucedáneo de café de algarroba que sirvan de base para la elaboración de su norma técnica, constando para esto de cinco capítulos. Los dos primeros capítulos corresponden al marco teórico y los tres últimos a la parte experimental.

El capítulo 1, “El algarrobo”, brinda información sobre este árbol, su ubicación taxonómica, distribución, potencial, así como las características botánicas y morfológicas de la vaina de algarroba, la composición química de sus partes y sus principales usos.

El capítulo 2, titulado “Café genuino y sucedáneos del café”, comprende el estudio de las variedades, características, procesos productivos del café, Normas Técnicas Peruanas y de otros países (México, Colombia, Venezuela) referidas al café y los distintos sucedáneos del café existentes en el mundo.

En el capítulo 3, “Fundamentos teóricos”, se exponen temas que guardan relación con los ensayos de laboratorio realizados: molienda y tamizado, extracción sólido líquido, filtración y contenido de humedad, medición del color.

En el capítulo 4, titulado “Parte experimental”, se detalla en qué consiste cada ensayo realizado, materiales y procedimiento, tomando como referencia las Normas Técnicas Colombianas del café. Asimismo, se presentan las modificaciones o variaciones en el procedimiento de los ensayos debidas a la carencia de ciertos instrumentos, por un lado, o a características propias del *café de algarroba*, por otro.

El quinto y último capítulo, “Resultados y discusión”, expone los resultados obtenidos y comparaciones al someter las distintas marcas de café a los ensayos de laboratorio.

Capítulo 1

El algarrobo

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

Es una de las especies arbóreas típicas de las zonas áridas y semiáridas principalmente costeras del Perú e incluso de toda América. Es conocido y utilizado desde tiempos prehispánicos, así lo demuestran los ídolos precolombinos tallados en madera de algarrobo, los cuales fueron encontrados por el sabio Antonio Raymondi.

En la era pre-inca, los indígenas fabricaban con sus frutos una bebida denominada "yupisín", la cual se prepara agregando agua a los frutos molidos.

El algarrobo posee distintas denominaciones según el lugar donde se encuentre. Por ejemplo, en la costa norte y central del Perú recibe el nombre de *algarrobo*, en el departamento de Ica, *huarango*; en Puerto Rico, *algarrobo americano*, y *kiawe*, en Hawai.

1.1 Ubicación taxonómica

El *Prosopis pallida*, o algarrobo, pertenece a la familia Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae). Como bien lo describe Ramón Ferreyra¹, las especies de *Prosopis* que habitan en el territorio costero septentrional del Perú son árboles o arbolillos. El tronco es erguido o inclinado, las ramas ascendentes o decumbentes, sin espinas o con espinas pequeñas o grandes. Las hojas son bipinnadas con pinnas opuestas y en pares. Flores verdosas luego amarillentas o amarillas. Fruto legumbre, lineal recto, falcado o anillado, mesocarpio carnoso muy dulce, endocarpio coriáceo dividido en uno o varios segmentos; semillas comprimidas, ovoides, duras, pardo oscuras con endosperma musilaginoso que rodea al embrión.

1.2 Descripción de la especie *Prosopis pallida*

El algarrobo puede ser considerado como un árbol o arbolillo dependiendo de la altura que alcance, suele tener de 3 - 10 m de alto por 30 - 65 cm de diámetro. Es un árbol erguido, con muchas ramas, las cuales crecen de manera ascendente. Sus hojas tienen de 6 - 12 cm

¹ Ferreyra, R. *Estudio sistemático de los algarrobos de la costa norte del Perú*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Dirección de Investigación Forestal de Fauna. Lima, Ministerio de Agricultura, 1987.

de largo con 2 - 3 hojas por nudo. El fruto del algarrobo, se conoce como vaina de algarroba, ésta vaina se caracteriza por tener un sabor muy dulce, mide de 13,5 - 25 cm de largo por 8 - 15 mm de ancho y 4 - 9 mm de grosor, es recta o ligeramente falcada, semicomprimida, y amarilla. Las semillas son oblongas hasta 6,5 mm de diámetro.

1.2.1 Distribución:

El *Prosopis pallida* es nativo de la costa norte del Perú, pero también se ha encontrado en la costa meridional (desde el sur de la ciudad de Tacna hasta la Península de Paracas, en Ica), esta especie se extiende hasta el sur del Ecuador. El algarrobo es considerado un árbol forrajero por excelencia, sus ramas se caracterizan por ser abundantes y no presentar espinas.

1.2.2 Formas del *Prosopis pallida*

- ***Prosopis pallida* forma *armata*:** Esta variedad es conocida como “Algarrobo” o “Guarango”. Lo que diferencia a esta especie de las demás son las espinas que presentan sus ramas, las cuales sirven como defensa contra la depredación de animales herbívoros. Es natural de la costa septentrional del Perú (Sullana, Paíta, Los Órganos, Piura, Sechura) pero también se han encontrado en el sur de Ecuador.
- ***Prosopis pallida* forma *decumbens*:** Esta variedad es conocida como “Algarrobo achaparrado”; “Algarrobo”. Tiene una ramificación densa y decumbente. Durante la fructificación produce gran cantidad de vainas de algarroba que cuelgan de sus ramas gravitando hacia el suelo. Esta variedad se ha encontrado en la costa norte peruana (Piura, Sullana y Sechura). Los nativos usan en el lenguaje vernacular el término “achaparrado” o “Algarrobo achaparrado”.
- ***Prosopis pallida* forma *annularis*:** Esta variedad es conocida como “Algarrobo cachito” o “Cachito”. Debe su nombre a la forma anillada o de herradura de sus frutos. Esta variedad se puede encontrar en la costa norte peruana.

Según un estudio reciente², se ha determinado que existen en la región (Piura, Lambayeque y Tumbes), dos entidades biológicas que corresponden completamente con *Prosopis pallida* y *Prosopis limensis*, motivo por el cual el estudio mencionado sostiene que deben considerarse estas especies como diferentes y no sinónimas.

El *Prosopis limensis* a diferencia del *Prosopis pallida* posee mayor número de hojas por lo que su sombra es más densa, además sus frutos son más largos y anchos.

A pesar que en Brasil no existe ninguna especie nativa, se han hecho plantaciones de algarrobo en las zonas secas del noreste. La especie que se introdujo fue llevada en 1942

² Mom, María Pía; Albán, Luis; Burghardt, Alicia Diana; Palacios, Ramón Antonio. *Los algarrobos peruanos: Prosopis pallida y su delimitación*. Arnela 9:39-48, 2002

desde Piura, Perú y por tanto es la misma, salvo que los brasileños han preferido identificarla con *P juliflora*.³

1.2.3 Hábitat

El algarrobo requiere clima templado con tendencia a cálido, durante los meses de verano tolera temperaturas superiores a los 45 °C, sin embargo los cambios de temperatura bruscos y las inundaciones permanentes son perjudiciales para esta especie, es por esto que durante el Fenómeno del Niño ocurrido en 1983 se perdieron grandes extensiones de bosque seco.

De octubre a abril, el algarrobo comienza a dar sus frutos, las condiciones climáticas de temperatura media oscilan entre 20,5 y 29 °C y la humedad relativa es 76,3 a 83%.

Los suelos en que crecen los algarrobos son de distintos tipos, por ejemplo, en la región Lambayeque, los tipos de suelos en que crecen los algarrobos son del tipo franco-arenoso y arcilloso-arenoso con pH neutro, en el departamento de Ica los suelos son arenoso-arcillosos y en Piura los suelos corresponden a una textura arenosa-alcalina.

La presencia del *Prosopis pallida* es escasa a una altitud de 400 a 500 msnm.

Los suelos del norte son muy fértiles pero carecen de agua, sin embargo el algarrobo tiene un sistema para aprovechar al máximo los elementos nutritivos de las tierras y generalmente subsiste sólo gracias a la humedad que logra absorber con sus raíces a muchos metros de profundidad.

La forma arbórea de *Prosopis pallida* vive en simbiosis con *Rhizobium* y hongos formadores de estructuras especiales denominadas micorrización arbuscular. Esta triple asociación cobra importancia en la fijación de nitrógeno atmosférico por un lado y, por otro, la simbiosis micorriza - arbuscular le permite a la planta absorber nutrientes y agua del suelo. Su función es crítica para la captación de nutrientes como PO_4^{-3} , NH_4^+ y micronutrientes⁴.

1.3 Potencial del algarrobo

El algarrobo es una especie muy versátil con un gran potencial pues puede ser utilizado para una variedad de fines tales como:

- **Contrarrestar la desertificación:** El algarrobo es conocido como el “Rey del desierto” por los diversos beneficios directos e indirectos que proporciona, constituye una excelente especie para el control de las dunas de los desiertos.
- **Fertilizante:** El algarrobo ayuda a recuperar la fertilidad de los suelos debido a sus distintas capacidades como son: Fijar el nitrógeno desde la atmósfera, adición de materia orgánica a partir de las hojas y su directa influencia en la reducción de la erosión y degradación. El algarrobo es un árbol siempre verde, sin embargo hay un periodo en que pierde algo de su follaje, las hojas acumuladas en el suelo forman un manto de capa gruesa que es apreciado como abono orgánico y utilizado en la fertilización de los campos cultivados para acondicionar frutos.
- **Alimento humano y animal:** Como se mencionó anteriormente la fructificación del algarrobo se produce durante los meses de octubre a abril, obteniéndose manojos de vainas que prenden de las ramas, estas vainas contienen altísimos porcentajes de azúcares, proteínas, minerales, vitaminas del complejo B y fibras,

³Grados, N; Cruz, G. *La algarroba: Perspectivas de utilización industrial*. Piura: Universidad de Piura, 1994

⁴ <http://www.fao.org/docrep/006/ad314s/AD314S08.htm>. Consultada el 23 de octubre de 2009

esenciales para la nutrición humana y animal, las consume todo tipo de ganado: cabras, ovejas, caballos, burros, es capaz de sustituir el maíz y salvado de trigo en las dietas animales.

- **Madera y carbón:** El algarrobo rinde madera y carbón de muy buena calidad. En el departamento de Piura, los pobladores de las zonas rurales emplean la madera del algarrobo para fabricar los muebles de sus viviendas (puertas, mesas, vigas, umbrales y bancas), con los rollizos se construyen cercos para el ganado. Se utiliza en la fabricación de carbón que es de consistencia dura y gran fuerza calorífica de forma irregular y negro opaco.
- **Especie melífera:** El algarrobo es una especie melífera, por lo que las abejas utilizan sus flores como excelente recurso para la producción de miel, jalea, polen y cera.
- **Agroforestería:** El algarrobo se emplea como cortina rompe vientos, como cerco agrícola y para brindar sombra al ganado.

1.4 La algarroba

1.4.1 Estructura del fruto del *Prosopis pallida*

El fruto del algarrobo está constituido por una legumbre alargada de color verde inicialmente, que posteriormente cuando está madura se torna de color amarillo pardo. Es multiseeminada, encorvada e indehiscente; su forma, tamaño, espesor y peso es variado.

La vaina consta de cuatro partes:

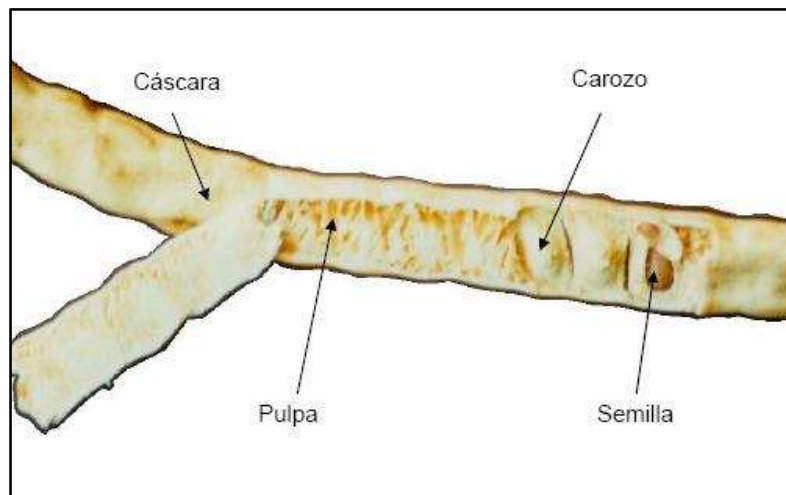


Fig. 1.1 Vaina de algarroba madura⁵

- **Exocarpio (cáscara)**
- **Mesocarpio (pulpa):** El mesocarpio más conocido como pulpa de algarroba, contiene un alto nivel de sacarosa (46,35%) y fibra dietética (32,2%), debido a

⁵ Prokopiuk, Dante Basilio. *Sucedáneo del café a partir de la algarroba Prosopis alba* Griseb. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2004.

esto puede ser utilizada para la obtención de extractos azucarados, productos dietéticos y alimentos energéticos. En la pulpa también están presentes minerales entre los que destaca el potasio que se encuentra en un 2,65%. Asimismo contiene vitamina C (60 mg/kg) y el ácido nicotínico (31 mg/kg)

- **Endocarpio (carozo):** El endocarpio está compuesto mayoritariamente por fibra dietética insoluble (70,8%). Puede usarse en la preparación de alimentos dietéticos, alimentación para ganado o como combustible.
- **Semillas:** Las semillas se fraccionan a su vez en:
 - **Epispermo:** Representa la cáscara de la semilla. El componente que se presenta en mayor proporción es la fibra dietética (75,2%). El epispermo presenta la mayor cantidad de taninos condensados (2,7%)
 - **Endospermo:** También llamado goma de la semilla, tiene un alto contenido de fibra dietética. La fibra dietética es mayoritariamente un galactomanano, gracias a esto, se puede utilizar en diferentes industrias, aprovechando sus propiedades de espesante, gelificante, estabilizante, etc.
 - **Cotiledón:** En el cotiledón, las proteínas son las que se presentan en mayor proporción (69%). Debido a que posee ciertos aminoácidos esenciales como la leucina, fenilalanina, lisina, isoleucina, histidina, arginina, éste puede utilizarse para realizar un mejoramiento del perfil aminoácido de las harinas empleadas en la industria alimentaria, como la del trigo.

La figura 1.2 resume la composición morfológica de la algarroba.

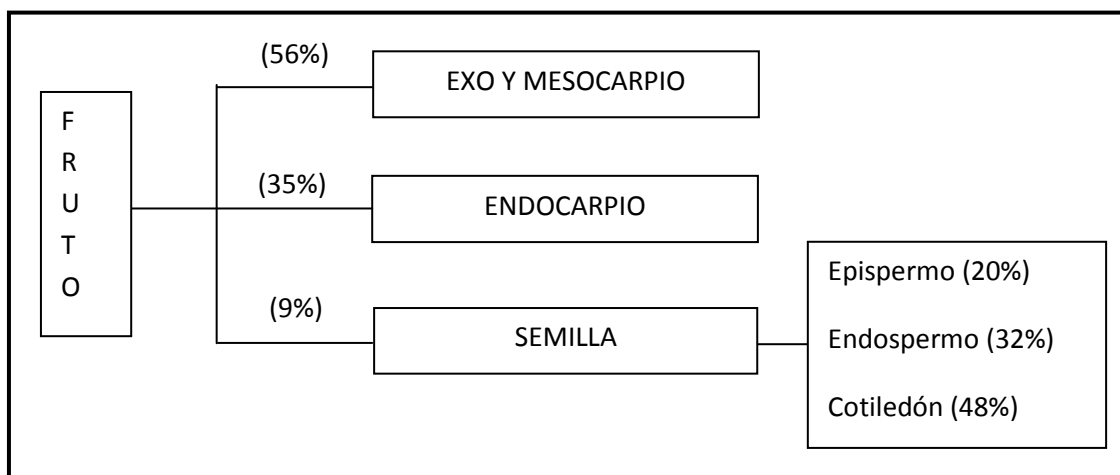


Fig. 1.2 Composición morfológica de la algarroba⁶

⁶ Ruiz, Walter; Cruz, Gastón; Grados, Nora. "Aprovechamiento integral de la algarroba (*Prosopis sp.*) como medio para impulsar y promover el desarrollo sostenible de los bosques secos de la Región Grau". En *Bosques secos y desertificación. Memorias del seminario Internacional Proyecto Algarrobo*. Lima: INRENA, 1998.

1.4.2 Composición químico nutricional de la pulpa de algarroba

La pulpa comprende el exo y mesocarpio, representando el 56% del peso total del fruto. La tabla 1.1 muestra el resultado de un análisis realizado a la pulpa de algarroba con el fin de conocer su composición químico-nutricional.

Tabla 1.1 Composición químico-nutricional de la pulpa de algarroba⁷

DETERMINACIÓN	g/100g de muestra seca
Cenizas	3,60
Proteínas (N x 6,25)	8,11
Grasa	0,77
Sacarosa	46,35
Azúcares reductores	2,14
Fibra dietética insoluble	30,60
Fibra dietética soluble	1,62
Minerales contenidos	mg/100g de muestra seca
Potasio	2,65
Calcio	75,86
Magnesio	90,36
Sodio	113,02
Cobre	Trazas
Níquel	Trazas
Fierro	33,04
Magnesio	Trazas
Zinc	Trazas
Vitaminas	mg/kg de muestra original
A	No detectada
E	5,00
B1	1,90
B2	0,60
B6	2,35
Ácido nicotínico	31,00
C	60,00
Ácido fólico	0,18

⁷ Ruiz, Walter; Cruz Gastón; Grados Nora. "Aprovechamiento integral de la algarroba (*Prosopis sp.*) como medio para impulsar y promover el desarrollo sostenible de los bosques secos de la Región Grau". En *Bosques secos y desertificación. Memorias del seminario Internacional Proyecto Algarrobo*. Lima: INRENA, 1998.

1.4.3 Composición químico nutricional del endocarpio o carozo

El endocarpio consiste en unas cápsulas muy duras dentro de las cuales se encuentran las semillas. El endocarpio representa el 35% del peso total del futo. La composición química nutricional se presenta en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Composición químico nutricional del endocarpio o carozo.⁸

Determinación	g/100g de muestra seca
Cenizas	3,30
Proteínas	4,00
Grasa	1,30
Fibra dietética soluble	3,43
Fibra dietética insoluble	88,90
Minerales contenidos	mg/100g de muestra seca
Fósforo	13,20
Calcio	13,20
Potasio	33,20
Sodio	2,30

1.4.4 Usos tradicionales de la algarroba

- Algarrobina:** La preparación de algarrobina es uno de los principales usos de la algarroba. Tradicionalmente la algarrobina se prepara poniendo a hervir las vainas de algarroba (bien secas), posteriormente el jugo obtenido se filtra y se pone a concentrar por evaporación en un recipiente sobre la cocina. El concentrado obtenido tiene un color marrón oscuro brillante y tiene la textura de un jarabe espeso.

La algarrobina puede consumirse como uso medicinal especialmente para combatir la disentería en niños debido a sus características astringentes. Además es usada por personas de bajos recursos económicos como concentrado multivitamínico y complemento alimenticio.

El uso más común de la algarrobina en todo el Perú es en la elaboración del cóctel de algarrobina, preparado a base de pisco, huevos, leche y una pequeña porción de algarrobina.
- Yupisín:** Es un refresco obtenido por extracción acuosa de los frutos, pero este refresco no se concentra. Este refresco se consume tal cual o se puede utilizar para preparar mazamorras con harina de camote o de maíz.
- Alimentación de ganado:** Más del 90% de la producción de la algarroba que se comercializa, es empleada para la alimentación de animales como las vacas, cabras, caballos y burros, consumiéndola en su estado natural, es decir en

⁸Ruiz, Walter; Cruz Gastón; Grados Nora. "Aprovechamiento integral de la algarroba (*Prosopis sp.*) como medio para impulsar y promover el desarrollo sostenible de los bosques secos de la Región Grau". En *Bosques secos y desertificación. Memorias del seminario Internacional Proyecto Algarrobo*. Lima: INRENA, 1998.

vaina. La algarroba tiene gran aceptación entre los ganaderos pues según ellos, ésta tiene ciertas propiedades adicionales a su evidente valor energético.⁹

1.4.5 Aprovechamiento integral de la algarroba

La Universidad de Piura aparte de estudiar y experimentar técnicas rápidas y efectivas para la reforestación del bosque seco, también dedica gran parte de su atención al estudio de los frutos del algarrobo, de tal manera que se pueda tener un aprovechamiento íntegro y contribuir a aumentar los ingresos del poblador rural, mejorando de esta manera su nivel socioeconómico.

Un aprovechamiento integral implica una separación primaria del fruto en carozo, semilla y pulpa. Para lograr tal fraccionamiento, la algarroba pasa por las siguientes etapas, selección, lavado, secado (hasta un 7% de humedad), molienda y tamizado. Al final de este proceso se obtiene 4 fracciones según las mallas utilizadas para el tamizado (mallas de la serie ASTM):

- **Fracción 1:** La fracción 1 es aquella que queda retenida en la malla N° 6 (3350 μm), contiene la mayor parte del endocarpio de la algarroba, como se mencionó anteriormente el endocarpio se caracteriza por su alto contenido de fibra dietética insoluble, entonces ésta fracción puede utilizarse en la elaboración de alimentos dietéticos, alimento de animales o como combustible. Sin embargo debido a que esta fracción posee 23% de azúcares también se podría utilizar para la elaboración de algarrobina.
- **Fracción 2:** La fracción 2 es aquella que logra pasar la malla N° 6 pero queda retenida en la malla N° 10 (2000 μm). En esta fracción se encuentran las semillas junto con fragmentos de pulpa y carozo. Después de separar las semillas del resto, éstas se pueden utilizar para la obtención de goma (a partir del endospermo) y harina proteica (a partir del cotiledón). La pulpa y carozo pueden utilizarse para la elaboración de algarrobina (pues poseen un 35% de azúcares) o para la alimentación de animales.
- **Fracción 3:** La fracción 3 es aquella que logra pasar la malla N° 10 pero queda retenida en la malla N° 60 (250 μm). Esta fracción contiene la mayor cantidad de exo y mesocarpio (pulpa) de la algarroba. Debido a su alto contenido de azúcares (54%) el mejor aprovechamiento que se le podría dar sería la elaboración del sucedáneo del café y de la algarrobina. Una vez que se le han extraído los azúcares, puede ser utilizado como fibra dietética.
- **Fracción 4:** La fracción 4 se divide en dos, aquella que logra pasar la malla N° 100 (150 μm) puede utilizarse como polvo soluble para saborizantes, sustitutos del cacao y aquella que queda retenida puede emplearse como harina para la elaboración de café, harina enriquecida o alcohol por fermentación.

1.4.6 Comercialización de algarroba

En la comercialización de la algarroba intervienen diferentes agentes tanto de la zona de producción como externos a ella, cada agente tiene un papel asignado el cual es

⁹ Grados, Nora; Cruz, Gastón. *La algarroba: Perspectivas de utilización industrial*. Piura: Universidad de Piura, 1994.

cumplido de manera satisfactoria llegándose así a un equilibrio entre la oferta y la demanda.

Existen dos sistemas de comercialización: la directa y la indirecta. En el sistema de comercialización directa: el productor vende su producto directamente al consumidor. En el sistema de comercialización indirecta para que el consumidor obtenga el producto, éste debe pasar por diferentes agentes como: acopiadores, mayoristas, minoristas, comisionistas y transportistas.

La comercialización de la algarroba se da en dos épocas del año, así se tiene la venta en campaña grande que es donde se tiene la mayor producción y se da entre los meses de diciembre a abril, durante esta campaña los precios de la algarroba son bajos debido a la abundancia del producto. La otra campaña es la venta en época de escasez, la cual se da a partir del mes de julio donde los precios suben considerablemente, sin embargo son pocos los productores que almacenan su producto.

Según información registrada por las Unidades de Forestal y Fauna de la Dirección Regional Agraria, existen cuatro puntos importantes de producción en el departamento de Piura: San Lorenzo, Sullana, Chulucanas y el Medio y Bajo Piura; de estas zonas se ofertan grandes cantidades de algarroba.¹⁰

Los sectores de mayor demanda son los centros de crianza de ganado vacuno lechero o de engorde y también los centros de crianza de caballos de paso. Los lugares de mayor consumo son Lima, Trujillo, Chiclayo, Piura, Cajamarca y Arequipa.

¹⁰ Asencio Díaz, Fausto. *La producción de algarroba de los bosques secos. Economía y medio ambiente en la Región Grau*. Trabajo del Colegio Andino N° 22. Cuzco, CBC; Central Peruana de Servicios-Piura, 1997

Capítulo 2

Café genuino y sucedáneos del café

2.1 Breve historia del café

El café es conocido y utilizado desde la antigüedad por los habitantes del sur de Abisinia y de los Grandes Lagos, debido a que los cafetos típicos sólo son espontáneos en África Central. En aquella época los consumidores de café masticaban los granos ligeramente tostados lo cual producía que la sensación de hambre disminuyera.

Abisinia es considerada como el primer lugar donde se comenzó con el cultivo, uso del café e incluso con la preparación de éste como bebida. Algunos pueblos pertenecientes a Abisinia preparaban una infusión con los granos verdes, otros aprovechaban las hojas, cerezas y granos y algunos otros hacían preparaciones de café con manteca.

La expansión del café de Abisinia a Arabia se dio durante los siglos XIII o XIV, existiendo varias leyendas que la explican. La leyenda más conocida es la del santón Alí Ben Omar al-Sadhili, fundador de la zuia de al-Moka en el Yemen, el cual recibió granos de café como obsequio de parte de sus seguidores etíopes. Existe otra versión de la leyenda según la cual un pastor de Abisinia llamado Kaldi, observó que sus cabras no podían dormir ni reposar después de comer las bayas de un arbusto (cafeto). El pastor acudió a pedir consejo al superior de un monasterio cristiano, el cual probó el efecto de las bayas del cafeto sobre sus monjes, descubriendo que gracias a estas sus monjes permanecían despiertos durante sus oraciones nocturnas.

La extensión del café por el resto del mundo islámico se dio gracias a las peregrinaciones hacia la Meca y a la difusión fuera de Arabia de diversas sectas. En el siglo XVI el café fue introducido en Europa por los mercaderes de Venecia. A pesar de los prejuicios el café se fue expandiendo e introduciendo en nuevos mercados como el francés, es así que en el siglo XVIII se habían abierto en Francia numerosas cafeterías.

Con respecto a América del Sur y Centroamérica, los holandeses en el año 1714 trajeron las primeras semillas de café a la Guayana holandesa, hoy Surinam. En Colombia, el cultivo de café fue introducido por los jesuitas en el año 1730. En 1800 el café llegó a Méjico y Centroamérica y en el año 1876 el café llegó al Perú y se desarrolló de forma comercial en el valle de Chanchamayo.

2.2 Características botánicas y variedades del café

El cafeto pertenece al género *Coffea*, familia de los rubiáceos, es una planta de zonas tropicales y de clima cálido y húmedo, se cultiva principalmente en los Trópicos de Cáncer y Capricornio a una altitud de 610 a 1830 msnm y a una temperatura aproximada de 21 °C con precipitaciones anuales de 1270 mm.

En el Perú, el café se produce en 210 distritos rurales ubicados en 47 provincias de 10 departamentos. La superficie cultivada con café ocupa 230000 hectáreas distribuidas en cuatro zonas, siendo la región más apropiada para obtener los mejores rendimientos con alta calidad la que se ubica al extremo central oriental de la Cordillera de los Andes, en la denominada zona de la selva. La zona norte representa el 43% del área total cultivada y está conformada por los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín. La zona central representa el 34% de los cafetales de la nación, que comprende Junín, Pasco y Huánuco. La zona sur, compone el 23% de las hectáreas totales, está integrada por los departamentos de Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno¹¹.

En el departamento de Piura, el café se cultiva (*Coffea arabica* var. *typica*) en la parte media de la sierra piurana, específicamente en las provincias de Morropón, Huancabamba y Ayabaca, entre los 900 y 1500 msnm. Este cultivo se desarrolla bajo una agricultura orgánica – ecológica, desarrollada a nivel familiar, en parcelas de 1,50 ha aproximadamente, pertenecientes a más de 1500 productores, cuya producción procedente de aproximadamente 5000 ha es de 12000 toneladas, siendo destinada al mercado nacional e internacional, previa certificación. Para el logro de ello, los productores de café están organizados a través de la Central Piurana Cafetaleros¹².

El cafeto es un arbusto o arbolillo cuyas dimensiones varían según la especie, por ejemplo si se trata del *Coffea excelsa* puede alcanzar hasta los 20 m de altura, pero si se trata del *Coffea humilis* esta sólo puede alcanzar el metro de altura.

El cafeto rinde beneficios a partir del tercer año, sin embargo al quinto o sexto año da el mayor rendimiento. Tiene una vida de veinte a veinticinco años.

De todas las especies que incluye el género *Coffea*, solamente diez especies son cultivadas en el mundo. En orden de importancia económica son: *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, *Coffea liberica*, *Coffea Dewevrei*, *Coffea stenophylla*, *Coffea congensis*, *Coffea abeokuta*, *Coffea Klainii*, *Coffea zanguebariae*, *Coffea racemosa*

De las diez especies mencionadas anteriormente sólo las tres primeras son las más difundidas, además producen alrededor del 99% del café consumido en el mundo.

- ***Coffea arabica* o cafeto arábica:** Representa el 75% de la producción mundial del café.
Entre las numerosas variedades de *c. arabica* se puede destacar las siguientes: *typica*, *amarella*, *maragogype*, *bourbon*, *laurina*, *mokka*, *caturra*.
El *Coffea arabica* L. var *typica* fue el primero en introducirse en América y es el que actualmente crece en mayor extensión en Perú. Las ventajas que presenta son mayor tamaño de sus granos, superioridad en la calidad de la bebida, rusticidad de

¹¹ <http://www.camcafeperu.com.pe>. Consultada el 20 de junio de 2010

¹² <http://www.piurarural.com/produccion/cafe.htm>. Consultada el 20 de junio de 2010

la planta a condiciones adversas de baja fertilidad y sequía de los suelos, además de la resistencia de sus ramas durante la cosecha.

El contenido de cafeína es relativamente bajo entre 0,9% y 1,5%. Produce una taza de café fina con más acidez, aroma refinado y un resabio caramélico.

Es originario de Etiopía, sin embargo hoy se produce en países como Brasil, Camerún, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Haití, Jamaica, Java, Kenia, México, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, El Salvador, Tanzania y Venezuela.

- ***Coffea canephora* o *cafeto robusta*:** Ocupa el segundo lugar en el mundo. Comparándola con el *c. arabica*, posee un crecimiento más vigoroso y una productividad mayor, es menos sensible a las enfermedades, especialmente a la producida por la *Hemileia*, además presenta mayor contenido de sólidos solubles en el grano molido lo cual es importante en los cafés instantáneos. Sus granos son menos perfumados, picantes y astringentes y su contenido de cafeína es muy superior (entre 2% y 4,5%). Sin embargo las variedades de esta especie son inferiores en calidad a las de *Coffea arabica*.
Originario del Congo Belga (actualmente República Democrática del Congo), hoy en día se cultiva no sólo en África (Costa de Marfil, Angola y el propio Zaire), sino también en India, Indonesia, Madagascar, Brasil y Filipinas.
- ***Coffea liberica*:** Esta variedad es oriunda de los alrededores de Monrovia en Liberia. Crece en regiones húmedas y semiáridas de Guinea y el Congo. La calidad de la bebida se considera bastante mediocre. Su consumo no está muy generalizado, sin embargo es muy apreciado en los países escandinavos.

2.3 El fruto del café

El fruto del café es una baya o drupa que primero es verde, posteriormente en la etapa de madurez, los frutos se tornan de color rojo más o menos oscuros (a excepción de las variedades del *c. arabica* L var. *amarella* cuyos frutos son amarillos); es en este estadio que los frutos deben recogerse, este detalle es importante pues los frutos maduros de la variedad *c. arabica* caen muy rápidamente al suelo, al contrario que los de *C. robusta* que permanecen sujetos varias semanas.

Al fruto maduro se le conoce corrientemente con el nombre de cereza, esta cereza es ovoidea, subglobulosa, de 10 a 15 mm de diámetro por 16 a 18 mm de largo. Contiene dos núcleos cada uno de ellos con un grano de café, estos granos de café se encuentran enfrentados entre sí por la parte plana. Dentro de la cereza, el grano de café se encuentra encerrado en un casco semirrígido transparente de aspecto apergaminado que corresponde a la pared del núcleo. Una vez retirado, el grano de café verde se observa rodeado de una piel plateada adherida, que se corresponde con el tegumento de la semilla

En la figura 2.1 se pueden apreciar las distintas fracciones anatómicas del fruto:

- **Endosperma:** Las células del endosperma contienen almidón, aceites, azúcares y alcaloides como la cafeína.
- **Perispermo, piel plateada:** Es una membrana muy fina de color plateada, más o menos adherida al grano, está formada por varias capas de células fibrosas, translúcidas y de paredes finas.

- **Endocarpio, pergamino, cascarilla:** Es una cubierta de consistencia coriácea, delgada, dura y quebradiza cuando se seca y es la que rodea a cada una de las dos fracciones que constituyen un grano.
- **Capa de pectina**
- **Mesocarpio o pulpa:** Es una sección rica en azúcares, taninos y sustancias colorantes, es carnososo, grueso y de color blanco-amarillento.
- **Piel exterior**

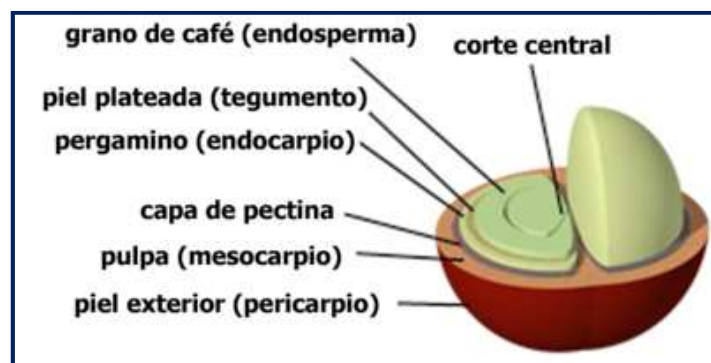


Fig. 2.1 Fracciones anatómicas del fruto del café

2.4 Procesamiento (post-cosecha) del fruto del café: Beneficio del café

Existen tres métodos para el procesamiento del café luego de la cosecha, estos son: beneficio por vía húmeda, por vía seca y ecológico.

- **Beneficio por vía húmeda¹³:**
 En este método, el agua se emplea como medio de transporte, lavado y clasificación. Este tipo de beneficio genera tres subproductos: la pulpa, el mucílago y las aguas residuales.
 Incluye las siguientes operaciones: rebalse, despulpado, fermentación, lavado y selección, secado natural y reselección.
 1. **Rebalse:** Esta operación consiste en depositar el café en tanques de cemento, luego estos se llenan con agua hasta un nivel superior al del café y posteriormente se retiran con una coladera los granos que flotan, que pueden ser granos secos o vanos.
 2. **Despulpado:** Esta operación consiste en separar la pulpa del fruto, se utiliza una máquina llamada despulpadora, normalmente se realiza después de la cosecha. A la salida de la despulpadora, el café está recubierto todavía de mucílago, el cual está muy adherido al pergamino. Esta sustancia rica en pectina, muy higroscópica, es un obstáculo para el secado rápido de los granos¹⁴.

¹³ Acuña Arrunátegui, Omar Antonio. *Estudio de la eficiencia de dos tecnologías en el proceso post cosecha de café en Montero, Ayabaca*. Tesis. Piura: Universidad de Piura, 2003.

¹⁴ Coste, René. *El café*. Barcelona: Blume, 1969.

3. **Fermentación:** Esta operación tiene como finalidad descomponer el mucílago, una vez disuelto se elimina por medio del lavado. Requiere mucho control pues se corre el riesgo de que el café no fermente lo adecuado o se sobrefermente con lo cual se obtendría un café de mala calidad. La fermentación aumenta el grado de acidez en el café. La fermentación se realiza en tanques de cemento, en baldes plásticos grandes o en sacos de polipropileno tejido y dura entre 12 (clima cálido) y 30 horas (clima frío). El punto de fermentación adecuado se determina frotando un puñado de granos, si el grano se nota áspero se termina la fermentación.
 4. **Lavado:** Se realiza para eliminar los productos formados durante la fermentación y completar la separación del mucílago. Se efectúa en grandes cubas llamadas lavaderos, en los mismos tanques de cemento utilizados para la fermentación o en baldes plásticos. Si el lavado se realiza en tanques, la persona encargada saca el mucílago pisando los granos de café mientras llena el tanque con agua, si se lava en balde se remueve la masa de café con el brazo.
 5. **Secado:** Esta operación puede realizar de manera natural (secado solar) o de manera artificial (hornos), en ambos casos la humedad final del grano debe ser de 12% aproximadamente para poder asegurar su conservación. El café necesita de 6 a 8 días o de 30 a 40 horas contando solamente las horas de sol.
 6. **Despergaminado y pulido¹⁵:** Después del secado, el café está cubierto de una capa blanca amarillenta llamada pergamino. El café en pergamino se almacena en silos de varios metros cúbicos de capacidad durante una semana por lo menos. Cuando se va a clasificar y a envasar en sacos se le quita el pergamino mediante un aparato llamado piladora mecánica. La total eliminación de la película se efectúa en aparatos llamados pulidores.
- **Beneficio por vía seca¹⁶:**

En este método, los frutos son secados inmediatamente después de la recolección. Al término del secado, la pulpa, el mucílago y el pergamino constituyen una especie de cáscara que envuelve los granos y que basta romperlos para liberarlos. Este tipo de tratamiento requiere más tiempo que el de la vía húmeda, pues el secado de los frutos es más lento por la cantidad de agua a evaporar (60 a 75%). El café obtenido se conoce con el nombre de café bolita o brasileiro, es de inferior calidad respecto al café obtenido por vía húmeda, pues su sabor es menos agradable (amargo) y su olor es a fermentado.

¹⁵ Nosti Nava, J. *Cacao, café y té*. Barcelona: Salvat, 1953.

¹⁶ Coste, René. *El café*. Barcelona: Blume, 1969.

- **Beneficio ecológico**

Es un método que se emplea para reducir el impacto ambiental. Se busca que el café cereza y el grano con mucílago no tenga contacto con el agua. Este proceso se complementa con un manejo adecuado de la pulpa y la miel del café (agua del lavado) a través de lombricultura e instalación de aboneras.

El método comprende: una tolva seca, el despulpado en seco, desmucilaginado sin fermentación, clasificación del café desmucilaginado con agua y el secado.

La elección de un método de beneficiado depende de cuatro factores: Rapidez de tratamiento, tipo de cereza beneficiada, disponibilidad de agua en la plantación, y por último capital disponible.

2.5 Torrefacción

Las cualidades aromáticas por las que se caracterizan los distintos cafés, son producto del proceso de torrefacción, también llamado tostado o quemado. Durante este proceso no sólo se producen cambios en la apariencia externa del grano, sino también se dan profundas transformaciones químicas algunas de las cuales son responsables del aroma y sabor especial. La torrefacción altera el grano como consecuencia de la deshidratación, oxidación y ligera carbonización; por estas razones disminuyen el contenido de agua, azúcares, cafeína y taninos

La tabla 2.1 muestra las modificaciones que produce el incremento de la temperatura en el café.

Tabla 2.1 Modificaciones producidas en el grano de café durante la torrefacción¹⁷

Temperatura °C	Modificaciones
100	El color verde de los granos comienza a cambiar a amarillo. El café tiene olor a pan tostado. Pérdida de peso consecuencia de la evaporación de una gran parte de agua contenida en el café verde, que varía entre 14 y 23%.
120-130	El grano adquiere un tinte castaño que se acentúa poco a poco hacia variantes pardas más o menos oscuras.
150	El café desprende un olor que recuerda al de los granos tostados, pero aún no se percibe su aroma característico. El color del café es marrón y aumenta su volumen.
180	Se produce el aroma característico del café y se desprende CO ₂ y CO. El color del café cambia a marrón y aumenta su volumen.
>180	Se da mayor desprendimiento de gases y el color del café se vuelve más oscuro. El aroma alcanza su plenitud. Los granos aumentan más su volumen a casi el doble del inicial.
270	Se acentúa el desprendimiento de los humos, los granos se ennegrecen y se tornan mates, el volumen ya no aumenta.
300	Los granos son negros, carbonosos, desmenuzables a la más ligera presión y el aroma ha desaparecido por completo.

¹⁷ Coste, René. *El café*. Barcelona: Blume, 1969

Según los especialistas en el café la zona de torrefacción está comprendida entre los 185 y 240 °C, siendo la temperatura óptima la comprendida entre 210 y 230 °C. Por encima se inicia la sobre torrefacción.

La duración de la torrefacción es generalmente de 12 a 15 minutos.

2.6 Composición química del café verde y tostado del *Coffea arabica*

La composición química del café es muy difícil de determinar pues posee más de 300 constituyentes. La siguiente tabla indica la composición química promedio del café verde y tostado.

Tabla 2.2 Composición de granos verdes y tostados de *Coffea arabica*.¹⁸

Componentes	Granos verdes	Granos tostados
Agua	11,35	1,73
Proteínas	11,89	13,77
Cafeína	1,29	1,27
Materias grasas y extractos etéreos	12,34	13,92
Azúcares	8,39	1,23
Ácido tánico	6,42	4,69
Fibras	18,11	32,39
Celulosa	26,16	26,31
Cenizas	4,05	4,69

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el proceso de torrefacción reduce el contenido de agua, de cafeína, de azúcar y del ácido tánico. Sin embargo aumenta los restantes elementos.

La compleja composición del café hace posible una diversidad de aplicaciones como: extracto soluble sólido de café, cafeína para usos farmacológicos (obteniéndose en los procesos industriales 0,75%), aceites de café para consumo humano, fabricación de jabones, insecticidas, cosméticos, vitamina D, alfacelulosa para las industrias de las fibras, etc.

2.7 Normas técnicas

2.7.1 Concepto

Las normas técnicas son documentos establecidos por acuerdo de las partes interesadas en un determinado tema y aprobados por un organismo reconocido que, en el caso del Perú, es el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi), a través de la Comisión de Normalización y Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias.

Las normas técnicas establecen los requisitos, métodos y terminología para un uso común que contribuyen a la obtención de una calidad sostenida en el tiempo.

¹⁸ Nosti Nava, J. *Cacao, café y té*. Barcelona: Salvat, 1953

Las normas técnicas son de carácter voluntario cuyo objetivo es asegurar la calidad de los productos y servicios. La aplicación de las normas técnicas genera beneficios tanto a los productores pues eleva su competitividad como al Estado ya que facilita sus compras y a los consumidores pues protege su salud y seguridad.

La normalización ha contribuido, por ejemplo a que en el Perú la exportación del café (verde) se haya incrementado de manera sostenida.

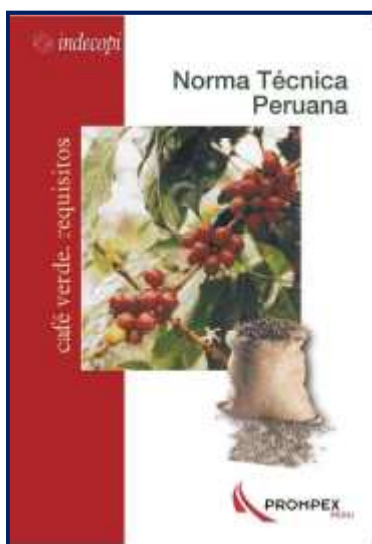


Fig. 2.1 Modelo de norma técnica peruana¹⁹

Las normas técnicas son de distintos tipos los cuales se basan en el objetivo para el cual fueron creados. Así se tiene normas técnicas de:

- **De producto:** Las normas técnicas de producto, establecen los requisitos que un producto debe cumplir para poder ser usado y consumido.
Por ejemplo: NTP 209.027 CAFÉ VERDE. Requisitos
- **De terminología:** Las normas técnicas de terminología definen el significado de los términos a emplear.
Por ejemplo: NTP-ISO 3509 CAFÉ VERDE. Vocabulario
- **De métodos de ensayo:** Las normas técnicas de métodos de ensayo, establecen el tipo de métodos, máquinas y herramientas que se deberán usar para realizar pruebas y análisis sobre materiales y productos.
Por ejemplo: NTP ISO 6667 CAFÉ VERDE. Determinación de la proporción de granos dañados por insecto. 1ª. ed.
- **De muestreo:** Las normas técnicas de muestreo especifican cómo se han de realizar las extracciones de muestra y los procedimientos para llevar a cabo las inspecciones.
Por ejemplo: NTP ISO 4072 CAFE VERDE EN SACOS. Muestreo.

¹⁹ Presentación Power Point de Indecopi

- **De proceso:** Las normas técnicas de proceso, especifican los requisitos que debe cumplir un proceso, también abordan temas referidos a la calidad, al medio ambiente, etc.

Según el ámbito de aplicación de las normas, éstas pueden ser:

1. Nacionales: Ejemplos:

- Alemania: DIN
- Brasil: ABNT
- Colombia: ICONTEC
- España: UNE
- Estados Unidos: ANSI
- Francia: AFNOR
- Italia: UNI
- Perú: NTP/INDECOPI
- Reino Unido: BSI
- Venezuela: COVENIN

2. Regionales: Ejemplos:

- Europa: Comité europeo de normalización (CEN), CENELEC y ETSI
- América: Comisión panamericana de normas técnicas (COPANT), CAN

3. Internacionales: Ejemplos:

- ISO
- IEC
- ITU
- CODEX ALIMENTARIUS

2.7.2 Normas técnicas del café

2.7.2.1 Normas técnicas peruanas

La normalización del café peruano se hizo siguiendo las normas internacionales y las necesidades nacionales de tal manera de ayudar a la comercialización tanto interna como externa y a mejorar la calidad y competitividad del café peruano.

La calidad del café peruano hoy es reconocida a nivel mundial, este logro es fruto del esfuerzo de toda la cadena productiva del café: productores, comerciantes, exportadores e industriales.

El café peruano hoy es utilizado para obtener productos finales, como es el caso del Café Cóndor de la firma Kraft, Tchibo de Alemania y también por la empresa Starbucks de Estados Unidos.

La tabla 2.3 resume las diferentes normas técnicas peruanas referidas al café.

Tabla 2.3 Normas técnicas peruanas del café.²⁰

Año	Código	Norma Técnica	Resumen
1982	NTP 209.029	Café torrado (o tostado con azúcar).	Establece una definición y requisitos del café torrado o tostado con azúcar.
1983	NTP 209.031	Café soluble o instantáneo.	Establece las definiciones, requisitos y métodos de ensayo para los cafés solubles o instantáneos.
1985	NTP 231.063	Sacos de yute para café tipo exportación.	Establece los requisitos, clasificación y métodos de ensayo de los sacos de yute para el envasado y transporte de café tipo exportación.
1999	NTP ISO 6666	CAFÉ. Muestreador de café. 1. ^a ed.	Establece las características de un muestreador de café para tomar muestra del costado de los sacos cerrados de café. Es apropiada para el muestreo de granos de café de acuerdo a la NTP-ISO 4072:1998 Café verde en sacos-muestreo.
1999	NTP ISO 6667	CAFÉ VERDE. Determinación de la proporción de granos dañados por insecto. 1. ^a ed.	Describe los tipos de daño que los insectos causan a los granos de café verde y especifica un método para determinar la proporción de granos dañados por insectos en un lote de café verde, así como el uso estadístico de los resultados obtenidos para fines técnicos, comerciales o de arbitraje. El método es aplicable a todos los cafés verdes tal como son definidos en NTP ISO 3509:1998 Café y sus derivados – Vocabulario.
1999	NTP ISO 1446	CAFÉ VERDE. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia básico. 1. ^a ed.	Especifica el método de referencia básico para determinar el contenido de humedad del café verde.
1999	NTP ISO 6668	CAFÉ VERDE. Preparación de muestras para análisis sensorial.	Establece un método para el tostado de café verde y la preparación, a partir de la muestra de café molido, de la bebida a utilizar para el análisis sensorial.
1999	NTP ISO 8455	CAFE VERDE EN SACOS. Guía de almacenamiento. 1. ^a ed.	Se aplica como guía general de las condiciones necesarias para minimizar el riesgo de infestación, contaminación y deterioro de la calidad de los sacos, desde el momento de su empaque para exportación hasta el momento de su llegada al país importador.

²⁰ http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/ntp_cafe.pdf. Consultada el 15 de diciembre de 2009

2001	NTP ISO 11294	CAFÉ TOSTADO MOLIDO. Determinación del contenido de humedad. Método de determinación de pérdida de masa a 103 °C. Método de rutina.	Establece un método de rutina para la determinación de la pérdida de masa a temperatura de 103 °C del café tostado molido.
2002	NTP ISO 4052	CAFÉ. Determinación del contenido de cafeína. Método de referencia.	Establece el método de referencia para la determinación de contenido de cafeína en el café. El método es aplicable a café verde, café verde descafeinado, café tostado, café tostado descafeinado, extractos de café tanto secos como líquidos y extractos descafeinados tanto secos como líquidos. El límite inferior de la detección es 0,02 de cafeína en base seca.
2002	NTP ISO 10095	CAFÉ. Determinación del contenido de cafeína. Método con cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).	Establece un método para determinar el contenido de cafeína mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), de granos de café verde y tostado, regular y descafeinado, y de café instantáneo regular y descafeinado.
2003	NTP 209.311	CAFÉS ESPECIALES. Requisitos.	Establece criterios de clasificación y descripción de cafés especiales, así como los requisitos aplicables para su comercialización en el mercado de especialidad. Los cafés especiales se clasifican como una categoría superior de los estándares establecidos para el café verde (NTP 209.027).
2003	NTP ISO 3726	CAFÉ INSTANTÁNEO. Determinación de la pérdida de masa a 70 °C bajo presión reducida.	Establece un método para determinar la pérdida de masa del café instantáneo a 70 °C bajo presión reducida. Esta NTP se aplica a todos los tipos de café instantáneo definidos en la norma NTP-ISO 3509. No se aplica a extractos de café líquido.
2004	NTP ISO 6673	CAFÉ VERDE. Determinación de la pérdida de masa a 105 °C. 2. ^a ed.	Especifica un método para la determinación de la pérdida en masa a 105 °C en café verde. Se aplica a café descafeinado y no descafeinado, definido en la NTP-ISO 3509. Este método puede considerarse por convención, como un método para determinar el contenido de agua y puede emplearse como tal por acuerdo entre las partes interesadas, pero sus resultados son cerca de 1,0 más bajos que los obtenidos con los métodos descritos en NTP-ISO 1447 y NTP-ISO 1446. (Este último método sirve solamente como referencia para calibrar métodos de determinación del contenido de agua).

2005	NTP 209.028	CAFÉ TOSTADO EN GRANO O MOLIDO. Requisitos. 2. ^a ed.	Establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir el café tostado, en grano o molido, aplicable para su comercialización.
2005	NTP 209.314	CAFÉ VERDE. Determinación de ocratoxina A. Método de cromatografía de capa fina.	Establece el método de cromatografía de capa fina para la determinación de ocratoxina A en el café verde.
2005	NTP ISO 4150	CAFÉ VERDE. Análisis de granulometría.	Establece un método de rutina para llevar a cabo el análisis del tamaño de grano entero del café verde por tamizado manual usando tamices de prueba de laboratorio.
2006	NTP ISO 10470	CAFÉ VERDE. Tabla de referencia de defectos. 2. ^a ed.	Proporciona una lista en forma de tabla de las cinco principales y diferentes categorías de defectos considerados como potencialmente presentes en el café verde comercializado en todo el mundo, cualquiera que sea su especie, variedad y procesamiento después de la cosecha (en húmedo o en seco).
2006	NTP 209.312	CAFÉ. Buenas prácticas para prevenir la formación de mohos.	Establece las buenas prácticas en la cadena de café (producción, beneficio, acopio, proceso, transporte, almacenamiento y comercialización) con objeto de brindar orientación básica sobre cómo minimiza el riesgo de formación de mohos y por lo tanto a la posible presencia de la OTA.
2006	NTP ISO 9116	CAFÉ VERDE. Lineamientos sobre métodos de especificación.	La presente Norma Técnica Peruana proporciona lineamientos sobre métodos a utilizar para describir el café verde para compra y venta y se basa en los términos contractuales utilizados en el comercio internacional del café.
2007	NTP ISO 4149	CAFÉ VERDE. Examen olfativo y visual. Determinación de la materia extraña y defectos. 2. ^a ed.	Establece métodos para el examen olfativo y visual y para la determinación de materia extraña y defectos en el café verde a fin de evaluar la conformidad con una especificación o contrato. Además, estos métodos pueden ser usados para la determinación de una o más características del café verde que tengan un impacto en la calidad del mismo para propósitos técnicos, comerciales, administrativos y de arbitraje, y para control e inspección de calidad. Esta NTP se aplica al café verde como se define en la NTP-ISO 3509.

2007	NTP ISO 4072	CAFE VERDE EN SACOS. Muestreo. 2. ^a ed.	1.1 Establece un método de muestreo para el café verde, con el objeto de verificar si cumple con las especificaciones del contrato. 1.2 Este método también se puede utilizar para la preparación de una muestra con el objeto de: a) Servir como base para una oferta de venta; b) Verificar que el café a ser ofrecido en una venta satisfaga la especificación de venta del productor; c) Determinar una o más características del café para propósitos técnicos, comerciales, administrativos y de arbitraje; d) Llevar a cabo un control de calidad o de inspección de calidad; e) Obtener una muestra para conservarla como contramuestra y/o dirimencia, de ser necesaria, en los litigios que puedan suscitarse. 1.3 Esta Norma Técnica Peruana se aplica al café verde en sacos, como se define en la NTP-ISO 3509.
2007	NTP 209.027	CAFE. Café verde. Requisitos. 3. ^a ed.	Establece los requisitos que debe cumplir el café verde para su comercialización.
2007	NTP ISO 3509	CAFE Y SUS DERIVADOS. Vocabulario. 2. ^a ed.	Establece los términos más utilizados en el campo del café y sus derivados.
2008	NTP 209.315	CAFÉ INSTANTANEO SOLUBLE. Métodos de ensayo.	La presente Norma Técnica Peruana establece métodos de ensayo para determinar la humedad, contenido de cenizas, pH, almidones, solubilidad y contenido de cafeína de los cafés solubles o instantáneos.
2008	NTP 209.310	CAFÉ PERGAMINO. Requisitos. 2. ^a ed.	Establece los requisitos de café pergamino aplicable para su comercialización.
2008	NTP ISO 6670	CAFÉ INSTANTANEO EN UNIDADES CON RECUBRIMIENTO. Muestreo. 2. ^a ed.	Esta Norma Técnica Peruana establece un método para muestrear un envío de café instantáneo, en diez unidades o más, para su inspección a fin de determinar si el envío cumple con una especificación contractual.

2.7.2.2 Normas técnicas colombianas

En Colombia, el organismo nacional encargado de la normalización es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya misión es brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. La tabla 2.4 resume las normas técnicas referidas al café.

Tabla 2.4. Normas técnicas colombianas del café.

Año	Código	Norma	Descripción
1988	NTC 2443	INDUSTRIA AGRÍCOLA. CAFÉ INSTANTÁNEO. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA INSOLUBLE.	Esta norma especifica un método para la determinación del contenido de materia insoluble del café instantáneo.
1996	NTC 2441	INDUSTRIAS AGRÍCOLAS. CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO. Método para la determinación del tamaño de partícula.	Esta norma establece el grado de molienda del café tostado y molido.
1990	NTC 2737	INDUSTRIAS AGRÍCOLAS. CAFÉ INSTANTÁNEO. Determinación de la pérdida de masa a 70 °C bajo presión reducida.	La norma especifica un método de para la determinación de la pérdida en masa a 70 °C, del café instantáneo.
1999	NTC 4602-1	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LA BEBIDA DEL CAFÉ. PARTE 1. Método por goteo directo.	Esta parte de la norma establece un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida del café, el cual se ha denominado método por goteo.
1999	NTC 4602-2	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LA BEBIDA DEL CAFÉ. PARTE 2. Método por contacto directo.	Esta parte de la norma establece un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida del café, el cual se ha denominado método por contacto directo.
1999	NTC 4675	EXTRACTOS SOLUBLES DE CAFÉ.	Esta norma establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir los extractos solubles del café.
2000	NTC 2558	CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO. Determinación del contenido de humedad. Método por determinación de la pérdida en masa a 103 °C (método de rutina).	La norma especifica un método de rutina para la determinación de la pérdida en masa a 103 °C, del café tostado y molido.
2004	NTC 2442	CAFÉ TOSTADO EN GRANO Y/O MOLIDO. Determinación del grado de tueste.	Esta norma especifica un método para la determinación del grado de tueste en café tostado en grano y/o molido mediante mediciones colorimétricas.
2005	NTC 4084	CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO. Método para la determinación de la densidad por compactación.	Este método establece un procedimiento de prueba general para la determinación del volumen y la densidad por compactación de una muestra de café tostado y molido.
2007	NTC 3534.	CAFÉ TOSTADO, EN GRANO O MOLIDO.	Esta norma establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir el café tostado en grano o molido.

2.7.2.3 Normas técnicas venezolanas

En Venezuela, el organismo nacional encargado de la normalización es la Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN. Su misión es planificar, coordinar y llevar a cabo las actividades de normalización y certificación de calidad en Venezuela. Para la elaboración de las normas se sigue un laborioso proceso que consiste en la consulta y estudio de las normas internacionales nacionales, de asociaciones o empresas relacionadas con la materia, así como investigación a nivel de plantas y/o laboratorios.

La tabla 2.5 resume las normas técnicas venezolanas referidas al café.

Tabla 2.5. Normas técnicas venezolanas del café²¹

Año	Código	Norma	Descripción
1979	COVENIN 432-79	CAFÉ. Determinación del contenido de cafeína.	Esta norma determina el método de ensayo para determinar el contenido de cafeína en los granos de café y productos derivados.
1979	COVENIN 434-79	CAFÉ ELABORADO. Determinación del extracto acuoso.	Esta norma contempla un método de ensayo para determinar el extracto acuoso en el café.
1981	COVENIN 429-81	CAFÉ ELABORADO. Determinación del contenido de cenizas y sus características.	Esta norma contempla el método para la determinación de cenizas en el café elaborado y las características de las mismas.
1981	COVENIN 431-81	CAFÉ ELABORADO. Determinación de cloruros. Método gravimétrico.	Esta norma contempla el método gravimétrico para determinar cloruros en café instantáneo y tostado.
1982	COVENIN 430-82	CAFÉ ELABORADO. Determinación del contenido de fibra cruda.	Esta norma contempla el método de ensayo para determinar el contenido de fibra cruda en el café.
1983	COVENIN 433-83	CAFÉ ELABORADO. Determinación de pérdida de masa.	Esta norma sustituye a la norma COVENIN 433-66 Café elaborado. Determinación de la humedad del año 1966. 1.1 Esta norma contempla los métodos de ensayo para la determinación de la pérdida de masa (humedad) en el café elaborado, resultante del calentamiento en las condiciones prescritas. 1.2 El método por desecación en la estufa puede ser aplicado a café tostado y molido y café soluble o instantáneo. 1.3 El método de desecación en estufa al vacío (a 70 °C y presión reducida), es aplicable a café instantáneo, café instantáneo descafeinado y café instantáneo liofilizado.
1984	COVENIN 2128-84	CAFÉ VERDE. Determinación de pérdida de masa	Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la pérdida de masa (humedad) en café verde descafeinado y no descafeinado.

²¹ <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normas-find>. Consultada el 27 de diciembre de 2009

1984	COVENIN 2134-84	CAFÉ ELABORADO. Determinación de azúcares reductores y no reductores.	Esta norma contempla el método de ensayo para la determinación de azúcares reductores y no reductores, por el método de MUNSON WALKER modificado, en café elaborado.
1993	COVENIN 604-93.	CAFÉ. Definiciones.	Esta norma contempla las definiciones para los términos empleados comúnmente en el área del café y sus productos. Esta norma reemplaza totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 604-81.
1993	COVENIN 45-93	CAFÉ VERDE.	Establece los requisitos y la clasificación que deberán cumplir los diferentes tipos de café verde que se produzcan en Venezuela.
1994	COVENIN 46:1994:	CAFÉ TOSTADO O MOLIDO. 3.ª revisión	Esta norma reemplaza a la Norma Venezolana COVENIN 46-89. Esta norma establece las características generales y los requisitos que debe cumplir el café y es aplicable al producto, tanto en granos (café tostado); como molido.
1995	COVENIN 383:1995	CAFÉ VERDE EN SACOS. Método de muestreo.	Describe un método de muestreo para determinar mediante análisis de la muestra si la entrega se ajusta a las especificaciones contractuales.

2.7.2.4 Normas técnicas mexicanas

Las normas técnicas mexicanas (NMX) son elaborados por un organismo nacional de normalización o por la Secretaría de Economía, cuya finalidad es el establecimiento de los requisitos mínimos de calidad de los productos y servicios. La aplicación de estas normas es voluntaria.

Las Normas Mexicanas (NMX) son expedidas por los diferentes organismos nacionales de normalización (ONN) registrados: Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación (NORMEX), Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC), Asociación de Normalización y Certificación (ANCE), Instituto Nacional de Normalización Textil (INNTEX), Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE), Normalización y Certificación Electrónica (NYCE), Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus derivados (COFOCALEC), Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO) y el Centro de Normalización y Certificación de Productos (CNCP).

La tabla 2.6 resume las normas técnicas referidas al café.

Tabla 2.6. Normas técnicas mexicanas del café²².

Año	Código	Norma	Descripción
1982	NMX-F-173-S-1982	CAFE TOSTADO Y CAFE MEZCLADO TOSTADO CON AZUCAR.	Esta norma establece las especificaciones que debe cumplir el producto denominado “Café tostado y café mezclado tostado con azúcar”, destinado a preparar infusiones para consumo humano.
2000	NMX-F-013-SCFI-2000	CAFÉ PURO TOSTADO, EN GRANO O MOLIDO, SIN DESCAFEINAR O DESCAFEINADO - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA. Cancela a la NMX-F-013-S-1980.	Esta norma establece las especificaciones de calidad que debe cumplir el café puro tostado en grano o molido, sin descafeinar o descafeinado.
2008	NMX-F-107-SCFI-2008	CAFÉ VERDE EN SACOS – Muestreo.	Esta norma establece las condiciones generales relacionadas con el muestreo de un lote de café verde conformado por 10 sacos o más, con el propósito de examinar las características y condiciones de acuerdo con los parámetros de referencia establecidos en los contratos, normas o convenios entre las partes, entre otros.
2008	NMX-F-129-SCFI-2008	CAFÉ VERDE - Preparación de las muestras para su uso en análisis sensorial.	Esta norma especifica un método para tostar el café verde y establece un protocolo para la preparación de la muestra de café molido de una bebida que va a ser usada para su análisis sensorial.
2008	NMX-F-158-SCFI-2008	CAFÉ VERDE - Inspección olfativa y visual - Determinación de defectos y materia extraña.	Esta norma especifica los métodos de prueba para la inspección olfativa y visual para la determinación de materia extraña y defectos en el café verde de todos los orígenes, a fin de evaluar las especificaciones de calidad del café verde destinado para consumo humano.

²² <http://www.economia.gob.mx>. Consultada el 14 de enero de 2010

2008	NMX-F-162-SCFI-2008	CAFÉ VERDE - Tabla de referencia de defectos.	Esta norma provee referencias que enlistan las cinco categorías principales de defectos los cuales se considera están presentes en el café verde existente en el mercado nacional e internacional, de cualquier especie y variedad, después de su procesamiento.
2008	NMX-F-176-SCFI-2008	CAFÉ VERDE - Determinación de la pérdida de masa a 105 °C - Método de prueba.	Esta norma mexicana especifica un método para la determinación de la pérdida de masa a 105 °C en granos enteros de café verde destinado para el consumo humano que se produce y/o comercializa en el territorio nacional.
2008	NMX-F-586-SCFI-2008	CAFÉ Y SUS PRODUCTOS - Vocabulario - Términos y definiciones.	Esta norma establece los términos y las definiciones utilizadas comúnmente en relación con el café y sus productos. Es aplicable al café, café verde y café tostado independientemente del método de producción y beneficiado por el cual fue obtenido que se comercializa en el territorio nacional, indistintamente de que sea canalizado a cualquier mercado.
2008	NMX-F-551-SCFI-2008	CAFÉ VERDE - Especificaciones, preparaciones y evaluación sensorial (Cancela a la NMX-F-551-SCFI-1996)	Esta norma establece la definición y las descripciones que se utilizan comúnmente para café verde, así como los tipos de preparaciones que se pueden presentar.
2009	NMX-F-177-SCFI-2009	CAFÉ VERDE DE ESPECIALIDAD – ESPECIFICACIONES, CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL.	Esta norma establece la definición y la clasificación que se utiliza para el café verde de especialidad, así como su método de evaluación.
2009	NMX-F-552-SCFI-2009	CAFÉ VERDE DESCAFEINADO - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-F-552-SCFI-1998)	Esta de norma establece las especificaciones de calidad aplicables al café verde descafeinado.

A continuación la tabla 2.7 resume algunos de los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir el café tostado y molido según los distintos países.

Tabla 2.7 Requisitos fisicoquímicos para el café tostado y/o molido por países

Parámetro (%)	Especificación		
	Colombia NTC 3534	Venezuela COVENIN 46:1994	México NMX-F-013-SCFI-2000
Humedad máxima	4,0	5,0	6,0
Extracto acuoso (rango)	NE*	22,0 – 32,0	NE
Fibra cruda (rango)	NE	12,0 – 22,0	NE
Cenizas máxima	NE	5,0	5,0
Azúcares totales, máximo	NE	2,0	NE
Cafeína en café sin descafeinar, mínimo	1,0	0,75	0,8
Cafeína en café descafeinado, máximo	0,1	0,3	0,3
Sólidos solubles, mínimo	1,1	NE	NE
Extracción, mínimo	18	NE	NE
Grasa como extracto etéreo (rango)	NE	NE	8,0 - 18,0
Azúcares reductores totales, máximo	NE	NE	5,5

* NE: No especificado

2.8 Sucedáneos del café

Muchos países no productores de café se han visto en la necesidad de imitar la preciada e insustituible infusión de café.

Otra de las razones principales para la creación de estos sucedáneos, es que en algunos casos no son deseadas las propiedades farmacológicas de la cafeína del café, provocando así la demanda de estos sustitutos.

Los sucedáneos del café carecen de los componentes más importantes del café tales como la cafeína y los aceites esenciales, por lo que no pueden producir los mismos efectos, sin embargo se logran parecer en algo su color, sabor u olor al café.

Los sucedáneos pueden consumirse por razones médicas, económicas, religiosas o por que se asume que son más saludables que el café.

2.8.1 Clases de sucedáneos del café

- **Cafés de raíces y rizomas:** Entre los cafés de raíces, el más conocido y divulgado es aquel que se prepara con la raíz de achicoria (*Cichorium intibus*, var. *sativum*).

La achicoria es una planta espontánea que crece en España, Francia, Holanda, Bélgica, Alemania, etc. El proceso que se sigue para obtener el café de raíz de achicoria consiste primero en recoger las achicorias, posteriormente lavarlas y secarlas. Una vez secas, estas raíces se tuestan a 180 - 210 °C y finalmente se muelen. Algunas veces se le adiciona otras sustancias como melaza y mantequilla con el fin de mejorar su presentación. El café de achicoria tiene un sabor a pimienta.

La achicoria comercial contiene de 4 a 10% de agua, sustancias proteicas, sustancias grasas, celulosa, de 7 a 8% de inulina, indicios de intibina, de 8 a 10% de levulosa, etc.²³ La ingestión de café de achicoria tiene una acción beneficiosa sobre el aparato digestivo, especialmente sobre el hígado gracias a las sustancias que contiene: inulina e intibina.

Generalmente este sucedáneo se mezcla con el café genuino con el fin de reducir los costos y producir un color negro que da la sensación al consumidor de una bebida concentrada, la proporción de café de raíz de achicoria y café genuino es de uno a tres.

En Francia se utiliza mucho esta raíz mezclada con el café genuino, a pesar de no contener cafeína, la achicoria aporta un sabor amargo y una coloración oscura, la cual se debe a la caramelización producida durante el tostado, legalmente en este país la mezcla de achicoria café debe contener al menos 51% de café.

En Rusia se produce un sucedáneo del café al combinar extracto de achicoria con jugo de manzana en iguales proporciones. La bebida que se obtiene tiene un sabor agradable y un color marrón oscuro.

Otros cafés de raíces menos utilizados son los cafés de remolacha (*Beta vulgaris*), diente de león (*Leontodon taraxacum*), gamón (*Asphodelus microcarpus*), etc. Con respecto al café de remolacha, se halla el llamado “café holandés” el cual se prepara con azúcar quemada.

En Polonia se elabora un sucedáneo del café instantáneo conocido como “café inka” el cual se obtiene a partir de la evaporación del extracto acuoso de remolacha dulce termolizada (*Beta vulgaris* subespecie *cicla*), endibia (*chicorium endivia*), centeno y cebada. La generación térmica del aroma y del color se basan en reacciones tipo Maillard de los azúcares con las proteínas presentes en el material vegetal. El aroma es generado por las reacciones de los aminoácidos con los polisacáridos del centeno y la cebada y el color y también el olor es generado por las reacciones entre los aminoácidos con el azúcar de la remolacha y endibia.

- **Cafés de frutos:** Se han usado una variedad de frutos para obtener este tipo de sucedáneos, sin embargo no todas las elecciones han sido las mejores o más acertadas. Entre los frutos utilizados destacan: las bellotas dulces, los

²³ Coste, René. *El café*. Barcelona: Blume, 1969

higos secos, los dátiles, las castañas, los frutos de la palmera (*Copernicia cericia*), escaramujo (*Rosa canina*).

- **Cafés de semillas:** Existen una variedad de cafés de semillas tales como el trigo, el centeno, garrofín (Semilla de algarrobo *Ceratonía siliqua*), garbanzos (café francés o alemán), soja, altramuza, cacahuete, dátiles, semillas de *Cassia occidentalis* (Café Senna o negro), pepitas de uva, etc.

Dentro de los cafés de semilla, el que tiene mayor popularidad es el café de malta o simplemente malta, el cual se obtiene al tostar la cebada germinada, se le añade azúcar o grasa para abrillantarla. Es el principal competidor del café en Europa. La infusión se prepara con unos 80 g de cebada y 1 litro de agua.

Otros sucedáneos que no contienen cafeína son, el café “Haag”, el café “Postum”, café “Sauka”, “Café de Baviera” (mezcla de centeno, higos, remolacha, y algarrobas (*Ceratonía siliqua*), “Café de cola” (mezcla de trigo, achicoria y leguminosas).

2.8.2 Sucédáneo de café de algarroba

Desde los años 80, en el Brasil, el fruto del *Prosopis juriflora* (algarroba) se utiliza para elaborar un sustituto del café. Este sustituto se obtiene al secar las vainas de algarroba al sol y posteriormente tostarlas y molerlas. La bebida obtenida tiene gran aceptación debido principalmente a sus características organolépticas. También tiene buena acogida la mezcla de 50% de *café de algarroba* con 50% de café genuino.

En el Perú la Universidad de Piura, se preocupó por encontrar la manera de aprovechar totalmente el fruto del *Prosopis pallida*. Resultado de distintas investigaciones realizadas, se determinó que la pulpa triturada de la algarroba se podría emplear para la elaboración del sustituto del café. El proceso comienza tostado la pulpa triturada en un recipiente de fondo cónico y de gran diámetro de tal manera que se logre una distribución uniforme del calor en toda la masa, el tostado se prolonga hasta que la pulpa adquiera un color marrón oscuro uniforme. Posteriormente se deja enfriar y se muele para poder uniformizar el tamaño de las partículas. El producto obtenido se puede preparar de igual manera que se prepara el café genuino, es decir por percolación.

Las ventajas que presenta el *café de algarroba*²⁴ respecto al café son principalmente dos: La primera es que no contiene cafeína por lo que no es estimulante ni dañino para la salud y la segunda ventaja es que su precio es menor. Adicionalmente tiene cierto valor nutritivo pues la bebida obtenida de este *café de algarroba* contiene azúcares naturales de la misma.

En Piura, algunas empresas producen *café de algarroba*, este producto tiene buena aceptación. Se vende en distintas tiendas y supermercados bajo marcas registradas y en presentaciones de 250 g, su precio varía entre S/.2,50 y S/.4,00. Algunas marcas

²⁴ A lo largo de la tesis se empleará el término *café de algarroba* el cual debe ser entendido como sucedáneo de café de algarroba.

que se encuentran en el mercado son: Bauvi, Santa María de Locuto, La Española, PRONOR.

La figura 2.2 muestra las presentaciones de las marcas de *café de algarroba* antes mencionadas.



Fig. 2.2 *Cafés de algarroba* marca Bauvi, Santa María de Locuto, La Española y PRONOR

A continuación se presenta el proceso de elaboración de *café de algarroba* que sigue la empresa EcoBosque²⁵

Existen dos métodos para elaborar el *café de algarroba*: El primero consiste en tostar las vainas troceadas y luego molerlas y el segundo método en moler las vainas secas, tamizarlas y luego tostar la fracción que pasa el tamiz, la empresa EcoBosque (que es una empresa dedicada a la elaboración de productos derivados de la algarroba), utiliza el segundo proceso debido a que el tostado se puede realizar de manera uniforme dado que la algarroba se encuentra en partículas. Además el café obtenido presenta un sabor más dulce, evitando así agregar azúcar para endulzar la bebida.

Explicación del proceso:

- **Pesaje 1:** Se pesa la cantidad de algarroba que se va a utilizar en la jornada.

²⁵ Ruiz Campoverde, F. A. *Red de centros rurales de derivados de la algarroba en Tambogrande*. Tesis. Piura: Universidad de Piura, 2005

- **Selección:** Se escogen las vainas de algarroba que garanticen un producto de calidad. Las vainas escogidas deben ser amarillas, sin picaduras y completamente maduras, las algarrobas que no cumplen con estas características, es decir que están picadas o de color negro se desechan.
- **Pesaje 2:** Se pesa la cantidad de algarroba seleccionada y también la cantidad desechada. Si la cantidad de algarroba seleccionada es menor a la necesaria para toda la jornada, se procede a seleccionar más algarroba hasta completar el requerimiento.
- **Molienda 1:** Los trozos de algarroba se muelen en un pequeño molino de martillos a motor. La empresa subcontrata este proceso debido a que no cuenta con un molino propio. En la molienda los carozos y las semillas no son triturados, pero sí la pulpa, los carozos deberán salir con la menor cantidad de pulpa adherida. Al final del proceso se obtiene una mezcla de carozos, semillas, y pulpa triturada que pasan a la siguiente etapa.
- **Tamizado 1:** El producto obtenido en la etapa anterior se cierne en un colador, quedando separado en dos partes: una parte gruesa formada por carozos y semillas, y otra parte más fina (pulpa triturada) que es la que pasa a la siguiente etapa.
- **Tostado:** En esta etapa se define la calidad del *café de algarroba*. El tostado se realiza en un perol, a fuego lento, moviéndolo constantemente para evitar que la pulpa quede pegada en el fondo del recipiente. Esta etapa termina cuando la pulpa haya adquirido un color marrón oscuro uniforme. Posteriormente se transfiere la pulpa tostada hacia otro recipiente donde se deja enfriar pero siempre en continuo movimiento evitando así que se quemé y ayudando al enfriamiento.
- **Molienda 2:** Se realiza una segunda molienda debido a que cuando el café se enfría se produce un aglomeramiento de partículas. El producto se muele hasta obtener una granulometría uniforme.
- **Envasado:** El *café de algarroba* se envasa en bolsas plásticas que garanticen la hermeticidad debido a que el café es una sustancia muy higroscópica.

Capítulo 3

Fundamentos teóricos

3.1 Molienda y tamizado

3.1.1 Molienda:

La operación de molienda consiste en reducir el tamaño de las partículas sólidas, a través de acciones mecánicas que provocan su rotura.

Las razones para reducir el tamaño de un sólido pueden ser diversas. Por ejemplo:

- Facilitar la extracción de un constituyente deseado, el cual está contenido en una estructura compuesta como en el caso de la obtención de harina a partir de granos de trigo.
- Puede ser una necesidad específica del producto. Ejemplo: la elaboración del azúcar para helados, preparación de especias y refinado de chocolate.
- Disminuir el tiempo de secado de los sólidos húmedos, aumentar la velocidad de extracción de un soluto deseado (debido al aumento del área de contacto entre el sólido y el disolvente.)

Las propiedades características de la materia a moler influyen sobre el proceso. Una de las que tiene mayor influencia es la resistencia mecánica, que es el conjunto de propiedades que definen la capacidad que tiene un cuerpo sólido a sufrir deformaciones elásticas (el cuerpo recupera su forma inicial al terminar la acción de la fuerza), permanentes o de romperse por la acción de fuerzas externas. Las propiedades que permiten definir la resistencia mecánica son: fatiga límite, características del estado elástico y capacidad límite de un trabajo.

La fatiga límite determina qué tipo de deformación sufre el cuerpo, por ejemplo, si la fatiga es inferior a un valor límite, la deformación que sufre el cuerpo es elástica, si sobrepasa un cierto límite el cuerpo puede sufrir deformaciones permanentes e incluso romperse. Las fatigas reciben nombres diferentes: de tracción, compresión, cizalladura. En la molienda se utiliza la escala de Mohs; por definición un cuerpo es más duro que aquel al que raya y más blando que aquel que le puede rayar.

La característica del estado elástico más importante es el módulo de elasticidad (E_s) definido por la Ley de Hooke como la fuerza que produce un alargamiento unitario en el sentido de la fuerza.

La molienda puede producirse sometiendo el producto a una simple operación de compresión, a una compresión con frotamiento o cisura, a choques o percusiones.

Existen distintos aparatos destinados a realizar el proceso de molienda, en un mismo aparato pueden influir varias de las operaciones antes mencionadas. Entre los aparatos existentes se encuentran, quebrantadores de mandíbula y giratorios, molino de cilindros, molino de muelas horizontales, quebrantadores giratorios, molino de muelas verticales, molinos de martillo, molinos de doble rotor, molinos de bolas.

La tabla 3.1 muestra las fuerzas que predominan en algunas de las trituradoras de uso frecuente en la industria de los alimentos.

Tabla 3.1 Fuerzas predominantes en las trituradoras

Fuerza	Principio	Aparato
Compresión	Compresión (cascanueces)	Rodillos trituradores
Impacto	Impacto (martillo)	Molino de martillos
Cizalla	Frotamiento (piedra de molino)	Molino de discos

Al aplicar fuerzas de compresión se obtiene una ruptura grosera del producto, las fuerzas de impacto producen una molienda fina, media y gruesa y con las fuerzas de frotamiento se obtienen productos con un grado de molienda fina.

En la Universidad de Piura, se ha desarrollado un prototipo de máquina extractora de semilla de algarroba²⁶, esta máquina consiste en un molino de martillos fijos, situados apropiadamente tanto en el rotor como en la carcasa del molino, de modo que actúen como trilladora de las vainas. La velocidad de rotación de este molino es de 1690 rpm, las cuales han sido calculadas para evitar el rompimiento de las semillas. El rendimiento de la máquina es del 60% siempre y cuando las vainas de algarroba alimentadas estén bien secas.



Fig. 3.1 Molino trillador de martillos²⁷

Un molino de martillos es el único que permite una molienda adecuada de productos elásticos o fibrosos (como es el caso de las vainas de algarroba). Estos molinos tienen un rotor que tienen masas fijas (gorrones) o articulados martillos que giran a

²⁶ Coronado, J. *Máquina extractora de semillas de algarroba*. En Primer Seminario Nacional del Algarrobo. Piura, 1988.

²⁷ Prokopiuk, D. B. *Sucedáneo del café a partir de la algarroba Prosopis alba* Griseb. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2004.

velocidades entre 500 y 3000 rpm. Las materias introducidas son lanzadas por los elementos del rotor contra las paredes de la carcasa provista de planchas de choque y existe una criba que permite pasar las partículas de tamaño menor a los orificios de la misma. Las partículas obtenidas de la molturación son eliminadas neumáticamente o por medio de un ventilador adosado al molino. Este tipo de molino da un tamaño de partículas muy variado, todas las partículas no pueden pasar por la criba así tengan el tamaño necesario creándose una especie de “colchón” encima de la criba por el cual penetran los martillos reduciendo así el tamaño de las partículas que al pasar por la criba son de dimensiones muy inferiores a la de los orificios.

Los molinos de martillo se pueden considerar como molinos de uso general pues tienen la capacidad de triturar sólidos de distintos tipos como cristalinos duros, productos fibrosos, sustancias vegetales, etc. Industrialmente se utiliza mucho para moler pimienta y especias, leche deshidratada, azúcares, etc.

Otro de los trabajos realizados por la Universidad de Piura, consiste en el fraccionamiento de la semilla de la algarroba de tal manera que se pueda obtener sus distintos componentes: endospermo (goma), germen y epispermo. Para poder realizar tal operación se ha construido y ensayado un molino de rodillos²⁸, en el que los rodillos cuentan con ranuras y giran en sentidos convergentes entre sí, sometiendo así a las semillas a esfuerzos de compresión y fricción, de tal manera que se consiga la trituration. El objetivo de separar las semillas en sus componentes no se ha alcanzado todavía porque gran parte del endospermo no se llega a separar del epispermo, por lo cual se está probando con tratamientos térmicos a las semillas antes de pasar por la máquina.

Un molino de rodillos (figura 3.2) reduce la materia por compresión y por rozamiento. Están formados por cilindros horizontales de ejes paralelos. Son utilizados para la elaboración de harinas o para la molturación de granos. Los molinos utilizados para la molturación de granos (como el caso de las semillas de algarroba) abren el grano por cisura y separan el endospermo por el roce debido a la diferencia entre las velocidades de rotación de ambos cilindros. Los molinos de rodillos permiten una molienda que cumpla con características muy precisas y se emplean generalmente para tratar la reducción de trigo a harina o a la reducción de las semillas oleaginosas para la obtención de películas destinadas a la extracción por disolventes o por presión.

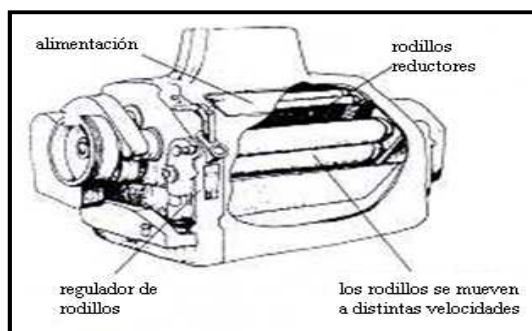


Fig. 3.2 Molino de rodillos

²⁸ Zapata Jiménez, William. *Diseño y construcción de una máquina para extraer goma de semilla de algarroba*. Piura: Universidad de Piura, 1992

El número de aparatos de molienda es muy grande, se incluyen entre ellos los molinos de bolas, los molinos de barras (ambos logran una molturación muy fina), molinos de disco único, de doble disco y de piedras, estos tres últimos molinos utilizan fuerzas de frotamiento o cizalla para reducir el tamaño del sólido y obtener una molienda muy fina.

En el caso de la presente tesis, se efectuó la operación de molienda como un paso previo para la realización del ensayo que permitía determinar el color del *café de algarroba*. El *café de algarroba* fue remolido de tal manera que se obtuviera un tamaño de partícula menor. Para que la molienda se realizara sin dificultad el *café de algarroba* fue previamente colocado en la estufa con ventilación forzada a 80 °C por espacio de 10 minutos.

3.1.2 Tamizado:

El tamizado es una operación en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separa en dos o más fracciones pasándolas por un tamiz.

Un cuerpo sólido triturado (como el caso del *café de algarroba*) se define granulométricamente por las dimensiones de sus partículas. Las dimensiones de las partículas se pueden determinar por medida directa, macro o microscópica, por sedimentación fraccionada en un fluido y especialmente por tamizado.

El tamizado consiste en verter el producto sobre un tamiz cuya superficie tiene orificios de dimensiones establecidas y medir las proporciones entre las partículas que pasan a través del tamiz y las que quedan retenidas en él.

Los tamices son superficies que tienen orificios en formas variables pueden ser redondos, cuadrados, se les designa por el diámetro y forma de las perforaciones, así como por la proporción de superficie perforada, es decir, por la relación entre superficie de orificios y superficie total.

Los tamices también pueden estar fabricados por telas metálicas que quedan definidas por el número de mallas por la unidad de longitud en ambas direcciones y por el grosor de los hilos de las telas. Los tamices metálicos (figura 3.3) quedan definidos por el número de mallas por centímetro cuadrado o por “mesh” que es el número de mallas por pulgada.



Fig. 3.3 Tamiz de malla metálica

Actualmente se utilizan varias series de tamices diferentes:

- **Tyler Standard:** Se basa en un tamiz de 200 mallas, teniendo hilos de 0,0021 pulgadas de diámetro y una abertura de tamiz de 0,0029 pulgadas. La relación entre las aberturas en tamices consecutivos es $2^{1/2}$. Para una separación más exacta se pueden utilizar series de Tyler con un intervalo de tamiz de $2^{1/4}$.
- **British Standard:** Es la serie de tamices basada en hilos que siguen la clasificación B.S. 410:1986 Test Sieves. Un tamiz de 170 mallas tendrá una apertura de tamiz de 90 μm y el intervalo de tamiz, entre tamices vecinos es de aproximadamente $2^{1/4}$.
- **American Society for Testing Materials. ASTM-E-11:** Es la más utilizada en Norteamérica, está basada en un tamiz de 18 mallas con una abertura de 1,0 mm y un intervalo de tamiz de $2^{1/4}$. La abertura está definida por un número (del número 635 (20 μm) hasta el número 3-1/2 (5,6 mm)). Algunas veces la sigla ASTM-E-11 es reemplazada por U.S. (*United States*).



Fig. 3.4 Tamiz con designación ASTM N° 200

A continuación la tabla 3.2 muestra las equivalencias entre las distintas series de tamices.

Tabla 3.2 Equivalencia entre las distintas series de tamices

Abertura (mm)	TYLER Malla	ASTM-E11 N°	BS-410 Malla
0,005	2500		2500
0,010	1250		1250
0,015	800		800
0,020	625		625
0,025	500		500
0,038	400	400	400
0,045	325	325	350
0,053	270	270	300
0,063	250	230	240
0,075	200	200	200
0,090	170	170	170
0,106	150	140	150
0,125	115	120	120
0,150	100	100	100
0,180	80	80	85
0,212	65	70	72
0,250	60	60	60
0,300	48	50	52
0,355	42	45	44
0,425	35	40	36
0,500	32	35	30
0,600	28	30	25

Durante la operación de tamizado es difícil hacer pasar la totalidad de partículas que pueden atravesar el tamiz sin transformar por abrasión una parte de las partículas más gruesas en otras más finas. Los resultados se expresan en forma de curvas granulométricas o de curvas de frecuencia. En las curvas granulométricas se coloca en el eje de abscisas las dimensiones representativas (por ejemplo el diámetro aproximado) y en el eje de las ordenadas se coloca la fracción de productos cuyas dimensiones son inferiores al valor correspondiente de la abscisa. Las curvas de frecuencia expresan en abscisas las mismas dimensiones y en ordenadas la fracción del producto cuyas dimensiones están comprendidas entre dos valores próximos.

Cuando se quiere separar dos fracciones por tamizado se puede seguir dos procedimientos:

- a) Verter el producto sobre el tamiz que deja pasar partículas más finas, el residuo pasa a través de un tamiz más grueso y el residuo obtenido después de realizar lo anterior es eliminado.
- b) Si los tamices se encuentran apilados, es decir, uno debajo del otro en orden decreciente de abertura de arriba hacia abajo, el producto se deja caer sobre el tamiz de mayor malla y se obtiene así un residuo. Las partículas que han pasado el tamiz, caen sobre un segundo de malla media separándose en partículas más finas y quedando retenidas las de tamaño medio.

Los diversos tamizadores se caracterizan por el movimiento del producto o del tamiz. Entre los diversos aparatos utilizados se encuentran aparatos cilíndricos o prismáticos y los tamices planos horizontales. A los aparatos cilíndricos o prismáticos se les emplea para separar productos que no tienden a aglomerarse o colmatar los orificios, tales como las piedras, el carbón, separación de frutas o semillas como los guisantes según su tamaño. Los tamices planos horizontales pueden tener un movimiento en un plano horizontal o vertical, se emplean para la clasificación de materias minerales de gran tamaño o de cereales, también para tamizado en corriente de agua.

En la industria se utilizan distintos tipos de tamices como: tamices de barras, empleados para tamizar partículas de tamaño mayor a 2,5 centímetros (las barras tienen forma de cuña para evitar la obturación); tamices vibratorios, sacudidos mecánica o electrónicamente, el movimiento resultante arrastra los productos sobre la superficie del tamiz, se utilizan ampliamente para la clasificación de frutas y verduras; tamices de tambor, son tamices cilíndricos giratorios montados casi horizontalmente.

Los factores que afectan la eficiencia del tamizado son la velocidad de alimentación, el tamaño de la partícula, la humedad, tamices deteriorados o rotos, y la obstrucción de los agujeros de los tamices. Si la velocidad de alimentación es demasiada rápida, el tamiz se sobrecarga. Las partículas sólo podrán pasar a través de los agujeros del tamiz si su alineación con respecto a estos es favorable. La presencia de humedad causa adhesión entre las partículas grandes y pequeñas. Los tamices rotos disminuyen la eficiencia del tamizado ya que las partículas grandes pasarán por la zona dañada. La obstrucción de los agujeros de los tamices impide el paso de las partículas que podrían pasar.

La operación de tamizado fue empleada en esta tesis para determinar el tamaño promedio de partícula del *café de algarroba*. Se utilizó seis tamices de diferentes tamaños de abertura (20, 30, 40, 50 y 70 ASTM), dispuestos de manera vertical y orden decreciente, es decir, en la parte superior se encontraba el tamiz con la mayor abertura (N° 20) y en la parte inferior el tamiz con la abertura más pequeña (N° 70). La muestra de *café de algarroba* se colocó sobre el tamiz superior y se tamizó hasta que hayan pasado por los agujeros todas las partículas con capacidad de hacerlo, esto se logró aproximadamente a los 10 minutos. La fracción que lograba pasar se tamizaba en el tamiz siguiente y así sucesivamente hasta llegar al último tamiz. El tamizado se realizó de manera manual debido a que los tamices requeridos no eran del diámetro adecuado para ser instalados en la máquina tamizadora que se encuentra en el Laboratorio de Química de la Universidad de Piura

3.2 Extracción sólido-líquido

La extracción sólido-líquido, también conocida como lixiviación, es una operación en la que el soluto, que es el componente deseable, se encuentra en estado sólido y se separa por contacto con el disolvente (líquido).

Durante el contacto del sólido con el líquido, se realiza una transferencia de masa entre los componentes de las fases y se va realizando la aproximación al estado de equilibrio. Para que se de el equilibrio (ideal o teórico) en una etapa de extracción las fases deben haber sido íntimamente mezcladas y han debido permanecer en contacto el tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio termodinámico entre ellas antes de proceder a la separación de las mismas.

En el contacto de una extracción sólido-líquido la mezcla se divide en dos flujos: uno líquido, o ligero el cual está constituido por la disolución del soluto en el disolvente (extracto) y otros formados por el “residuo” (o “agotado”), formado por el componente sólido insoluble al que se adhiere parte de la disolución.

La extracción de un soluto a partir de una partícula sólida tiene lugar en tres etapas: primero el soluto se disuelve en el disolvente, luego, el soluto difunde hasta la superficie de la partícula sólida y por último el soluto migra desde la superficie de la partícula en cuestión. Cualquiera de estas etapas puede resultar limitante de la velocidad de extracción, entre los factores que influyen sobre esta velocidad se encuentran:

- Área de la interfase sólido-líquido: La velocidad de transferencia de masa desde la superficie del sólido es directamente proporcional al área. Es decir cuando se reduce el tamaño de la partícula la velocidad de extracción aumenta debido al incremento del área y a la reducción de la distancia que el soluto tiene que migrar desde el interior del sólido hasta la superficie.
- Gradiente de concentración: El disolvente a utilizar debe ser selectivo con respecto al soluto a extraer, además debe tener una viscosidad suficientemente baja para permitir una buena circulación a través del lecho del sólido.
- Temperatura: Una temperatura elevada aumenta la velocidad de disolución del soluto en el disolvente y también aumenta la velocidad de difusión del soluto a través de la disolución, por lo tanto un aumento de la temperatura conduce a un incremento en la velocidad de extracción.
- Velocidad de flujo del disolvente: Cuando la velocidad del flujo es alta y además es turbulento se produce un aumento de la velocidad de extracción. Cuando se van a extraer sólidos finamente divididos es frecuente recurrir a la agitación mecánica.

La extracción sólido-líquido tiene muchas aplicaciones en la industria alimentaria, algunas de éstas son: extracción de azúcar de la remolacha azucarera, extracción de aceites comestibles, fabricación de café instantáneo, elaboración de té instantáneo.

En los ensayos realizados en esta tesis se emplearon dos métodos para la determinación del rendimiento de extracción y de los sólidos solubles. Uno de ellos llamado método por goteo y el otro método por contacto directo, los que se diferencian en su procedimiento (explicado en el siguiente capítulo).

La concentración de la bebida tanto del café genuino como del *café de algarroba*, está dada por la cantidad de sólidos que pasan a formar parte de la bebida luego del proceso de extracción. Estos sólidos son los que contribuyen en forma determinante al sabor y carácter de la taza. Por otro lado el rendimiento de extracción se refiere a la cantidad de café (genuino o de algarroba) que se transforma en bebida.

Tanto la concentración como el rendimiento de extracción en el café, se ven afectados por diversos factores como: relación agua - café, temperatura del agua, sistema de preparación, tiempo de contacto agua – café, profundidad del lecho de café, grado de molienda, temperatura, materia prima utilizada, densidad relativa, grado de tueste, turbulencia y condiciones de almacenamiento de la bebida.

3.3 Filtración

La filtración es una operación básica en la que el componente sólido insoluble de una solución sólido-líquido se separa del componente líquido haciendo pasar a este a través de una membrana porosa que retiene las partículas sólidas en su superficie superior. La suspensión del sólido en líquido se conoce como papilla de alimentación, al líquido que pasa a través de la membrana se le conoce como filtrado y a la membrana se le conoce como medio de filtración. Los sólidos separados se conocen como torta.

Los aparatos en que se lleva a cabo la filtración, lavado y secado se denominan filtros. Estos filtros deben tener un soporte para el medio de filtración, un espacio para la acumulación de sólidos, canales para la introducción de las papillas de alimentación, líquido de lavado, vapor de agua y/o aire para la extracción del filtrado.

La filtración se puede realizar por medio de la gravedad simplemente, por aplicación de una fuerza mayor que la atmosférica en la parte anterior del medio (filtración a presión), aplicando vacío a la parte posterior del medio (filtración a vacío) o por medio de fuerzas centrífugas (filtración centrífuga).

Las aplicaciones de la filtración en la industria de los alimentos son las siguientes:

- Separación sólido líquido en general: Las papillas de alimentación contienen cantidades apreciables de sólidos insolubles (1 ó 2% en peso) se separan en los sólidos y líquidos que lo componen. Por ejemplo: el jarabe obtenido de la extracción del azúcar de la caña de azúcar contiene gran cantidad de impurezas sólidas que se separan por sedimentación, sin embargo el líquido obtenido aún no se encuentra puro por lo que es necesario someterlo a una filtración. Para esta aplicación son muy útiles los filtros de vacío con tambor rotatorio.

- Clarificación por filtración: En esta aplicación se quitan pequeñas cantidades de un sólido insoluble a un líquido valioso, siendo el objetivo principal la obtención de un líquido claro. Por ejemplo: clarificación de cerveza, vinos, etc. Los aparatos empleados en este tipo de filtración son los filtros de placa vertical y horizontal, filtros tubulares y filtros de aristas.
- Eliminación de microorganismos por filtración o microfiltración: Consiste en separar partículas muy finas, del orden de 1 μm o menor con el objetivo de separar microorganismos de los alimentos líquidos que los contienen. Por ejemplo: reducción del número de microorganismos (levaduras, ciertas bacterias) en vinos, cervezas, etc. Los aparatos empleados en esta aplicación son los filtros de placa horizontal y vertical y los filtros tubulares.

El proceso de filtración se llevó a cabo al realizar el ensayo de determinación de sólidos solubles y rendimiento de extracción por el método de goteo directo, para lo cual se empleo papel filtro de velocidad media y también un embudo Büchner.

El papel filtro es económico y permite una buena filtración en la mayor parte de los casos, por esta razón es el más usado en la operación de filtración en el laboratorio, está compuesto de celulosa pura con un 20% de agua absorbida y sin cola, posee poros mas o menos grandes según el estado del sólido a separar.

El embudo Büchner tiene forma cilíndrica, generalmente es de cerámica o de vidrio con el fondo plano agujereado.

3.4 Humedad en productos alimentarios

El contenido en humedad de un producto puede expresarse sobre la base de su peso húmedo o sobre la base del peso seco.

Contenido de humedad en base húmeda, es la cantidad de agua que contiene el sólido referido al sólido húmedo (sólido seco + agua).

$$W = m_w / (m_w + m_s) \text{ kg de agua/ kg sólido (x100 = \%)}$$

Contenido de humedad en base seca, es la cantidad de agua referida al sólido seco:

$$W_s = m_w / m_s \text{ kg de agua/kg sólido seco (x100 = \%)}$$

Hay que tener en cuenta que este porcentaje puede ser mayor del 100% en el caso de que el producto contenga más agua que parte sólida.

Cuando un producto orgánico se mantiene en contacto con aire a temperatura y humedad constantes, hasta que se alcance el equilibrio, el producto adquiere un contenido en humedad definido. A esto se le denomina contenido en humedad de equilibrio del producto bajo las condiciones especificadas. El contenido en humedad de equilibrio se puede medir bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad, con estos datos se construye curvas que relacionan el contenido de humedad del producto y la humedad de la atmósfera con la que se encuentra en equilibrio, a diferentes temperaturas. Estas gráficas se denominan *isotermas de sorción*. Es importante conocer las características de sorción de los alimentos a desecar pues el contenido en humedad de equilibrio es el contenido de humedad más bajo que se puede alcanzar en condiciones dadas de temperatura y humedad.

Hay muchos métodos para determinar el contenido de humedad de los alimentos, los cuales pueden ser clasificados en: métodos por secado, por destilación, químicos e instrumentales.

Los métodos por secado consisten en eliminar el agua o líquidos volátiles de un sólido. Puede realizarse en diversas condiciones:

- A temperatura ambiente al aire libre.
- A temperatura ambiente en presencia de sustancias higroscópicas.
- Mediante calentamiento.

El secado al aire libre se realiza dejando que el aire absorba la humedad contenida de la sustancia. Cuando la humedad de la sustancia ha alcanzado el grado de humedad del ambiente, el proceso de secado se detiene.

El secado en presencia de sustancias higroscópicas consiste en colocar la sustancia a secar en un recipiente que contenga sustancias higroscópicas. Este tipo de recipiente se le llama desecador.

El secado mediante calentamiento consiste en colocar la sustancia a secar en estufas especiales cuya temperatura se puede regular automáticamente e inclusive se puede hacer vacío o inyectar algún gas inerte. Se coloca el material pesado en un vidrio de reloj, luego se introduce en las bandejas de la estufa posteriormente se le deja enfriar en el desecador y se pesa, se repite esta operación hasta obtener peso constante. Este método fue el utilizado para determinar el contenido de humedad del *café de algarroba*; se calculó a través de la determinación de la pérdida en masa a 103 °C.

Los métodos por destilación consisten en destilar el producto alimenticio con un disolvente inmisible que tiene un elevado punto de ebullición y una densidad menor que la del agua, por ejemplo tolueno, heptano y xileno. El agua se recoge en un colector especialmente diseñado con una sección graduada en la que se separa el disolvente y se mide; el disolvente retorna, por rebosamiento, al matraz de destilación.

Los métodos instrumentales se basan en principios físicos o fisicoquímicos. Uno de estos métodos el que emplea la balanza automática O'HAUS, la cual tiene capacidad para $10 \text{ g} \pm 0,01$ de muestra y sobre su platillo está colocada una lámpara de luz infrarroja, a la derecha del platillo están dos diales similares, uno permite controlar la intensidad de calor que se suministra a la muestra y el otro permite controlar el tiempo de exposición al mismo. En la parte frontal del instrumento está una pantalla sobre la que aparecen dos escalas, hacia la izquierda una de peso en gramos, y a la derecha otra de porcentaje de humedad.

3.5 Medición del color – CIE Lab

La Comisión Internacional de Iluminación (abreviada como CIE por su nombre en francés: *Commission Internationale de l'éclairage*) es la autoridad internacional en luz, iluminación, color y espacios de color. Fue establecida en 1913.

La CIE con el propósito de proveer una caracterización precisa del color, ha desarrollado dos espacios del color de tres dimensiones, basados en relaciones matemáticas aplicadas a

las distribuciones espectrales, que se simbolizan por L_{ab} y $L_{\mu v}$, que permiten cuantificar el color. El primero se usa para cuantificar el color de objetos y el segundo para fuentes luminosas u objetos autoluminosos.

El espacio CIE Lab permite especificar estímulos de color en un espacio tridimensional. El eje L^* es el de la luminosidad y va desde 0 (negro) a 100 (blanco). Los otros dos ejes de coordenadas a^* y b^* representan variación entre rojizo – verdoso y amarillento – azulado, respectivamente.

Uno de los ensayos realizados sobre las marcas de *café de algarroba* consistía en determinar su grado de tueste, es decir el color adquirido después del tostado. El color quedó definido por las coordenadas del sistema CIE Lab, para lo cual se empleó un colorímetro con las siguientes características iluminación difusa y ángulo 0° , fuente lumínica D65 y observador 2° . A continuación se detalla a qué se refiere cada característica mencionada.

La iluminación difusa de 0° , ilumina la muestra desde todas las direcciones mediante iluminantes de brillo casi completamente igual y recibe la luz que la muestra refleja verticalmente. Normalmente, cuando observamos el color, en una oficina, debido a las múltiples fuentes de luz y a la luz que reflejan las paredes, se producen condiciones de iluminación difusas.²⁹

La fuente lumínica o iluminante se utiliza en sustitución de las fuentes reales (emisor físico de radiación luminosa, por ejemplo: una vela, una bombilla de tungsteno, etc.). Todas las fuentes de luz se pueden especificar como iluminantes. Los iluminantes se suelen definir en términos de energía relativa tabulada para cada longitud de onda o franjas de longitudes de onda. Un pequeño número de iluminantes elegidos por la CIE son utilizados en la colorimetría: Iluminante A relativo a una fuente incandescente típica; iluminante C y D que representa algunos aspectos de la luz natural; iluminantes F que seleccionan fuentes fluorescentes. El iluminante D65 corresponde aproximadamente a un sol de medio día en Europa Occidental/ Norte de Europa.

Según la teoría tricromática de la visión en color, un observador puede igualar un estímulo de color mediante una mezcla aditiva de tres primarios (rojo, verde y azul). Por tanto, cualquier estímulo cromático se puede especificar mediante la cantidad de primarios que un observador necesitará para igualar o hacer corresponder ese estímulo. El observador estándar es una tabla en la que se indica cuánto de cada primario necesita un observador promedio para igualar cada longitud de onda. Los datos del observador estándar 1931 se obtuvieron con experimentos de correspondencia de colores realizados de modo que los estímulos activaban un área de la retina con un ángulo visual de dos grados, es por eso el nombre de observador 2° . En 1964 la CIE estableció el observador estándar 10° ya que el observador 2° no era muy conveniente para apreciaciones de color con ángulos visuales amplios.

²⁹ Manual de instrucciones del colorímetro Minolta modelo CR – 400.

SEGUNDA PARTE
DESARROLLO EXPERIMENTAL

Capítulo 4

Parte experimental

Los ensayos descritos en esta segunda parte de la tesis, se realizaron sobre cuatro marcas de *café de algarroba*: Bauvi, La Españolita, Santa María de Locuto y PRONOR, las cuales son vendidas en diferentes tiendas del departamento de Piura.

Para fines prácticos las marcas de *café de algarroba*, serán codificadas de la siguiente manera:

Marca	Código
Bauvi	B
La Españolita	E
Santa María de Locuto	S
PRONOR	P

Las marcas mencionadas serán sometidas a los siguientes ensayos:

- Determinación del tamaño de partícula.
- Determinación del contenido de humedad.
- Determinación del rendimiento de extracción y de los sólidos solubles. Método por goteo.
- Determinación del rendimiento de extracción y de los sólidos solubles. Método por contacto directo.
- Determinación del grado de tueste.
- Determinación de la densidad por compactación.
- Determinación del porcentaje de “partículas blancas” (carozo) en el *café de algarroba*.

4.1 Determinación del contenido de humedad

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTC 2558: Determinación del contenido de humedad. Método por determinación de la pérdida en masa a 103 °C.

Objeto

Este ensayo tiene como fin determinar la pérdida en masa a 103 °C del *café de algarroba*.

Principio

Pérdida en masa a 103 °C: Esto es la pérdida en masa causada principalmente por agua y material volátil (dióxido de carbono, ácidos volátiles, etc.), que son vaporizados bajo las condiciones específicas de la norma.

Materiales y equipos especificados por la NTC 2558

- Estufa eléctrica de laboratorio con ventilación forzada con capacidad de operar a 103 °C ± 1 °C.
- Cápsula, de un metal resistente a la corrosión o de vidrio, con tapa y un área de superficie efectiva de mínimo 18 cm².
- Desecador que contenga un desecante efectivo.
- Balanza analítica para pesar con aproximación a 0,1 mg.

Procedimiento especificado por la NTC 2558

- Preparación de la cápsula: Se seca la cápsula con su tapa durante 1 hora en el horno regulado a 103 °C. Una vez concluido el tiempo, se retiran del horno la cápsula y la tapa y se dejan enfriar en el desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente. Posteriormente se pesan la cápsula y la tapa con aproximación a 0,1 mg.
- Porción de ensayo: Se colocan aproximadamente 5 g de la muestra de ensayo (café) en la cápsula preparada. Se cubre la cápsula con la tapa y se pesan estos y el contenido con aproximación a 0,1 mg.
- Determinación: Se coloca la cápsula que contiene la porción de ensayo, sin la tapa pero puesta a un lado o debajo de la cápsula, en el horno a 103 °C y se seca durante 2 h ± 0,1 h. Se retira la cápsula del horno, se le coloca la tapa y se introduce en el desecador. Se deja enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se pesan con aproximación a 0,1 mg.

Expresión de los resultados

La pérdida de masa a 103 °C expresada como un porcentaje en masa de la muestra, se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Donde:

m₀: Masa, en gramos, de la cápsula y la tapa

m₁: Masa, en gramos, de la cápsula, la porción de ensayo y la tapa antes del secado

m₂: Masa, en gramos, de la cápsula, la porción de ensayo y la tapa después del secado.

Ajustes realizados a la norma:

En la realización del ensayo el *café de algarroba* se secó en la estufa durante 2 h ± 0,1 h como indica la norma y también se realizó una prueba en donde las muestras de café estuvieron en la estufa hasta que alcanzaran peso constante, esto sucedió a las 16 horas de secado.

4.2 Determinación del tamaño de partícula

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTC 2441: Industrias agrícolas. Café tostado y de molido. Método para la determinación del tamaño de partícula.

Objeto

Este ensayo tiene como fin determinar el grado de molienda del *café de algarroba* tostado y molido.

Principio

Consiste en separar en porciones el *café de algarroba* de acuerdo a su tamaño de partícula, empleando tamices accionados por un aparato rotogolpeador.

Equipos especificados por la NTC 2441

- Máquina tamizadora
- Balanza con precisión de 0,1 g
- Cubos de caucho de 18 mm de lado
- Cronómetro con una exactitud de ± 5 s
- Tamices: Se emplean los siguientes tamices:

Abertura μm	Designación equivalente de tamices ASTM
850	20 mallas
600	30 mallas
425	40 mallas
300	50 mallas
212	70 mallas
Fondo	Fondo

Procedimiento especificado la NTC 2441

- a) Preparación de la muestra: Se toman 100 g de muestra con aproximación de 0,1 g y se ajusta la humedad hasta el máximo de 3,0%.
- b) Se pesa cada uno de los tamices con los cubos de caucho.
- c) Se ensamblan los tamices uno a otro en orden decreciente de abertura de arriba hacia abajo, colocando el plato receptor en la parte inferior.
- d) Se colocan tres cubos de caucho en cada malla, esto evita que el polvo fino se adhiera en la parte inferior de la malla.
- e) Se deposita la muestra en el tamiz superior y se cubre con la tapa.
- f) El conjunto se coloca en la máquina y se asegura. Se tamiza la muestra durante 10 minutos.
- g) Se separan los tamices con cuidado. El material adherido a las paredes del tamiz se recoge empleando un cepillo y se pasa al tamiz inferior. Se pesa cada uno de los tamices con una aproximación de 0,1 g.
- h) Se calculan los porcentajes de cada fracción en relación con la muestra y se reportan en el mismo orden de ubicación de los tamices. La suma de estos puede diferir del 100% en $\pm 1\%$

Determinaciones

Se realizaron tres determinaciones.

Expresión de los resultados

- a) **Método gráfico:** Se calcula el porcentaje retenido en cada malla y el porcentaje acumulado, descartando la fracción del fondo.
Para los diferentes porcentajes de retención se calcula el siguiente término:

$$\ln \left(\ln \left(\frac{100}{\%R} \right) \right)$$

Donde:

%R: Es el porcentaje de retención acumulado.

Luego se calcula el logaritmo natural de la abertura de cada malla empleada.

Se construye una gráfica $\ln(\ln(100/\%R))$ vs $\ln(\text{abertura de malla})$ localizando cada pareja de puntos. Luego se traza una recta que cubra la mayoría de puntos.

Para encontrar el tamaño promedio de partícula se reemplaza el porcentaje de retención por 50 y se calcula el término $\ln(\ln(100/50))$, lo cual equivale a 0,37. Para este punto se determina sobre el eje X el tamaño de diámetro correspondiente. Este valor corresponde al tamaño promedio de partícula expresado en micrómetros.

- b) **Método numérico:** Se realiza una regresión, representada por la siguiente ecuación:

$$\ln(\ln 100/\%R) = m(\ln(\text{apertura del tamiz en } \mu\text{m})) + B$$

De la regresión se puede obtener el valor de m correspondiente al índice de uniformidad.

El tamaño promedio de partícula puede calcularse a partir de la siguiente ecuación, reemplazando en el término %R por el valor del 50%

$$\text{Tamaño promedio de partícula} = e^{\left(\frac{\ln(\ln(\frac{100}{50})) - B}{m} \right)}$$

Ajustes realizados a la norma

La norma NTC 2441 establece que el tamizado del café se debe realizar en una máquina tamizadora. Sin embargo el tamizado realizado sobre las muestras de *café de algarroba* se hizo de manera manual debido a que los tamices requeridos no eran del diámetro adecuado para ser instalados en la máquina tamizadora que se encuentra en el Laboratorio de Química de la Universidad de Piura. Tampoco se utilizó cubos de caucho porque no se disponía de ellos. El tamizado manual no afecta los resultados de la prueba. El tiempo de tamizado para cada tamiz fue de 10 minutos.

La figura 4.1 muestra el juego de tamices utilizados



Fig. 4.1 Juego de tamices

4.3 Determinación del rendimiento de la extracción y de los sólidos solubles. Método por goteo directo

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTC 4602-1: Determinación del rendimiento de la extracción y de los sólidos solubles en la bebida de café. Método por goteo directo.

Objeto

Este ensayo tiene como fin determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida del *café de algarroba*, mediante el método por goteo.

Este método está previsto para evaluar el café tostado y molido con un grado de molienda media correspondiente a un tamaño efectivo de partícula entre 500 μm a 700 μm .

Principio del método

Extracción del café tostado y molido con agua caliente (temperatura de ebullición), utilizando el sistema de preparación manual por goteo.

Materiales y equipos especificados por la NTC 4602-1

- Agua de dureza total menor a 500 mg/l de CaCO_3 .
- Balanza capaz de medir con aproximación a 1 mg.
- Estufa de laboratorio que mantenga la temperatura a $103\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$.
- Probeta graduada de 300 ml.
- Cápsula metálica con su tapa, de acero inoxidable, níquel o aluminio.
- Desecador con agente desecante (CaCl_2 , sílica gel o P_2O_5).
- Portafiltro de base cónica.
- Filtros de papel.
- Vaso de precipitado con capacidad de 500 ml.

Procedimiento especificado por la NTC 4602-1

- a) Primero se seca la cápsula metálica con su tapa colocada a un lado en una estufa a una temperatura de $103\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 h. Posteriormente la cápsula y la tapa en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se pesa la cápsula y su tapa (m_0).
- b) Se toma un vaso de precipitado complemento seco con un porta filtro y un filtro de papel. Luego se pesan, con aproximación a 1 mg, 18 g de café (m_1) sobre el filtro. Posteriormente se adicionan 300 ml de agua en ebullición en forma lenta, continua y con movimientos circulares en un tiempo de 30 s.
- c) Se deja enfriar la bebida resultante hasta que alcance la temperatura ambiente y se pesa el recipiente con la bebida fría (m_2).
- d) Se pesan, con aproximación a 1 mg, 10 g de bebida (m_3), en la cápsula. La cápsula tapada se lleva a la estufa durante $4\text{ h} \pm 10\text{ minutos}$ a una temperatura de $103\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$.
- e) Transcurrido este tiempo, se saca la cápsula de la estufa y se coloca dentro del desecador por 45 minutos. Cuando se haya alcanzado la temperatura ambiente se pesa, con aproximación a 1 mg, la cápsula con el residuo (m_4).

Número de determinaciones

Se llevan a cabo tres determinaciones sobre la misma bebida obtenida.

Expresión de los resultados

Se calcula, para cada repetición, la concentración de sólidos solubles y de rendimiento en la extracción, expresados en porcentaje masa a masa, empleando las siguientes ecuaciones:

$$\%SS = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} * 100$$

$$\%RE = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} * \frac{m_2}{m_1} * 100$$

Donde:

m_4 : masa, en gramos, de la cápsula metálica y su tapa con la muestra con la muestra evaporada.

m_3 : masa, en gramos, de la alícuota de la bebida obtenida más la masa de la cápsula.

m_2 : masa, en gramos, de la bebida total obtenida.

m_1 : masa, en gramos, de la muestra de café tostado y molido.

m_0 : masa, en gramos, de la cápsula metálica con la tapa

Ajustes realizados a la norma

Para el secado de la muestra de bebida del *café de algarroba*, se hizo la siguiente modificación: La cápsula fue llevada destapada a la estufa en vez de tapada como especifica la norma, porque consideramos que existe un error, además la estufa primero fue regulada a 80 °C durante dos horas, posteriormente se aumentó la temperatura a 103 °C y se dejó encendida 16 horas para que de esta manera las muestras pudieran alcanzar peso constante.

4.4 Determinación del rendimiento de la extracción y de los sólidos. Método por contacto directo

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTC 4602-2: Determinación del rendimiento de la extracción y de los sólidos solubles en la bebida de café. Método por contacto directo.

Objeto

Esta parte de la norma establece un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida del café, el cual se ha denominado método por contacto directo

Este método es recomendable para evaluar el café tostado y molido con un grado de molienda gruesa correspondiente a un tamaño efectivo de partícula entre 701 μm a 900 μm .

Principio del método

Extracción del café tostado y molido con agua caliente (temperatura de ebullición).

Materiales y equipos especificados por la NTC 4602-2

- Agua de dureza total menor a 500 mg/l de CaCO_3 .
- Balanza capaz de medir con aproximación a 1 mg.
- Estufa de laboratorio que mantenga la temperatura a $103\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$.
- Probeta graduada de 300 ml.
- Cápsula metálica con su tapa, de acero inoxidable, níquel o aluminio.
- Desecador con agente desecante (CaCl_2 , sílica gel o P_2O_5).

- Vaso de precipitado con capacidad de 500 ml.

Procedimiento especificado por la NTC 4602-2

- Primero se seca la cápsula metálica con su tapa colocada a un lado en una estufa a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 h. Posteriormente la cápsula y la tapa en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se pesa la cápsula y su tapa (m_0).
- Se pesa un vaso de precipitado completamente seco y luego en el vaso se pesan, con aproximación a 1 mg, 18 g de café (m_1). Se adicionan con una probeta previamente calentada, 300 ml de agua en ebullición con movimientos circulares. Se deja decantar durante 10 minutos y luego se transfiere cuidadosamente todo el líquido sobrenadante a otro vaso de precipitado previamente pesado.
- Se deja enfriar la bebida resultante hasta que alcance la temperatura ambiente y se pesa el recipiente con la bebida fría. Se establece por diferencia el peso de la bebida (m_2).
- Se pesan, con aproximación a 1 mg, 10 g de bebida (m_3), en la cápsula. La cápsula tapada se lleva a la estufa durante $4\text{ h} \pm 10$ minutos a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Transcurrido este tiempo, se saca la cápsula de la estufa y se coloca dentro del desecador por 45 minutos. Cuando se haya alcanzado la temperatura ambiente se pesa, con aproximación a 1 mg, la cápsula con el residuo (m_4).

Número de determinaciones

Se llevaron a cabo tres determinaciones sobre la misma bebida obtenida.

Expresión de los resultados

Se calcula, para cada repetición, la concentración de sólidos solubles y de rendimiento en la extracción, expresados en porcentaje en masa, empleando las siguientes ecuaciones:

$$\%SS = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} * 100$$

$$\%RE = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} * \frac{m_2}{m_1} * 100$$

Donde:

m_4 : masa, en gramos, de la cápsula metálica y su tapa con la muestra con la muestra evaporada

m_3 : masa, en gramos, de la alícuota de la bebida obtenida.

m_2 : masa, en gramos, de la bebida total obtenida.

m_1 : masa, en gramos, de la muestra de café tostado y molido.

m_0 : masa, en gramos de la cápsula metálica con la tapa

Ajustes a la norma

Debido a que las muestras de *café de algarroba* utilizadas para realizar este ensayo eran de granulometría media y fina, y no gruesa como específica la norma, se optó por modificar una parte del procedimiento. La modificación fue la siguiente: Una vez que transcurrieron los 10 minutos de la decantación, se transfirió la bebida a otro vaso de precipitado previo filtrado, para lo cual se empleó un embudo Büchner y un papel de filtro de velocidad media. Además la estufa primero fue regulada a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante dos horas, posteriormente se

aumentó la temperatura a 103 °C y se dejó encendida 16 horas para que de esta manera las muestras pudieran alcanzar peso constante.

4.5 Determinación del grado de tueste

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTC 2442: Café tostado y/o molido. Determinación del grado de tueste.

Objeto

Este ensayo tiene como fin determinar el grado de tueste en café tostado y/o molido mediante mediciones colorimétricas.

Principio

Se hace incidir un rayo de luz sobre la muestra (en el rango de luz visible o infrarrojo cercano). En estas condiciones la muestra absorbe cierta cantidad de energía y la cantidad de energía reflejada se cuantifica.

Equipo de medición directa especificado por la NTC 2442

Colorímetro con capacidad de medir directamente la componente L^* (coordenada de luminosidad de la escala CIELab), con configuración geométrica $0^\circ/45^\circ$ e iluminante/observador $C/2^\circ$ y área de medición de 5,08 cm de diámetro. Debidamente calibrado. Utilizado como equipo de referencia.

Equipo de medición indirecta especificado por la NTC 2442

Equipos que no determinan directamente el valor de L^* pero que se pueden utilizar para la determinación del grado de tueste. Deberán estar debidamente calibrados y sus unidades de medición correlacionadas con L^* de un equipo de referencia validado.

Otros equipos especificados por la NTC 2442

Tamiz Estándar US N° 20 (850 μm) que cumpla con la NTC 32.

Estufa preferiblemente con ventilación forzada que permita mantener la temperatura de 80 °C \pm 5 °C.

Recipiente hermético para enfriar las muestras.

Preparación de la muestra de ensayo especificado por la NTC 2442

Para el café tostado en grano se toman aproximadamente 150 g, se purga el molino y se muele la muestra en un grado de molienda medio con un diámetro promedio de partícula alrededor de 600 μm . Si es café tostado y molido se pesa directamente los 150 g.

Si la humedad de la muestra es superior al 5% se coloca durante 10 minutos en la estufa previamente precalentada a una temperatura de 80 °C \pm 5 °C.

Se deja enfriar la muestra hasta temperatura ambiente.

Se pasa la muestra por el tamiz estándar US N° 20 (850 μm) durante el tiempo necesario para obtener la fracción de muestra requerida de acuerdo al equipo de medición utilizado.

Procedimiento especificado por la NTC 2442

La fracción de muestra tamizada bajo el tamiz estándar US N° 20 (850 μm) se distribuye uniformemente en el portamuestras del equipo, se enrasa sin compactar y se toma la lectura según las instrucciones de manejo del fabricante del colorímetro. La lectura se debe tomar por duplicado.

Expresión de los resultados

El resultado se expresa en unidades de L^* . Iluminante/observador $C/2^\circ$.

Es importante indicar que la lectura L^* tiene dependencia con el grado de molienda del café; haciendo que el grado de tueste se perciba más claro para moliendas con diámetro de partículas promedio menores a 650 μm dependiendo del equipo de medición colorimétrica.

Ajustes a la norma

Las coordenadas de color CIE $L^*a^*b^*$ (CIE. 1976) fueron determinadas teniendo en cuenta fuente lumínica D65 y observador 2°.

Se trabajó con dos tipos de muestras, la primera correspondió al *café de algarroba* tal cual, es decir, sin ninguna modificación, la segunda correspondió al *café de algarroba* remolido y tamizado a través de un tamiz de 0,25 mm de diámetro (US N° 60), el tamaño de la abertura del tamiz se escogió debido a que con este se logra retener casi en su totalidad el carozo del *café de algarroba*, el cual presenta un color y tamaño distintos al resto del café obteniéndose de este modo una muestra de tamaño y color uniforme.

4.6 Determinación de la densidad por compactación

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTC 4084: Café tostado y/o molido. Método para la determinación de la densidad por compactación.

Objeto

Esta norma establece un procedimiento de prueba general para la determinación del volumen y la densidad por compactación de una muestra de café tostado y molido.

Definiciones

Densidad por compactación: Es la relación de café tostado y molido al volumen ocupado por ésta (masa por unidad de volumen) después de ser sometida a un número fijo de golpes bajo las condiciones especificadas de esta norma. Esta se expresa convencionalmente en gramos por mililitro.

Principio

Determinación del volumen de una masa dada de café tostado y molido después de 400 golpes empleando un volúmetro.

Equipos especificados por la NTC 4084

- Balanza de precisión, con aproximación a 0,1 g.
- Volúmetro compuesto de las siguientes partes: Probeta de 250 ml, graduada con divisiones de 2 ml, soporte para la probeta con varilla guía.
- Leva que eleve la varilla guía con el cilindro de medición, una vez cada rotación, cuya velocidad de rotación es de $250 \text{ min}^{-1} \pm 15 \text{ min}^{-1}$.
- Tope dispuesto de manera que la varilla guía levantando caiga desde una altura de $3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.
- Contador para contabilizar el número de vueltas de las levas.
- Mango de material adecuado para obtener una guía sin rozamiento.
- Estufa que alcance una temperatura de $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Desecador.

Preparación de la muestra especificados por la NTC 4084

Se toma una cantidad de muestra suficiente para realizar dos ensayos (mínimo 500 ml). Si la muestra tiene una humedad mayor al 3% m/m se debe someter a secado en una estufa

durante 2 h a 103 °C. Se deja enfriar en un desecador. Se debe garantizar un adecuado manejo de la muestra para evitar la absorción de agua.

Procedimiento especificados por la NTC 4084

Se pesan 75 g ± 5 g de la muestra de laboratorio con una aproximación de 0,1 g y se transfieren lentamente a la probeta, evitando la compactación y espacios libres en el producto.

Se fija la probeta al volúmetro de apisonamiento por medio del soporte, garantizando que el equipo se encuentre nivelado horizontalmente, se ajusta el volúmetro a 400 golpes, y se hace funcionar. Al finalizar los 400 golpes se lee el volumen final, la lectura se realiza con referencia al nivel horizontal del producto.

Se llevan a cabo dos determinaciones sobre la misma.

Cálculos y resultados.

La densidad por compactación (ρ), expresada en gramos por mililitro, es igual a:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

ρ : densidad por compactación, en g/ml.

m: masa, en gramos, de la porción de ensayo

V: volumen en ml, ocupado por la muestra después de la compactación.

Ajustes a la norma

El Laboratorio de Química de la Universidad de Piura, no contaba con un volúmetro por lo que se mandó a confeccionar uno al Laboratorio de Mecánica de la misma universidad. La máquina construida giraba a 246 rpm de tal modo que para completar los 400 golpes se hizo funcionar la máquina por 1 min 37 s.

4.7 Determinación del porcentaje de “partículas blancas” (carozo) en el *café de algarroba*

Este ensayo no toma como referencia ninguna norma técnica colombiana, pues es un ensayo propuesto por la tesista y por el asesor que se creyó conveniente realizar, debido a que las distintas marcas de *café de algarroba* presentaban como característica resaltante la presencia de carozo.

Objeto

Este ensayo tiene por objeto determinar que proporción del peso total representa el carozo en el *café de algarroba*.

Materiales y equipos

- Balanza analítica.
- Tamiz de 1000 μm de abertura (ASTM N° 18).

Procedimiento

- Pesar 10 g de *café de algarroba*.
- Tamizar la muestra de *café de algarroba*.

- Retirar manualmente el carozo que logró pasar a través del tamiz (si es que se da el caso).
- Pesar en la balanza analítica la fracción de carozo retenida en el tamiz junto con la separada manualmente.

Número de determinaciones

Sobre cada muestra de *café de algarroba* se realizaron tres determinaciones.

Cálculos y resultados

Se calcula el porcentaje de carozo respecto al peso total del *café de algarroba*.

Capítulo 5

Resultados y discusión

5.1 Contenido de humedad

Sobre cada marca de café se hicieron 3 determinaciones para de esta manera obtener un contenido de humedad promedio y determinar si se cumplía o no con la repetibilidad exigida.

La repetibilidad es la diferencia absoluta entre dos resultados de ensayos independientes obtenidos usando el mismo método, en material de ensayo idéntico, en el mismo laboratorio, con el mismo operador y el mismo equipo, dentro de un intervalo de tiempo corto. De acuerdo a la norma NTC 2558 tomada como referencia, la repetibilidad no debería ser superior a 0,1%. La desviación estándar es una medida adecuada para indicar el valor de la repetibilidad.

A continuación se presentan los resultados obtenidos sobre cada marca de *café de algarroba* al dejar secar las muestras en la estufa a 103 °C durante 2 horas como indica la norma para el café.

Variables:

m_0 : Masa, en gramos, de la cápsula y la tapa.

m_1 : Masa, en gramos, de la cápsula, la porción de ensayo y la tapa antes del secado.

m_2 : Masa, en gramos, de la cápsula, la porción de ensayo y la tapa después del secado.

La tabla 5.1 muestra los resultados de las tres determinaciones realizadas a las cuatro marcas de *café de algarroba*.

Tabla 5.1 Contenido de humedad (2 h de secado)

Determinación	m ₀ (g)	Peso del café	m ₁ (g)	m ₂ (g)	Pérdida de masa %	Media	Desviación estándar
Marca B							
1	84,3384	5,5878	89,9262	89,5152	7,3553	7,3501	0,0130
2	86,3016	5,6508	91,9524	91,5379	7,3352		
3	76,0487	5,8558	81,9045	81,4735	7,3597		
Marca E							
1	92,3136	5,0746	97,3882	97,2713	2,3036	2,2976	0,05114
2	87,7037	5,2013	92,9050	92,7883	2,2437		
3	81,4996	5,6195	87,1191	86,9873	2,3454		
Marca S							
1	84,9679	5,4939	90,4618	90,3298	2,4027	2,4231	0,0193
2	57,1947	5,4350	62,6297	62,4979	2,4256		
3	83,5122	5,5059	89,0181	88,8837	2,4410		
Marca P							
1	92,6753	5,2274	97,9027	97,7039	3,8030	3,8805	0,0674
2	89,1081	5,1432	94,2513	94,0494	3,9256		
3	76,1889	5,4519	81,6408	81,4275	3,9128		

La figura 5.1 muestra una comparación del contenido de humedad entre las marcas de *café de algarroba*

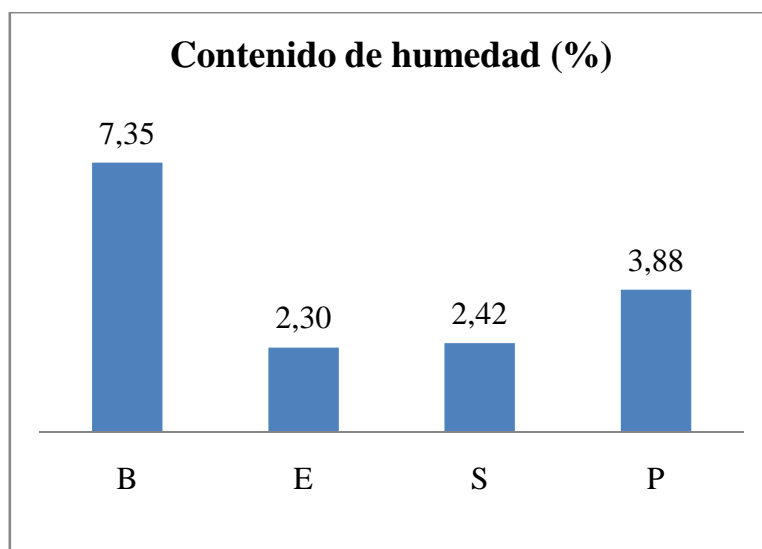


Fig. 5.1 Comparación del contenido de humedad

Como se puede apreciar la marca B es la que presenta mayor contenido de humedad $7,35 \pm 0,0130\%$, le sigue la marca P con $3,88 \pm 0,0674\%$, posteriormente la marca S con $2,42 \pm 0,0193\%$ y finalmente la marca E con $2,30 \pm 0,0511\%$.

Se puede notar una gran diferencia de humedad entre la marca B y las demás, ésta es extremadamente húmeda viéndose claramente por la formación de grumos (figura 5.2).

Este alto contenido de humedad probablemente se deba a que las vainas de algarroba fueron tostadas a una temperatura muy elevada. A mayor temperatura es más fácil que algunas partículas se transformen en carbón el cual es muy higroscópico. Un contenido de humedad alto no es favorable pues aumenta la posibilidad de deterioro biológico.



Fig. 5.2 Formación de grumos de la marca B.

Las tabla 5.2 presenta los resultados obtenidos sobre cada marca de *café de algarroba* al dejar secar las muestras hasta alcanzar peso constante.

Tabla 5.2 Contenido de humedad (peso constante)

Determinación	m_0 (g)	Peso del café (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	Pérdida de masa %	Media	Desviación estándar
Marca B							
1	82,5081	5,4173	87,9254	87,5131	7,6108	7,6241	0,0555
2	77,7407	5,2036	82,9443	82,5444	7,6851		
3	71,1621	5,2373	76,3994	76,0026	7,5764		
Marca E							
1	84,7258	5,1277	89,8535	89,6643	3,6898	3,6795	0,0269
2	86,3533	5,3246	91,6779	91,4809	3,6998		
3	92,4535	5,1056	97,5591	97,3728	3,6489		
Marca S							
1	89,4803	5,1015	94,5818	94,3862	3,8342	3,8076	0,0372
2	81,9378	5,1128	87,0506	86,8581	3,7651		
3	86,2267	5,6127	91,8394	91,6248	3,8235		
Marca P							
1	86,3774	5,6993	92,0767	91,7969	4,9094	4,9568	0,0797
2	80,7542	5,5066	86,2608	85,9903	4,9123		
3	92,1876	5,1022	97,2898	97,0322	5,0488		

La figura 5.3 muestra una comparación del contenido de humedad entre las marcas de *café de algarroba*

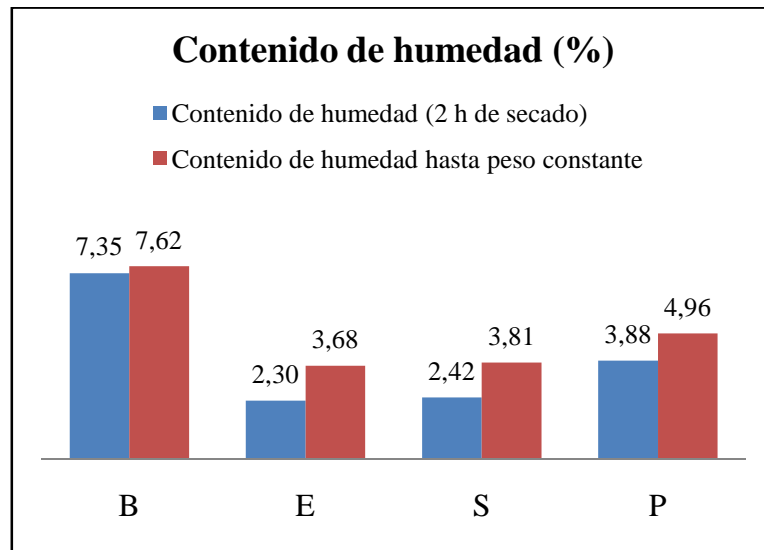


Fig. 5.3 Comparación entre la humedad después de 2h de secado y hasta peso constante.

Como se puede apreciar el contenido de humedad ha aumentado porque las muestras han estado más tiempo en la estufa con lo que se ha podido eliminar por completo el agua existente, sin embargo se mantiene el orden entre las marcas más húmedas y menos húmedas, es decir la marca B sigue siendo la que posee mayor contenido de humedad con $7,62 \pm 0,0555\%$, le sigue P con $4,96 \pm 0,07967\%$, S con $3,81 \pm 0,0372\%$ y finalmente la que posee menor contenido de humedad es la marca E con $3,68 \pm 0,0269\%$.

Se puede concluir que si es que el objetivo es determinar el contenido de humedad para el *café de algarroba*, es más conveniente realizar el secado en la estufa hasta alcanzar peso constante en vez de dejar las muestras solamente dos horas como indica la norma para el caso del café genuino. El secado hasta peso constante se obtiene después de dejar las muestras 16 horas en la estufa.

Las figuras 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 muestran a las cuatro marcas de *café de algarroba* después del secado.



Fig. 5.4 *Café de algarroba* marca B



Fig. 5.5 *Café de algarroba* marca E



Fig. 5.6 *Café de algarroba* marca S



Fig. 5.7 *Café de algarroba* marca P

5.2 Tamaño de partícula

La denominación granulométrica del café tostado molido, según la norma³⁰, está determinada por el tamaño efectivo de partícula, así:

- Si el tamaño efectivo es superior a 700 μm , la denominación es gruesa.
- Si el tamaño efectivo es entre 500 μm - 700 μm , la denominación es media.
- Si el tamaño efectivo es inferior a 500 μm , la denominación es fina.

El tamaño efectivo de partícula es calculado con la siguiente fórmula³¹:

$$\text{Tamaño promedio de partícula} = e^{\left(\frac{\ln\left(\ln\left(\frac{100}{50}\right)\right) - B}{m}\right)}$$

Siendo m la pendiente de regresión lineal.

Las cuatro muestras comerciales de *café de algarroba* fueron sometidas a un proceso de secado en estufa para reducir su contenido de humedad hasta un máximo de 3% como requiere la norma³². Este nivel de humedad facilitó el tamizado. Así mismo se realizó tres determinaciones sobre cada marca de *café de algarroba*, es decir, se tamizaron tres muestras (de 100 g c/u) de cada marca de *café de algarroba*

Tabla 5.3 Distribución de tamaños de partículas en el *café de algarroba* marca B

Abertura (μm)	Malla (ASTM)	Retención* (g)	Retención acumulada (%R)	Ln(abertura) (μm)	Ln[Ln(100/%R)]
850	20	31,93 \pm 1,01	31,93	6,7452	0,1324
600	30	14,13 \pm 0,61	46,07	6,3969	-0,2548
425	40	12,97 \pm 0,68	59,03	6,0521	-0,6404
300	50	11,90 \pm 0,53	70,93	5,7038	-1,0688
212	70	10,73 \pm 0,55	81,67	5,3566	-1,5969

* valor medio \pm desviación estándar (n=3)

³⁰ NTC 3534. Café tostado en grano o molido. Pág. 4.

³¹ NTC 2441: Industrias agrícolas. Café tostado y molido. Método para la determinación del tamaño de partícula. Pág.4

³² Op. cit. Pág. 4

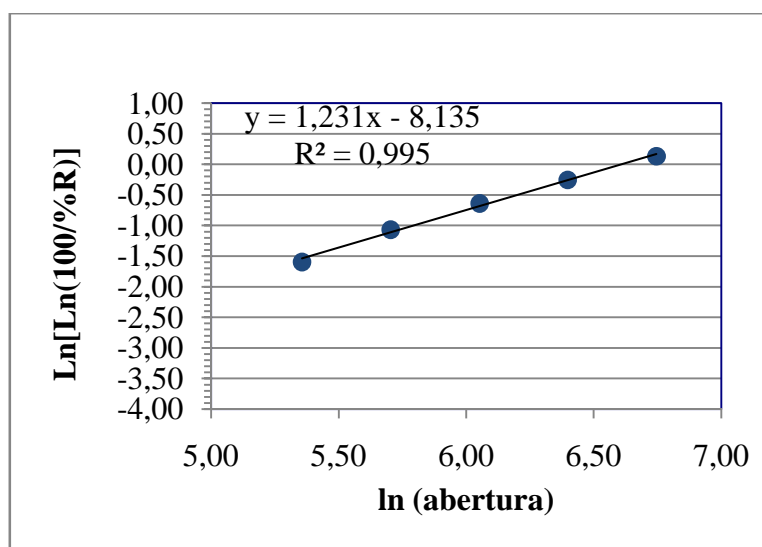


Fig. 5.8 Diagrama de dispersión de las partículas de la marca B

El tamaño promedio de partículas del *café de algarroba* marca B es de 553,27 μm , que corresponde según la norma aplicada a un grado de molienda media.

Tabla 5.4 Distribución de tamaños de partículas en *café de algarroba* marca E

Abertura (μm)	Malla (ASTM)	Retención* (g)	Retención acumulada (%R)	Ln(abertura) (μm)	Ln[Ln(100/%R)]
850	20	41,67 \pm 3,29	41,67	6,7452	-0,1330
600	30	18,20 \pm 1,92	59,87	6,3969	-0,6674
425	40	17,13 \pm 0,74	77,00	6,0521	-1,3418
300	50	12,40 \pm 1,35	89,40	5,7038	-2,1888
212	70	7,50 \pm 0,96	96,90	5,3566	-3,4581

*valor medio \pm desviación estándar (n=3)

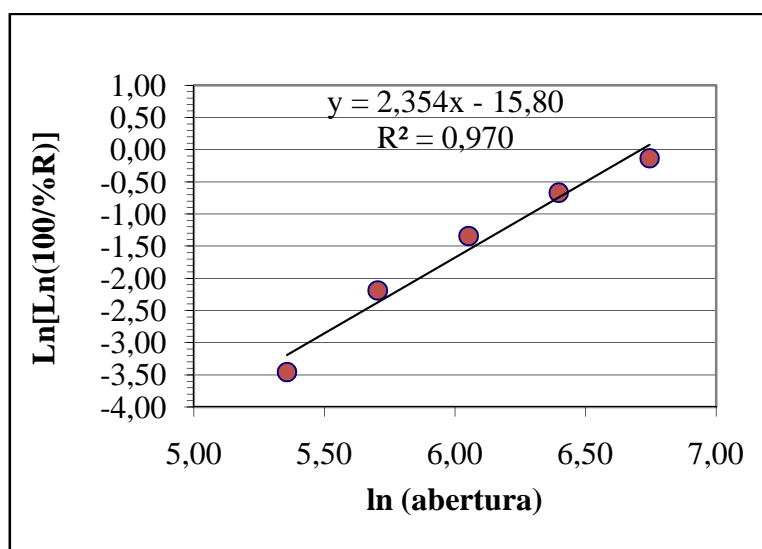


Fig. 5.9 Diagrama de dispersión de las partículas de la marca E

El tamaño promedio de partículas del *café de algarroba* marca E es de 703,65 μm , que corresponde a un grado de molienda gruesa.

Tabla 5.5 Distribución de tamaño de partículas en el *café de algarroba* marca S

Abertura (μm)	Malla (ASTM)	Retención* (g)	Retención acumulada (%R)	Ln(abertura) (μm)	Ln[Ln(100/%R)]
850	20	23,93 \pm 1,50	23,93	6,7452	0,3576
600	30	14,33 \pm 0,64	38,27	6,3969	-0,0402
425	40	11,80 \pm 0,17	50,07	6,0521	-0,3684
300	50	10,43 \pm 0,15	60,50	5,7038	-0,6881
212	70	10,83 \pm 1,27	71,33	5,3566	-1,0853

*valor medio \pm desviación estándar (n=3)

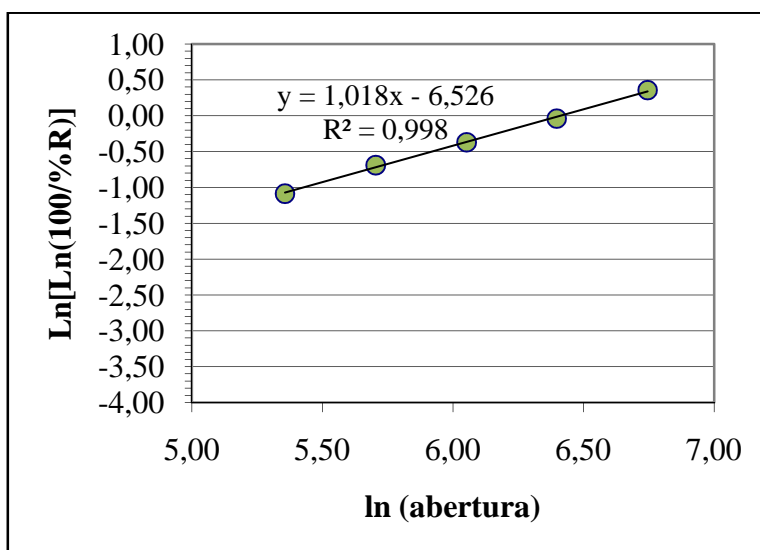


Fig. 5.10 Diagrama de dispersión de las partículas de la marca S.

El tamaño promedio de partículas del *café de algarroba* marca S es de 424,36 μm , que corresponde a un grado de molienda fina.

Tabla 5.6 Distribución de tamaños de partículas en el *café de algarroba* marca P.

Abertura (μm)	Malla (ASTM)	Retención* (g)	Retención acumulada (%R)	Ln(abertura) (μm)	Ln[Ln(100/%R)]
850	20	24,10 \pm 0,50	24,10	6,7452	0,3527
600	30	11,13 \pm 0,71	35,23	6,3969	0,0423
425	40	10,37 \pm 0,42	45,60	6,0521	-0,2417
300	50	10,70 \pm 0,36	56,30	5,7038	-0,5543
212	70	12,77 \pm 2,44	69,07	5,3566	-0,9940

*valor medio \pm desviación estándar (n=3)

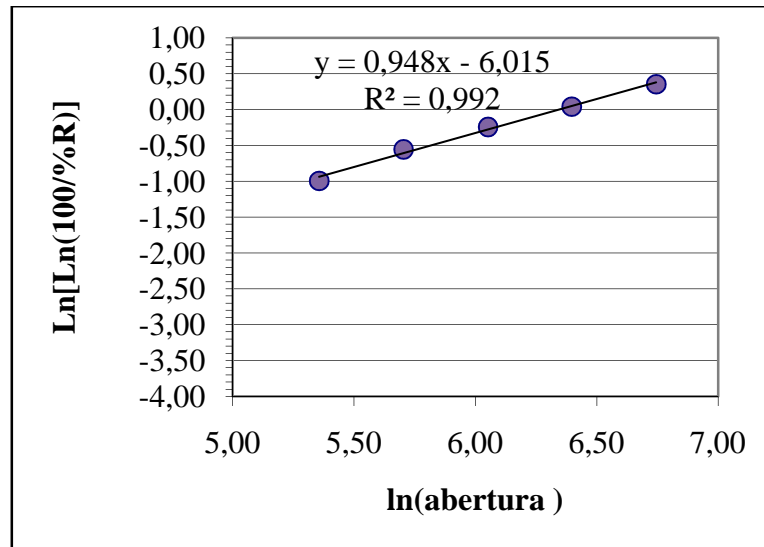


Fig. 5.11 Diagrama de dispersión de las partículas de la marca P

El tamaño promedio de partículas del *café de algarroba* marca P es de 386,96 μm , que corresponde a un grado de molienda fina.

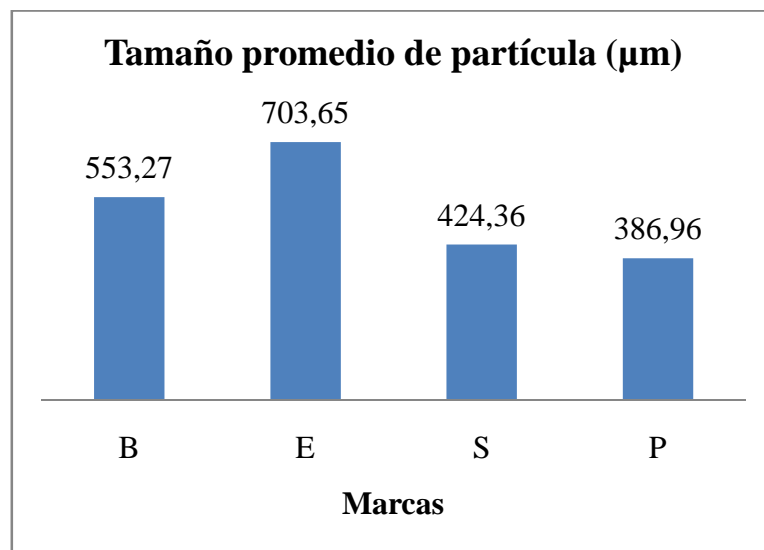


Fig. 5.12 Comparación del tamaño promedio de partículas entre las cuatro marcas de *café de algarroba*

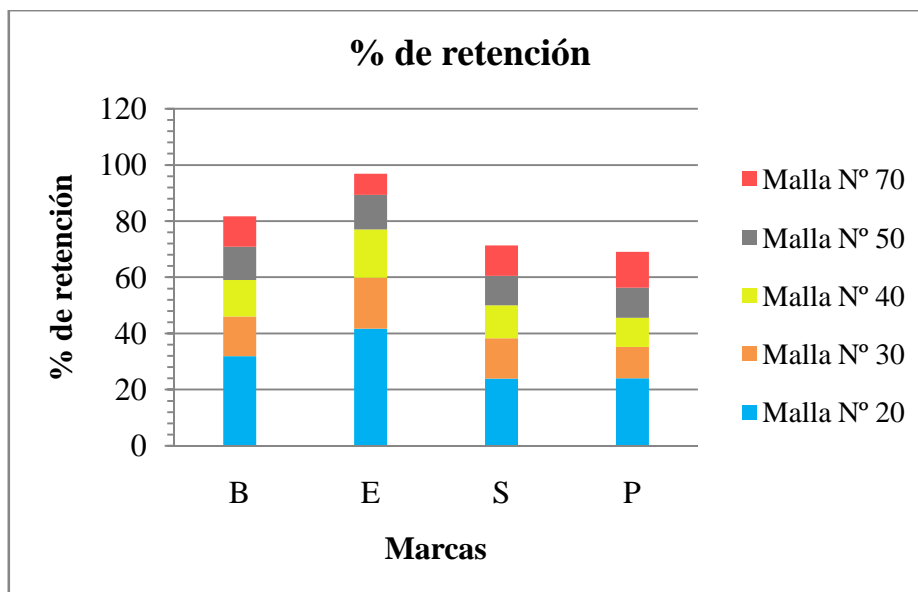


Fig. 5.13 Comparación del porcentaje de retención de partículas en las distintas mallas, en las cuatro marcas de *café de algarroba*

Como se puede apreciar en la figura 5.13 en el *café de algarroba* de granulometría gruesa como es el de la marca E, la mayor cantidad (41,67%) queda retenida en la malla 20.

En el *café de algarroba* de granulometría media como es el de la marca B, la mayor cantidad (31,93%) queda retenida en la malla Nº 20.

En el *café de algarroba* de las marcas S y P que son de granulometría fina, aproximadamente un 24% queda retenido en la malla Nº 20 y el resto se distribuye de manera casi uniforme entre las demás mallas.

El grado de finura de la molienda del café es uno de los puntos claves para obtener una buena taza, si este grado es demasiado grueso, el agua se filtra muy rápido y la bebida tiene poco aroma y un sabor más o menos insípido. En cambio si es demasiado fino, por una parte el agua arrastra partículas que se depositan en el fondo de la taza y por otra la filtración es demasiado lenta y se obtiene un café de aspecto fangoso. Entre estos dos extremos se sitúa la gama de grados de finura en molienda que convienen más a cada tipo de cafeteras, por ejemplo la molienda mediana para las cafeteras caseras, y la molienda fina para los aparatos a presión.

5.3 Rendimiento de la extracción y sólidos solubles. Método por goteo directo

Variables

m_0 : masa, en gramos, de la cápsula metálica con la tapa.

m_1 : masa, en gramos, del *café de algarroba* tostado y molido.

m_2 : masa, en gramos, de la bebida total obtenida.

m_3 : masa de bebida de *café de algarroba* puesta a secar.

m_4 : masa, en gramos, de la cápsula metálica con tapa y con la muestra evaporada.

Peso inicial: es la suma de m_0 y m_3 .

%SS: Porcentaje de sólidos solubles.

$$\%SS = \frac{m_4 - m_0}{m_3} * 100$$

%RE: Rendimiento de extracción.

$$\%RE = \frac{m_4 - m_0}{m_3} * \frac{m_2}{m_1} * 100$$



Fig. 5.14 Proceso de filtrado de la bebida del *café de algarroba*

Marca B

La tabla 5.7 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca B. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.7. Pesos iniciales (g). Marca B

Determinación	m ₀	m ₁	m ₂	m ₃
1	87,774	18,199	226,13	10,371
2	81,895			10,290
3	90,949			10,077

La tabla 5.8 muestra la variación en el peso de las muestras de *café de algarroba* durante el tiempo que estuvieron en la estufa para el secado. Se puede apreciar que entre las 14 h y 16 h el peso se mantiene constante.

Tabla 5.8 Variación de peso durante el secado (g). Marca B

Determinación	Peso inicial	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	98,145	88,010	88,009	88,009	88,008	88,008	88,006	88,006
2	92,185	82,128	82,127	82,126	82,125	82,125	82,123	82,123
3	101,026	91,177	91,176	91,175	91,175	91,173	91,172	91,172

La tabla 5.9 muestra la concentración de sólidos solubles calculada a diferentes tiempos de secado de las muestras.

Tabla 5.9 Concentración de sólidos solubles (%). Marca B

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	2,278	2,265	2,262	2,253	2,255	2,236	2,236
2	2,263	2,254	2,245	2,234	2,228	2,208	2,216
3	2,259	2,256	2,241	2,240	2,228	2,215	2,213

Con los datos de la tabla 5.9 se calcula la concentración de sólidos solubles promedio. Los resultados se muestran en la tabla 5.10 y en la figura 5.15.

Tabla 5.10. Concentración de sólidos promedio (%). Marca B

Tiempo (h)	Concentración de sólidos (%)
4	2,267 ± 0,011
6	2,258 ± 0,006
8	2,249 ± 0,011
10	2,242 ± 0,010
12	2,237 ± 0,016
14	2,220 ± 0,015
16	2,222 ± 0,013

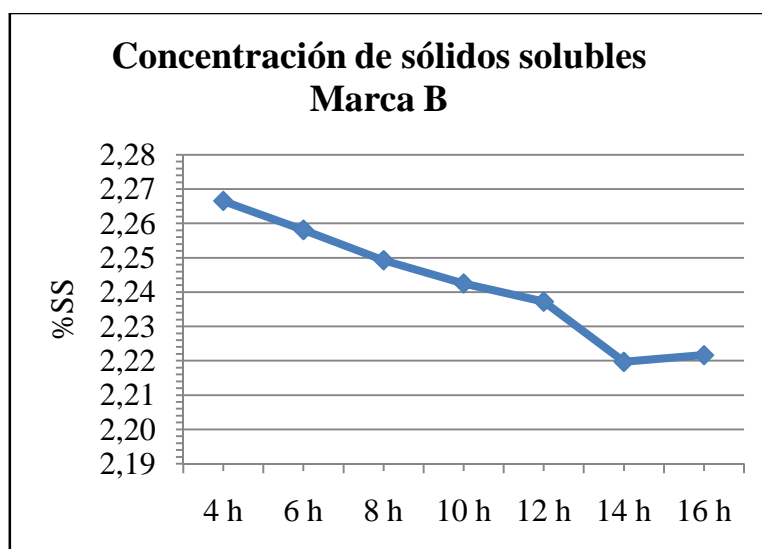


Fig. 5.15 Concentración de sólidos solubles. Marca B

Con los datos de la tabla 5.7 y 5.8 se calcula el rendimiento de extracción (tabla 5.11), expresado en porcentaje.

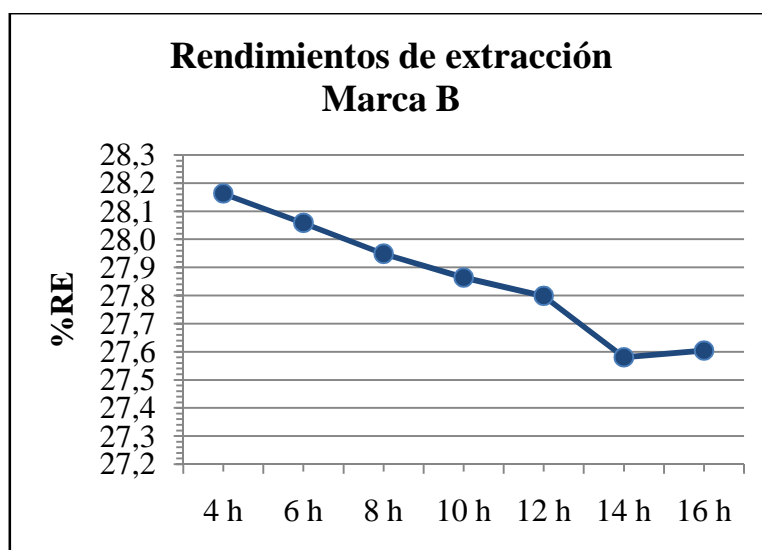
Tabla 5.11 Rendimiento de extracción (%). Marca B.

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	28,311	28,143	28,107	27,999	28,023	27,784	27,784
2	28,112	28,003	27,895	27,762	27,689	27,436	27,532
3	28,064	28,027	27,842	27,829	27,681	27,521	27,496

La tabla 5.12 y la figura 5.16 muestran el promedio del rendimiento de extracción de las tres determinaciones

Tabla 5.12 Rendimiento de extracción promedio (%). Marca B.

Tiempo (h)	Rendimiento de extracción (%)
4	28,162 ± 0,131
6	28,058 ± 0,075
8	27,948 ± 0,140
10	27,863 ± 0,122
12	27,798 ± 0,195
14	27,580 ± 0,181
16	27,604 ± 0,156

**Fig. 5.16** Porcentaje promedio de rendimiento de extracción. Marca B

De los gráficos y tablas anteriores se puede concluir que a las 16 horas de secado el peso de las muestras se mantiene constante, así mismo las variaciones de concentración de sólidos solubles y rendimientos de extracción son mínimas. Por lo tanto el *café de algarroba* marca B tiene una concentración de sólidos solubles del $2,222 \pm 0,013\%$ y un rendimiento de extracción del $27,604 \pm 0,156\%$.

Marca E

La tabla 5.13 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca E. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.13 Pesos iniciales (g). Marca E

Determinación	m ₀	m ₁	m ₂	m ₃
1	77,497	18,02	233,66	10,19
2	85,043			10,04
3	87,235			10,06

La tabla 5.14 muestra la variación en el peso de las muestras bebida de *café de algarroba* durante el tiempo que estuvieron en la estufa para el secado. Se puede apreciar que entre las 14 h y 16 h el peso se mantiene constante.

Tabla 5.14 Variación de peso durante el secado (g). Marca E

Determinación	Peso inicial	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	99,581	89,629	89,630	89,630	89,629	89,628	89,628	89,628
2	87,938	78,155	78,156	78,155	78,155	78,153	78,153	78,153
3	86,873	77,013	77,014	77,014	77,013	77,012	77,012	77,011

La tabla 5.15 muestra la concentración de sólidos solubles calculada a diferentes tiempos de secado de las muestras.

Tabla 5.15. Concentración de sólidos solubles (%). Marca E

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	2,252	2,269	2,260	2,250	2,248	2,242	2,247
2	2,271	2,277	2,276	2,273	2,250	2,250	2,248
3	2,270	2,272	2,278	2,262	2,256	2,258	2,243

Con los datos de la tabla 5.15 se calcula la concentración de sólidos solubles promedio. Los resultados se muestran en la tabla 5.16 y en la figura 5.17.

Tabla 5.16 Concentración de sólidos solubles promedio (%). Marca E.

Tiempo (h)	Concentración de sólidos (%)
4	2,264 ± 0,011
6	2,272 ± 0,004
8	2,271 ± 0,010
10	2,262 ± 0,011
12	2,251 ± 0,004
14	2,250 ± 0,008
16	2,246 ± 0,003

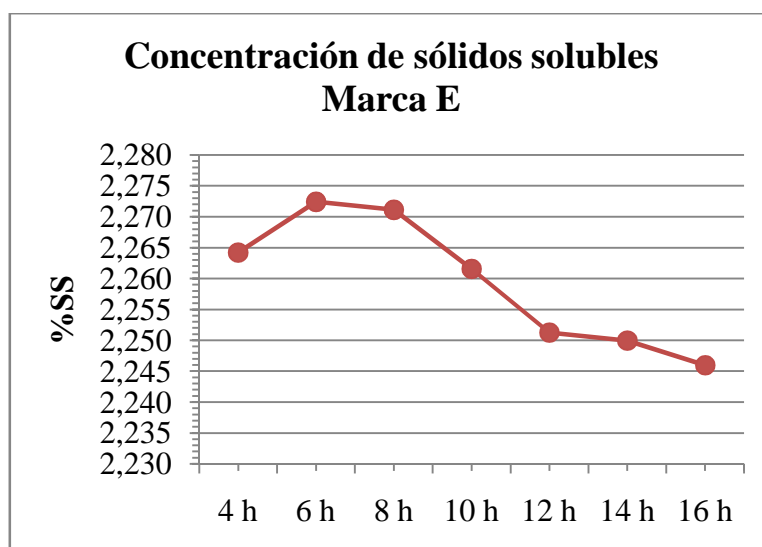


Fig. 5.17 Concentración de sólidos solubles. Marca E

Con los datos de la tabla 5.13 y 5.14 se calcula el rendimiento de extracción (tabla 5.17), expresado en porcentaje.

Tabla 5.17. Rendimiento de extracción (%). Marca E

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	27,466	27,669	27,562	27,442	27,418	27,346	27,406
2	27,694	27,767	27,755	27,719	27,438	27,438	27,414
3	27,682	27,707	27,779	27,586	27,513	27,537	27,356

La tabla 5.18 y la figura 5.18 muestran el porcentaje promedio del rendimiento de extracción de las tres determinaciones.

Tabla 5.18 Porcentaje del rendimiento de extracción promedio (%). Marca E

Tiempo (h)	Rendimiento de extracción (%)
4	27,614 ± 0,129
6	27,714 ± 0,049
8	27,699 ± 0,119
10	27,582 ± 0,138
12	27,456 ± 0,050
14	27,441 ± 0,096
16	27,392 ± 0,031

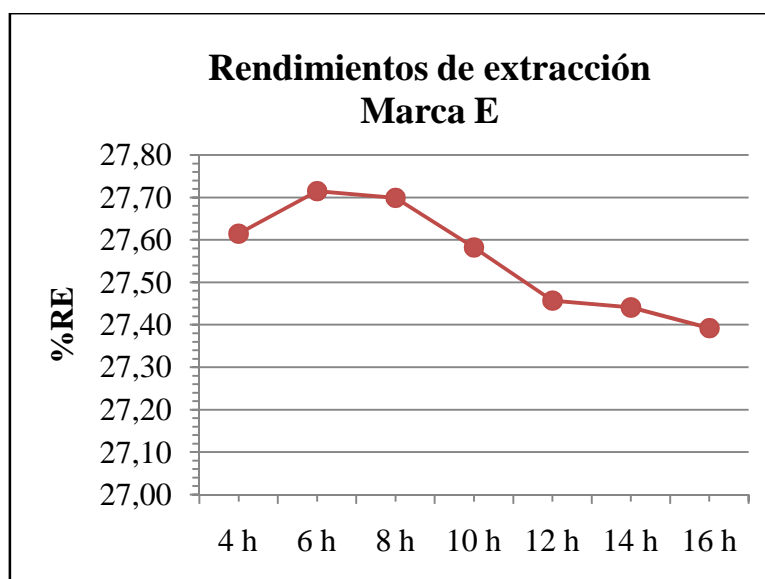


Fig. 5.18 Porcentaje promedio de rendimiento de extracción. Marca E

Después de las 16 horas de secado, el *café de algarroba* marca E, presenta una concentración de sólidos solubles del $2,246 \pm 0,003\%$ y un rendimiento de extracción del $27,392 \pm 0,031\%$.

Marca S

La tabla 5.19 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca S. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.19 Pesos iniciales (g). Marca S

Determinación	m_0	m_1	m_2	m_3
1	87,573	18	251,44	10,39
2	77,588			10,07
3	76,793			10,01

La tabla 5.20 muestra la variación en el peso de las muestras de bebida de *café de algarroba* durante el tiempo que estuvieron en la estufa para el secado. Se puede apreciar que entre las 14 h y 16 h el peso se mantiene constante.

Tabla 5.20 Variación de peso durante el secado (g). Marca S

Determinación	Peso inicial	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	99,429	89,731	89,730	89,729	89,727	89,726	89,724	89,724
2	99,082	89,264	89,264	89,263	89,262	89,262	89,260	89,260
3	93,295	83,506	83,508	83,507	83,506	83,505	83,503	83,503

La tabla 5.21 muestra la concentración de sólidos solubles calculada a diferentes tiempos de secado de las muestras.

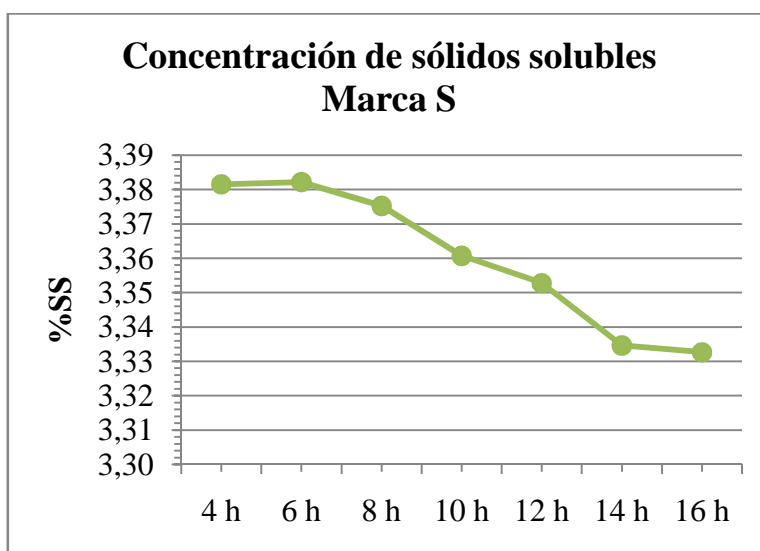
Tabla 5.21 Concentración de sólidos solubles (%). Marca S

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	3,422	3,410	3,404	3,386	3,374	3,358	3,355
2	3,418	3,417	3,408	3,394	3,393	3,375	3,373
3	3,305	3,320	3,314	3,302	3,291	3,271	3,270

Con los datos de la tabla 5.21 se calcula concentración de sólidos solubles promedio. Los resultados se muestran en la tabla 5.22 y en la figura 5.19.

Tabla 5.22 Concentración de sólidos solubles promedio (%). Marca S

Tiempo (h)	Concentración de sólidos (%)
4	3,382 ± 0,066
6	3,382 ± 0,054
8	3,375 ± 0,053
10	3,361 ± 0,051
12	3,353 ± 0,054
14	3,335 ± 0,056
16	3,333 ± 0,055

**Fig. 5.19** Concentración de sólidos solubles. Marca S

Con los datos de la tabla 5.19 y 5.20 se calcula el rendimiento de extracción (tabla 5.23), expresado en porcentaje.

Tabla 5.23. Rendimiento de extracción (%). Marca S

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	44,457	44,301	44,224	43,991	43,836	43,629	43,590
2	44,405	44,392	44,277	44,098	44,085	43,855	43,830
3	42,946	43,138	43,061	42,907	42,766	42,497	42,484

La tabla 5.24 y la figura 5.20 muestran el promedio del rendimiento de extracción de las tres determinaciones.

Tabla 5.24 Rendimiento de extracción promedio (%). Marca S

Tiempo (h)	Rendimiento de extracción (%)
4	43,936 ± 0,858
6	43,944 ± 0,699
8	43,854 ± 0,687
10	43,665 ± 0,659
12	43,562 ± 0,701
14	43,327 ± 0,728
16	43,301 ± 0,718

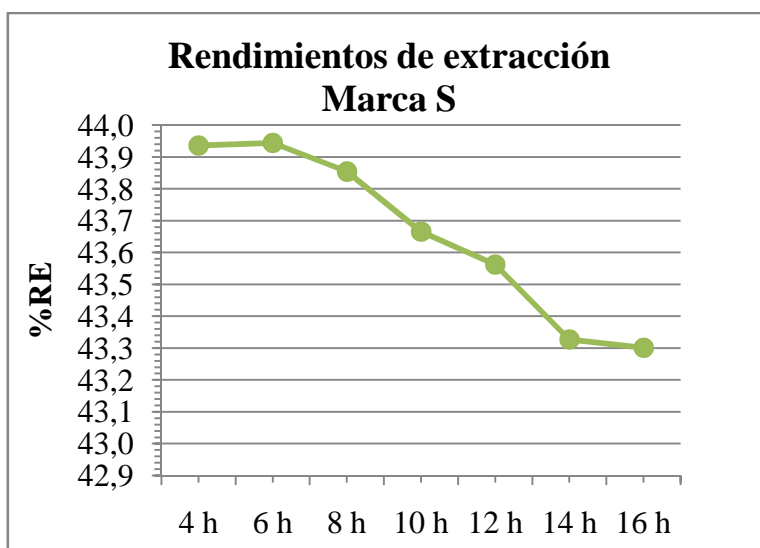


Fig. 5.20 Porcentaje promedio de rendimiento de extracción. Marca S

Después de las 16 horas de secado, el *café de algarroba* marca S, presenta una concentración de sólidos solubles del $3,333 \pm 0,055\%$ y un rendimiento de extracción del $43,301 \pm 0,718\%$.

Marca P

La tabla 5.25 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca P. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.25 Pesos iniciales (g). Marca P

Determinación	m_0	m_1	m_2	m_3
1	90,815	18,04	241,25	10,48
2	94,368			10,03
3	87,785			10,02

La tabla 5.26 muestra la variación en el peso de las muestras de bebida de *café de algarroba* durante el tiempo que estuvieron en la estufa para el secado.

Tabla 5.26 Variación de peso durante el secado (g). Marca P

Determinación	Peso inicial	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	93,890	83,922	83,923	83,923	83,922	83,922	83,918	83,920
2	100,668	90,604	90,606	90,605	90,604	90,604	90,600	90,602
3	89,887	79,799	79,799	79,799	79,798	79,797	79,794	79,796

La tabla 5.27 muestra la concentración de sólidos solubles calculada a diferentes tiempos de secado de las muestras.

Tabla 5.27. Concentración de sólidos solubles (%). Marca P

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	3,045	3,057	3,056	3,049	3,040	3,006	3,029
2	3,033	3,048	3,045	3,035	3,027	2,996	3,015
3	3,056	3,063	3,060	3,050	3,041	3,002	3,028

Con los datos de la tabla 5.27 se calcula la concentración de sólidos solubles promedio. Los resultados se muestran en la tabla 5.28 y en la figura 5.21.

Tabla 5.28. Concentración de sólidos solubles promedio (%). Marca P

Tiempo (h)	Concentración de sólidos (%)
4	3,045 ± 0,011
6	3,056 ± 0,008
8	3,053 ± 0,008
10	3,045 ± 0,008
12	3,036 ± 0,008
14	3,001 ± 0,005
16	3,024 ± 0,008

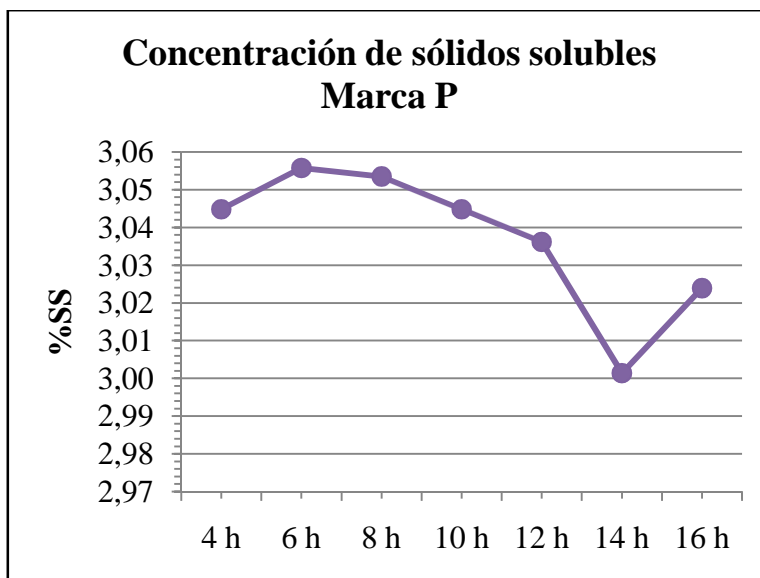


Fig. 5.21 Concentración de sólidos solubles. Marca P

En la tabla 5.28 y figura 5.21 se observa un incremento (último punto) de la concentración de sólidos solubles, esto puede ser debido a una absorción de la humedad del ambiente.

Con los datos de la tabla 5.25 y 5.26 se calcula el rendimiento de extracción (tabla 5.29).

Tabla 5.29. Rendimiento de extracción (%). Marca P

Determinación	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
1	38,166	38,312	38,300	38,215	38,105	37,679	37,959
2	38,015	38,196	38,160	38,039	37,942	37,544	37,785
3	38,299	38,384	38,347	38,227	38,107	37,625	37,950

La tabla 5.30 y la figura 5.22 muestran el promedio del rendimiento de extracción de las tres determinaciones.

Tabla 5.30 Rendimiento de extracción promedio (%). Marca P

Tiempo (h)	Rendimiento de extracción (%)
4	38,160 ± 0,142
6	38,297 ± 0,095
8	38,269 ± 0,098
10	38,160 ± 0,105
12	38,051 ± 0,094
14	37,616 ± 0,068
16	37,898 ± 0,098

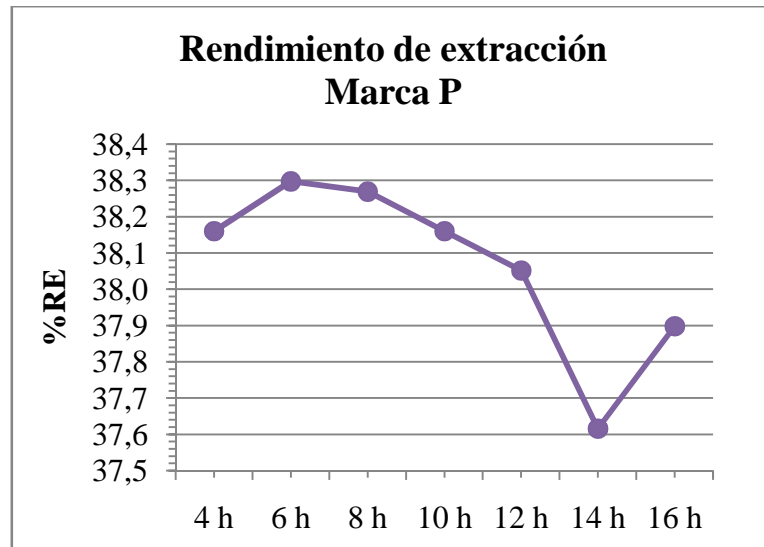


Fig. 5.22 Porcentaje promedio de rendimiento de extracción. Marca P

En la tabla 5.30 y figura 5.22 se observa un incremento (último punto) en el valor del rendimiento de extracción, esto puede ser debido a una absorción de la humedad del ambiente.

Después de las 16 horas de secado, el *café de algarroba* marca P, presenta una concentración de sólidos solubles del $3,024 \pm 0,008\%$ y un rendimiento de extracción del $37,898 \pm 0,098\%$.

La figura 5.23 y 5.24 muestran una comparación de la concentración de sólidos solubles y rendimiento de extracción respectivamente, entre las cuatro marcas de *café de algarroba* analizadas.

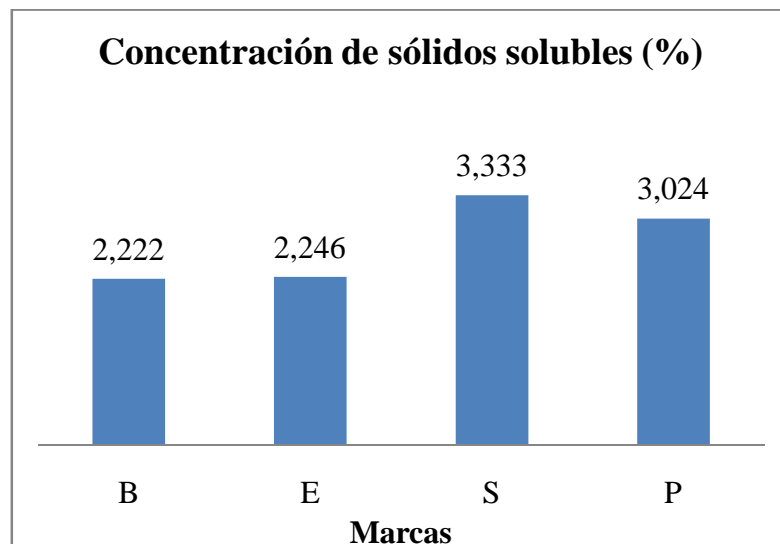


Fig. 5.23 Comparación concentración de sólidos solubles

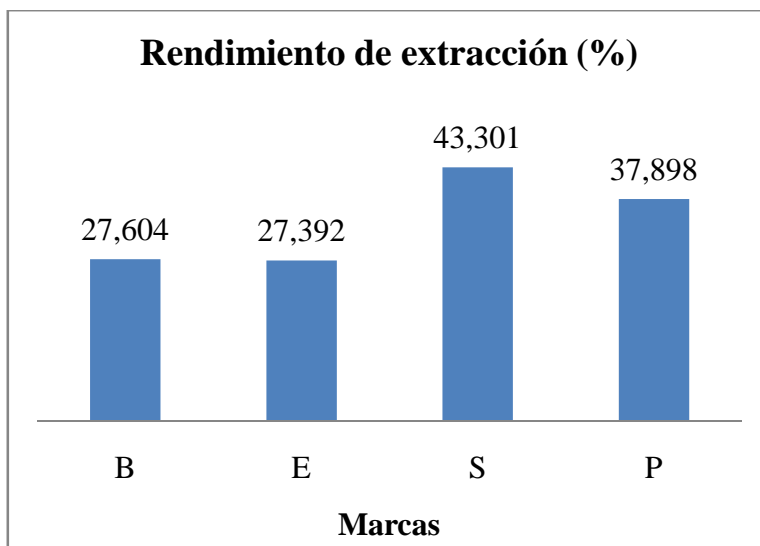


Fig. 5.24 Comparación del rendimiento de extracción

De las figuras 5.23 y 5.24 se puede apreciar que el *café de algarroba* con mayor concentración de sólidos solubles y un mayor rendimiento de extracción es la marca S.

Según la NTC 4602 los valores óptimos de extracción de los compuestos que aportan el mejor sabor y aroma del café genuino están comprendidos entre un 18% y un 22% y en el caso de la concentración de sólidos solubles los valores óptimos están en el rango de 1,15% y 1,35%, este rango para el caso del café ofrece una bebida equilibrada, es decir que no sea percibida como fuerte o como débil.

Se ve claramente que el *café de algarroba* supera los valores mencionados tanto en la concentración como en el rendimiento de extracción, esto se debe a que el *café de algarroba* está compuesto en su mayoría por la pulpa de la vaina de algarroba, la que contiene gran cantidad de sacarosa y ésta está compuesta a su vez por azúcares solubles lo que hace que tanto la concentración como el rendimiento de extracción aumenten.

5.4 Rendimiento de la extracción y sólidos solubles. Método por contacto directo

En la realización de este ensayo las muestras de *café de algarroba* fueron sometidas a 16 horas continuas de secado. De igual manera se realizaron tres determinaciones sobre cada marca de *café de algarroba*.

Las variables empleadas: m_0 , m_1 , m_2 , m_3 y m_4 son las mismas que se emplearon en el apartado 5.3 al igual que las fórmulas para calcular la concentración de sólidos solubles (%SS) y el rendimiento de extracción (%RE).

Marca B

La tabla 5.31 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca B. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.31 Pesos iniciales (g). Contacto directo. Marca B

Determinación	m ₀	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄
1	89,387	18,01	246,33	10,397	89,593
2	77,485			10,475	77,693
3	90,802			10,853	91,016

Las tablas 5.32 y 5.33 muestran la concentración de sólidos solubles y el rendimiento de extracción respectivamente.

Tabla 5.32 Concentración de sólidos solubles promedio (%). Contacto directo. Marca B

Determinación	%SS	%SS promedio
1	1,984	1,980 ± 0,004
2	1,979	
3	1,977	

Tabla 5.33 Rendimiento de extracción promedio (%). Contacto directo. Marca B

Determinación	%RE	%RE promedio
1	27,140	27,085 ± 0,049
2	27,068	
3	27,046	

Después de las 16 horas de secado, la bebida del *café de algarroba* marca B, presenta una concentración de sólidos solubles del 1,980 ± 0,004% y un rendimiento de extracción del 27,085 ± 0,049%.

Marca E

La tabla 5.34 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca E. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.34 Pesos iniciales (g). Contacto directo. Marca E

Determinación	m ₀	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄
1	89,398	18,04	233,85	10,366	89,616
2	77,926			10,525	78,148
3	76,782			10,594	77,005

Las tablas 5.35 y 5.36 muestran la concentración de sólidos solubles y el rendimiento de extracción respectivamente.

Tabla 5.35 Concentración de sólidos solubles promedio (%). Contacto directo. Marca E

Determinación	%SS	%SS promedio
1	2,108	2,108 ± 0,001
2	2,109	
3	2,108	

Tabla 5.36 Rendimiento de extracción promedio (%). Contacto directo. Marca E.

Determinación	%RE	%RE promedio
1	27,325	27,330 ± 0,011
2	27,342	
3	27,323	

Después de las 16 horas de secado, la bebida del *café de algarroba* marca E presenta una concentración de sólidos solubles del $2,108 \pm 0,001\%$ y un rendimiento de extracción del $27,330 \pm 0,011\%$.

Marca S

La tabla 5.37 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca S. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.37 Pesos iniciales (g). Contacto directo. Marca S

Determinación	m ₀	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄
1	86,376	18,02	248,62	10,326	86,669
2	82,507			10,272	82,800
3	83,171			10,233	83,462

Las tablas 5.38 y 5.39 muestran la concentración de sólidos solubles y el rendimiento de extracción respectivamente.

Tabla 5.38 Concentración de sólidos solubles promedio (%). Contacto directo. Marca S

Determinación	%SS	%SS promedio
1	2,844	2,843 ± 0,003
2	2,845	
3	2,839	

Tabla 5.39 Rendimiento de extracción promedio (%). Contacto directo. Marca S

Determinación	%RE	%RE promedio
1	39,243	39,219 ± 0,045
2	39,247	
3	39,168	

Después de las 16 horas de secado, la bebida del *café de algarroba* marca S, presenta una concentración de sólidos solubles del $2,843 \pm 0,003\%$ y un rendimiento de extracción del $39,219 \pm 0,045\%$.

Marca P

La tabla 5.40 presenta los pesos iniciales del ensayo para las tres determinaciones realizadas sobre el *café de algarroba* marca P. Estos datos serán usados para poder determinar tanto la concentración de sólidos solubles como el rendimiento de extracción.

Tabla 5.40 Pesos iniciales (g). Contacto directo. Marca P

Determinación	m ₀	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄
1	81,108	18,06	225,1	10,026	81,390
2	90,288			10,293	90,577
3	94,337			10,064	94,620

Las tablas 5.41 y 5.42 muestran la concentración de sólidos solubles y el rendimiento de extracción respectivamente.

Tabla 5.41 Concentración de sólidos solubles promedio (%). Contacto directo. Marca P

Determinación	%SS	%SS promedio
1	2,810	2,810 ± 0,002
2	2,812	
3	2,808	

Tabla 5.42 Rendimiento de extracción promedio (%). Contacto directo. Marca P

Determinación	%RE	%RE promedio
1	35,021	35,021 ± 0,023
2	35,044	
3	34,998	

Después de las 16 horas de secado, la bebida del *café de algarroba* marca P, presenta una concentración de sólidos solubles del 2,810 ± 0,002% y un rendimiento de extracción del 35,021 ± 0,023%.

Las figuras 5.25 y 5.26 muestran una comparación entre los métodos goteo directo y contacto directo empleados para determinar el rendimiento de extracción.

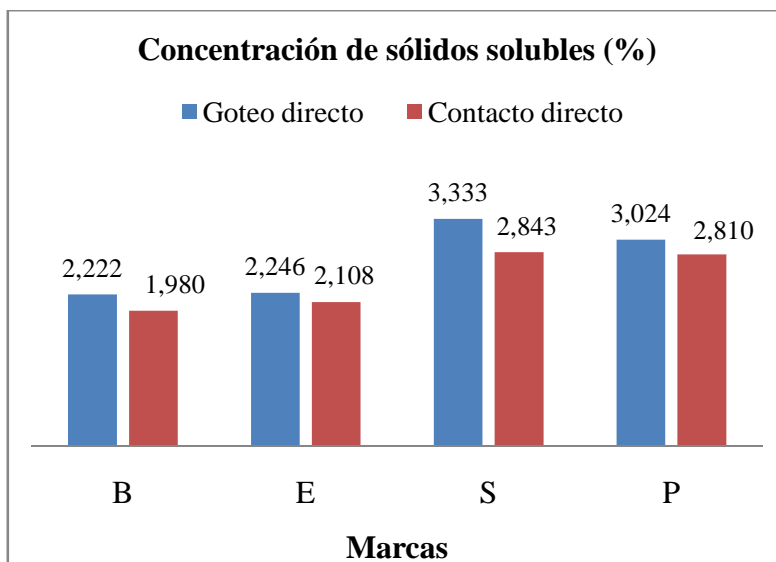


Fig. 5.25 Concentración de sólidos soluble en la bebida de *café de algarroba*. Comparación entre ambos métodos de extracción.

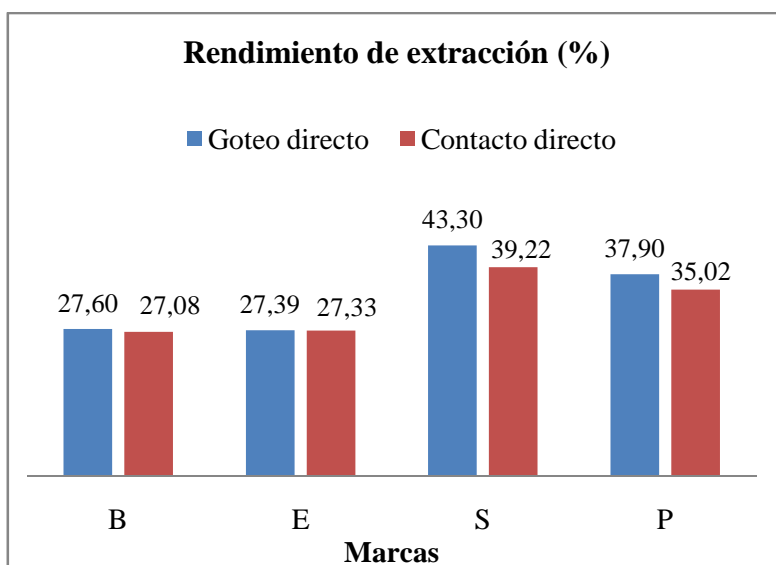


Fig. 5.26 Rendimiento de extracción en la bebida de *café de algarroba*. Comparación entre ambos métodos de extracción.

Se puede observar que utilizando el método contacto directo se obtienen valores más bajos, sin embargo esta diferencia no es significativa, es decir que cualquiera de los dos métodos podría emplearse para hallar el rendimiento de extracción y la concentración de sólidos solubles. Así mismo se puede apreciar el *café de algarroba* marca S sigue siendo el de mayor concentración de sólidos solubles y mayor rendimiento de extracción.

Las marcas con menor rendimiento y concentración de sólidos solubles como son las marcas B y E presentan un sabor menos fuerte que las marcas con mayores valores como la S y la P. Todas las marcas presentan un olor a algarroba a excepción de la marca B que tiene un olor y sabor a quemado o ahumado.

La marca S posee los valores más altos y posee un ligero sabor amargo.

5.5 Grado de tueste

La determinación del grado de tueste se realizó a través de mediciones colorimétricas. El color de cuatro marcas comerciales de *café de algarroba* se midió por duplicado usando un colorímetro Minolta (Japón), modelo CR-400, con procesador de datos DP-400, cápsula para material granular CR-A50, área de lectura de 8 mm de diámetro, iluminación difusa y ángulo 0°. Las coordenadas de color CIE $L^*a^*b^*$ (CIE. 1976) fueron determinadas teniendo en cuenta fuente lumínica D65 y observador 2°.

Se trabajó con dos tipos de muestras, el primero correspondió al *café de algarroba* tal cual, es decir, sin ninguna modificación, el segundo correspondió al *café de algarroba* remolido y tamizado a través de un tamiz de 0,25 mm de abertura, para obtener muestras de tamaño y color uniforme.

En la tabla 5.43 se muestran las coordenadas de color luminosidad (L^*) y cromaticidad (a^* y b^*) de cuatro marcas de *café de algarroba* sin modificar.

Tabla 5.43 Coordenadas de color para *café de algarroba*

Marca	L^*	a^*	b^*
B	7,88 ± 0,06	0,91 ± 0,05	2,75 ± 0,01
E	8,06 ± 0,03	1,41 ± 0,11	2,94 ± 0,08
S	8,22 ± 0,06	1,78 ± 0,04	3,06 ± 0,01
P	8,16 ± 0,05	1,75 ± 0,05	2,93 ± 0,00

valor medio ± desviación estándar (n =2)

Las figuras 5.27 y 5.28 muestran, respectivamente, la representación en los planos de color b^*a^* y L^*a^* de los puntos correspondientes a cuatro marcas de *café de algarroba* sin modificar, donde las coordenadas positivas de b^* representan el color amarillo, las coordenadas positivas de a^* el color rojo, y las coordenadas L^* la luminosidad, cuanto más oscura la muestra, más bajo su valor. El *café de algarroba* marca S indica una tonalidad amarillo-rojiza superior a los demás y el *café de algarroba* marca B es el más oscuro.

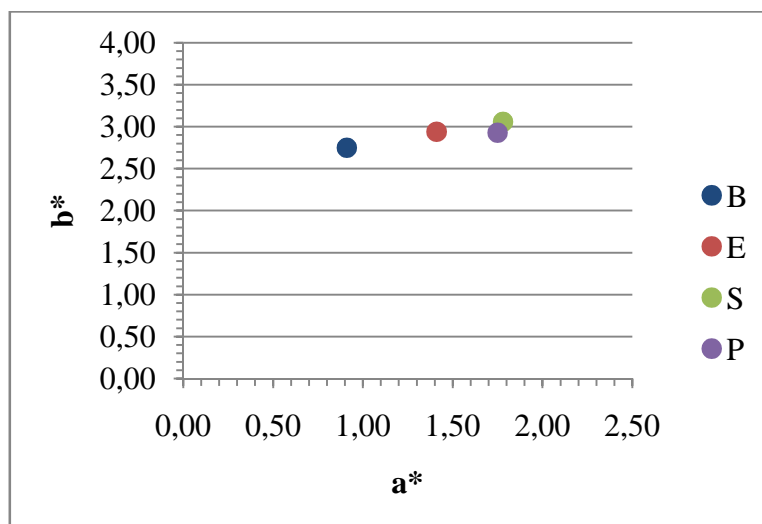


Fig. 5.27 Representación en el plano b^*a^* de los puntos de color de cuatro marcas de *café de algarroba*

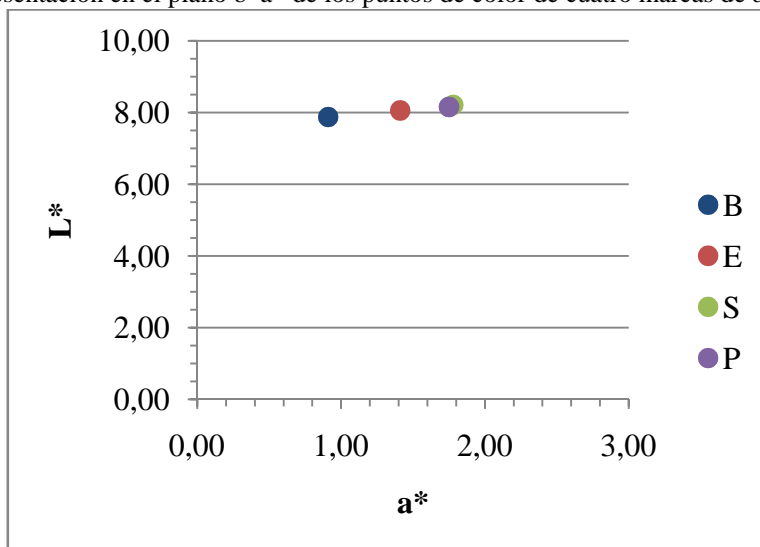


Fig. 5.28 Representación en el plano L^*a^* de los puntos de color de cuatro marcas de *café de algarroba*

En la tabla 5.44 se muestran las coordenadas de color luminosidad (L^*) y cromaticidad (a^* y b^*) de cuatro marcas de *café de algarroba* modificado, es decir, remolido y tamizado

Tabla 5.44 Coordenadas de color para *café de algarroba* remolido y tamizado

Marca	L^*	a^*	b^*
B	$6,62 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,01$	$2,17 \pm 0,06$
E	$7,61 \pm 0,00$	$1,35 \pm 0,10$	$2,71 \pm 0,02$
S	$7,83 \pm 0,01$	$1,72 \pm 0,05$	$3,07 \pm 0,02$
P	$8,61 \pm 0,01$	$2,1 \pm 0,03$	$3,5 \pm 0,01$

valor medio \pm desviación estándar (n=2)

Las figuras 5.29 y 5.30 muestran, respectivamente, la representación en los planos de color b^*a^* y L^*a^* de los puntos correspondientes a cuatro marcas de *café de algarroba* remolido y tamizado. El *café de algarroba* marca P indica una tonalidad amarillo-rojiza superior a los demás y el *café de algarroba* marca B es el más oscuro.

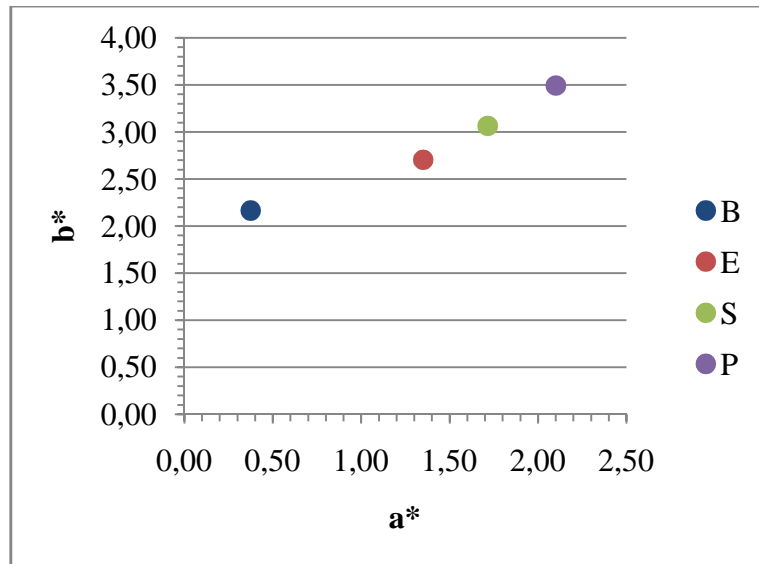


Fig. 5.29. Representación en el plano b^*a^* de los puntos de color de cuatro marcas de *café de algarroba* remolido y tamizado

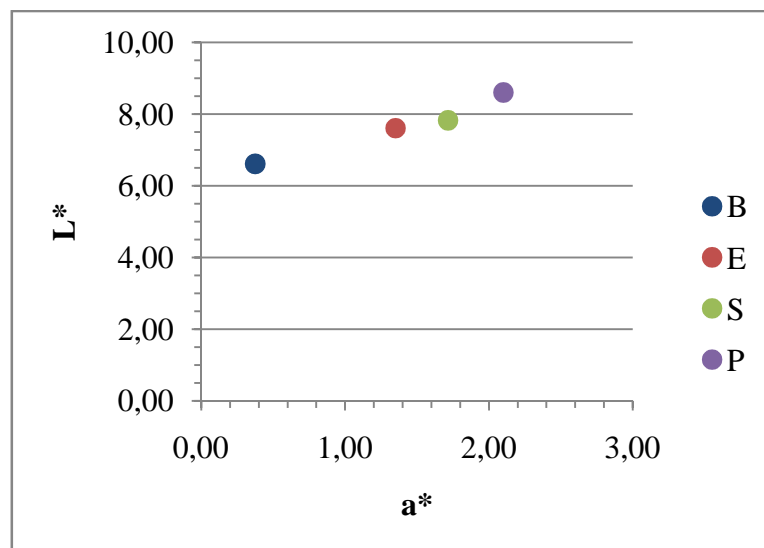


Fig. 5.30. Representación en el plano L^*a^* de los puntos de color de cuatro marcas de *café de algarroba* remolido y tamizado

Al comparar las figuras 5.27 y 5.29, se puede apreciar que para el caso de los *café de algarroba* remolidos y tamizados marcas B y E (que son los *café de algarroba* con mayor granulometría, media y gruesa respectivamente) los valores de b^* y a^* disminuyen, es decir la intensidad del color amarillo rojizo disminuye. En el caso de la marca S (granulometría fina) los valores se mantienen casi constantes y para la marca P (granulometría fina, es el *café de algarroba* con menor tamaño de partícula) los valores de b^* y a^* aumentan, es decir la intensidad del color amarillo-rojizo aumenta.

Al comparar las figuras 5.28 y 5.30, se puede apreciar que para el caso de los *café de algarroba* remolidos y tamizados marcas B, E y S los valores de L^* y a^* disminuyen, es decir se tornan más oscuros y menos rojizos. En el caso de la marca P los valores de L^* y a^* aumentan, es decir se vuelven más claro y más rojizo.

5.6 Porcentaje de “partículas blancas” (carozo) en el *café de algarroba*

VARIABLES:

m_0 : Peso inicial (g) de la muestra de *café de algarroba*

m_1 : Peso del carozo obtenido (g)

Tabla 5.45 Contenido de carozo (%) de las marcas de *café de algarroba*

Determinación	m_0 (g)	m_1 (g)	Contenido de carozo (%)	Promedio
Marca B				
1	10,4325	2,2520	21,59	$21,77 \pm 0,006\%$
2	10,2122	2,1704	21,25	
3	10,2906	2,3117	22,46	
Marca E				
1	10,0908	3,2696	32,40	$31,90 \pm 0,005\%$
2	10,6309	3,3342	31,36	
3	10,8712	3,4704	31,92	
Marca S				
1	10,3780	1,9650	18,93	$19,19 \pm 0,006\%$
2	10,6337	1,9925	18,74	
3	10,1220	2,0131	19,89	
Marca P				
1	10,3063	2,6800	26,00	$25,48 \pm 0,009\%$
2	10,8870	2,6601	24,43	
3	10,4356	2,7123	25,99	

La figura 5.31 compara el porcentaje de carozo de las distintas marcas de *café de algarroba* analizadas.

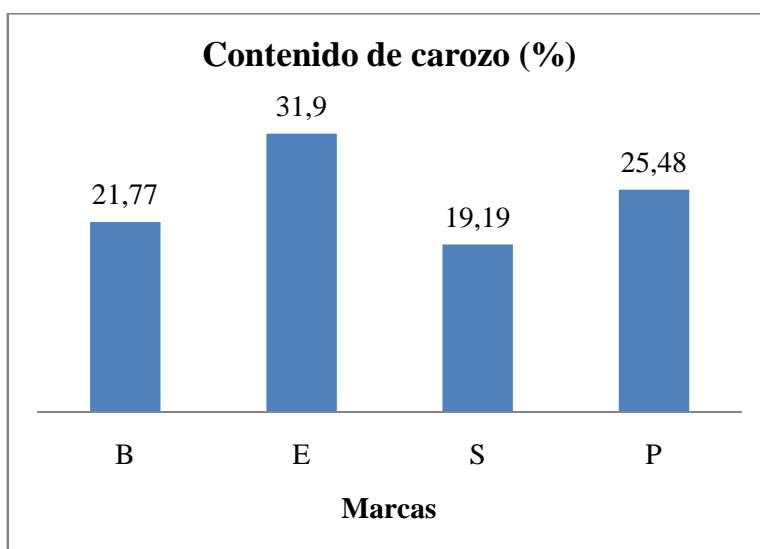


Fig. 5.31 Comparación del contenido de carozo (%)

Como se puede observar en el gráfico, el café con más contenido de carozo es de la marca E. El carozo está compuesto básicamente por fibra dietética insoluble (70,8%) por lo que no se le está dando un uso conveniente ya que no aporta ni aroma ni sabor a la bebida del café.

5.7 Densidad por compactación

Tabla 5.46 Densidad por compactación de las distintas marcas de *café de algarroba*

Determinación	Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)	Densidad promedio (g/ml)
Marca B				
1	78,57	132	0,595	0,600 ± 0,007
2	76,3	126	0,606	
Marca E				
1	78,48	139	0,565	0,565 ± 0,000
2	78,01	138	0,565	
Marca S				
1	78,71	132	0,596	0,602 ± 0,008
2	77,84	128	0,608	
Marca P				
1	75,3	134	0,562	0,560 ± 0,002
2	77,06	138	0,558	

Como se puede apreciar en la tabla 5.46 las densidades varían en un rango de 0,560 g/ml a 0,602 g/ml. Siendo la densidad más alta la de la marca S y la más baja la P.

A continuación se presenta las tablas 5.47 y 5.48 que buscan determinar si existe relación entre la granulometría – densidad, color – densidad y contenido de carozo- densidad.

Tabla 5.47 Granulometría vs densidad

Marca	Granulometría (µm)	Densidad (g/ml)
B	Media	0,600
E	Gruesa	0,565
S	Fina	0,602
P	Fina	0,560

No se puede establecer ninguna relación entre la granulometría y la densidad pues, como se puede observar en la tabla anterior, las marcas S y P que son ambas de granulometría fina presentan la densidad más alta y más baja densidad respectivamente.

Tabla 5.47 Coordenada de luminosidad vs densidad

Marca	L*	Densidad (g/ml)
B	7,88	0,600
E	8,06	0,565
S	8,22	0,602
P	8,16	0,560

Si se observa la marca B es la más oscura y tiene una densidad casi igual a la marca S que es la más clara, por lo tanto, no se podría establecer ninguna relación entre el color y la densidad.

Tabla 5.47 Porcentaje de carozo vs densidad

Marca	Porcentaje de carozo	Densidad (g/ml)
B	21,77	0,600
E	31,90	0,565
S	19,19	0,602
P	25,48	0,560

Se puede apreciar que las marcas de *café de algarroba* con mayor contenido de carozo, como las marcas E y P poseen una densidad menor que las que tienen menos contenido de carozo como son las marcas B y S.

Conclusiones

1. Con los resultados obtenidos después de haber realizado los distintos ensayos físicos sobre las cuatro marcas comerciales de *café de algarroba*, se pueden recomendar los rangos que se muestran en la tabla siguiente, para que de esta manera sean de utilidad en la elaboración de la Norma Técnica Peruana del *café de algarroba*.

Parámetro de calidad	Rango
Contenido de humedad ^a (%)	3,5 - 5,0
Tamaño de partícula (µm)	385 - 600
Rendimiento de extracción ^b (%)	25 - 38
Concentración de sólidos solubles (%)	1,9 - 3
Grado de tueste (L*)	7,88 - 8,22
Contenido de carozo máximo (%)	25
Densidad (g/ml)	0,560 - 0,602

^a Al establecer el rango de contenido de humedad, se descartó el *café de algarroba* marca B, pues presentaba mucha diferencia con respecto a las demás marcas.

^b Al establecer el rango del rendimiento de extracción y sólidos solubles se tomó en cuenta el menor y el mayor valor entre los métodos por contacto directo y por goteo.

2. Para la determinación del contenido de humedad del *café de algarroba*, la NTC 2558 especifica dejar secar las muestras de café en la estufa con ventilación forzada a 103 °C por 2 horas, sin embargo este tiempo no es suficiente para el caso del *café de algarroba*. Es más conveniente dejar secar por 16 horas que es cuando se obtiene peso constante.
3. Para la determinación del tamaño de partícula del *café de algarroba*, se puede realizar la operación de tamizado de manera manual pues no afecta los resultados, sin embargo conlleva más esfuerzo y tiempo que si es que si hiciera con una máquina tamizadora como especifica la NTC 2441.
4. Como resultado del ensayo de determinación del tamaño de partícula del *café de algarroba* se obtuvo tres tipos de granulometría: gruesa, media y fina, lo que indica que no hay uniformidad entre las distintas marcas.

5. Los cafés de granulometría fina dieron como resultado mayor rendimiento de extracción y concentración de sólidos solubles tanto en el método por goteo como por contacto directo. Estos altos valores de rendimiento y concentración corresponden a la obtención de una bebida con sabor más fuerte que los de granulometría gruesa y media.
6. Valores de rendimiento de extracción y de sólidos solubles por encima del rango propuesto en la tabla anterior, da lugar a una bebida amarga, como fue el caso de la marca S con un ligero sabor amargo.
7. Los valores de concentración de sólidos solubles y rendimiento de extracción del *café de algarroba* son más altos que los del café genuino (Rendimiento de extracción: 18% - 22% y Concentración de sólidos solubles: 1,15% - 1,35%) debido a que está constituido por pulpa de algarroba que es rica en azúcares solubles.
8. La variación existente entre los resultados obtenidos al determinar la concentración de sólidos solubles y rendimiento de extracción por el método contacto directo y por goteo no muestran diferencias significativas. Sin embargo el método por contacto directo es más sencillo de realizar, por lo que recomendaría su uso.
9. La medición del color, es un ensayo que no toma mucho tiempo, pues el colorímetro utilizado Minolta (Japón), modelo CR-400 tan sólo demora 1 segundo en mostrar los resultados (coordenadas CIE Lab) con intervalo mínimo de 3 segundos entre cada medición. Sin embargo es un instrumento con el que no se cuenta en Piura.
10. El contenido de carozo y la densidad del *café de algarroba* guardan relación inversa, es decir a mayor contenido de carozo menor densidad, esto es debido a que el carozo hace que aumente el volumen del *café de algarroba* porque son partículas de tamaño grande en comparación al resto.
11. Para la realización del ensayo para determinar la densidad por compactación, se mandó a construir la máquina compactadora siguiendo las especificaciones de la norma correspondiente (NTC 4084). Esta máquina queda a disposición de la universidad para posibles ensayos futuros.

Bibliografía

Acuña Arrunátegui, Omar Antonio. *Estudio de la eficiencia de dos tecnologías en el proceso post cosecha de café en Montero, Ayabaca*. Tesis. Piura: Universidad de Piura, 2003.

Asencio Díaz, Fausto. *La producción de algarroba de los bosques secos. Economía y medio ambiente en la Región Grau*. Trabajo del Colegio Andino N° 22. Cuzco, CBC; Central Peruana de Servicios-Piura, 1997

Brenan, J.G; Butters, J R; Cowell, N. D; Lilly A. E. *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. 2a. ed. Zaragoza: Acribia, 1980.

CIE, *Official recommendations on uniform color spaces. Color difference equations and metric color terms*. Paris, Colorimetry, Commission Internationale de l'Eclairage, 15(2), 1976.

Coronado, J. *Máquina extractora de semillas de algarroba*. En Primer Seminario Nacional del Algarrobo. Piura, 1988.

Coste, René. *El café*. Barcelona: Blume, 1969.

Ecología y uso del algarrobo en el Perú. Material de trabajo para el Primer Seminario Nacional del Algarrobo. Piura, 1988.

Earle, R. L. *Ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1979.

Ferreyra, R. *Estudio sistemático de los algarrobos de la costa norte del Perú*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Dirección de Investigación Forestal de Fauna. Lima, Ministerio de Agricultura, 1987.

Figueroa Zevallos, R. *La caficultura en el Perú*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima, 1990.

Foust, A. S. *Principios de operaciones unitarias*. México DF: CECOSA, 1961.

Grados, Nora; Cruz, Gastón. *La algarroba: Perspectivas de utilización industrial*, Piura: Universidad de Piura, 1994.

Loncin, M. *Técnica de la ingeniería alimentaria*. Madrid, 1965.

Manual de instrucciones del colorímetro Minolta modelo CR – 400.

Nosti Nava, J. *Cacao, café y té*. Barcelona: Salvat, 1953.

Mom, María Pía; Albán, Luis; Burghardt, Alicia Diana; Palacios, Ramón Antonio. *Los algarrobos peruanos: Prosopis pallida y su delimitación*. *Arnaldoa* 9:39-48, 2002.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 2441: *Industrias agrícolas. Café tostado y molido. Método para la determinación del tamaño de partícula*. Bogotá, 1996

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 2442: *Café tostado en grano y/o molido. Determinación del grado de tueste*. Bogotá, 2004

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 2558: *Café tostado y molido. Determinación del contenido de humedad. Método por determinación de la pérdida en masa a 103 °C (método de rutina)*. Bogotá, 2004

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 4602-1: *Determinación del rendimiento de la extracción de sólidos solubles en la bebida del café. Parte 1. método por goteo directo*. Bogotá, 1999

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 4602-2: *Determinación del rendimiento de la extracción de sólidos solubles en la bebida del café. Parte 2. Método por contacto directo*. Bogotá, 1999

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 4084: *Café tostado y molido. Método para la determinación de la densidad por compactación*. Bogotá, 2005.

Prokopiuk, D. B. *Sucedáneo del café a partir de la algarroba Prosopis alba Griseb*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2004.

Ruiz, Walter; Cruz, Gastón; Grados, Nora. “*Aprovechamiento integral de la algarroba (Prosopis sp.) como medio para impulsar y promover el desarrollo sostenible de los bosques secos de la Región Grau*”. En *Bosques secos y desertificación. Memorias del seminario Internacional Proyecto Algarrobo*. Lima: INRENA, 1998.

Ruiz Campoverde, F. A. *Red de centros rurales de derivados de la algarroba en Tambogrande*. Tesis. Piura: Universidad de Piura, 2005

Saldaña Sanz, M. *Procesos de extracción de azúcares para la obtención de syrups de algarroba*. Tesis. Piura: Universidad de Piura. 1996.

Zapata Jiménez, William. *Diseño y construcción de una máquina para extraer goma de semilla de algarroba*. Piura: Universidad de Piura, 1992.

<http://www.fao.org/docrep/006/ad314s/AD314S08.htm>. Consultada el 23 de octubre de 2009.

http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/ntp_cafe.pdf. Consultada el 15 de diciembre de 2009

<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normas-find>. Consultada el 27 de diciembre de 2009.

<http://www.economia.gob.mx>. Consultada el 14 de enero de 2010.

<http://www.camcafeperu.com.pe>. Consultada el 20 de junio de 2010.

<http://www.piurarural.com/produccion/cafe.htm>. Consultada el 20 de junio de 2010.