

35  
24

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE QUIMICA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



INDUSTRIALIZACION DEL CAFE EN MEXICO.  
PROCESO DE OBTENCION DEL  
CAFE SOLUBLE

**TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION**  
**QUE PRESENTA**  
**ALBERTO COMPIANI GONZALEZ**  
**PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

Introducción .....	1
Capítulo I. Aspectos Económicos y Generalidades sobre el Café.	
1.1 Panorama Histórico del Café .....	5
1.1.1 Internacional .....	5
1.1.2 Nacional .....	7
1.2 La Planta de Café .....	10
1.2.1 Generalidades .....	10
1.2.2 Especies y Variedades .....	13
1.3 Panorama Económico de la Producción de Café .....	16
1.3.1 Internacional .....	16
1.3.2 Nacional .....	20
1.4 Importancia Económica del Café en México .....	25
1.5 Situación del Café Industrializado en México .....	28
Capítulo II. Cultivo, Cosecha y Beneficiado del Café.	
2.1 Requerimientos para el Desarrollo del Cafeto. Situación Nacional.....	30
2.2 Cosecha .....	35
2.3 Generalidades sobre el Proceso de Beneficiado del Café .	38
2.4 Proceso del Beneficiado (Vía Húmeda-Seca) .....	42
2.4.1 Vía Húmeda .....	42
2.4.1.1 Recolección de la Cereza .....	42
2.4.1.2 Recepción de la Cereza .....	42

2.4.1.3	Despulpado .....	45
2.4.1.4	Remoción del Mucílago .....	48
2.4.1.4.1	Método Fermentativo .....	48
2.4.1.4.2	Química de la Fermentación .....	51
2.4.1.4.3	Otros Métodos .....	54
2.4.1.5	Lavado del Café .....	56
2.4.1.6	Escurrido y Presecado .....	58
2.4.1.7	Secado .....	59
2.4.2	Vía Seca .....	64
2.4.2.1	Desmielado .....	65
2.4.2.2	Secado .....	66
2.4.2.3	Morteadado .....	68
2.5	Proceso del Beneficiado Seco .....	70
2.5.1	Recepción y Pesado .....	70
2.5.2	Limpieza del Grano .....	71
2.5.3	Morteadado y Pulido .....	71
2.5.4	Clasificación .....	72
2.5.4.1	Por Forma y Tamaño .....	73
2.5.4.2	Por Peso .....	74
2.5.4.3	Por Color (desmanche) .....	76
2.5.5	Pulido .....	77
2.5.6	Pesado y Envasado .....	77
2.5.7	Almacenado .....	78
2.6	Rendimiento del Café en el Beneficio (Productos y Subproductos) .....	80

Capítulo III. Tratamientos Post-Beneficiado del Café Tostado  
y Molido.

3.1	Determinación de la Calidad del Café Verde .....	83
3.1.1	Características Físicas del Grano .....	84
3.1.2	Defectos del Grano y su Origen .....	85
3.1.3	Características del Tueste .....	87
3.1.4	Cualidades de la Bebida .....	88
3.1.5	Contenido de Materias Extrañas .....	90
3.1.6	Muestreo y Determinaciones Físicas y Químicas.....	90
3.2	Normalización del Café Verde en México .....	92
3.2.1	Exportación .....	92
3.2.2	Consumo Interno .....	93
3.3	Generalidades sobre el Tostado y Molido del Café Verde (Torrefacción) .....	96
3.3.1	Operaciones Previas al Tostado y Molido del Café .	97
3.3.1.1	Limpieza del Café Verde .....	97
3.3.1.2	Pesado del Café y Elaboración de Mezclas ...	98
3.4	Tostado del Café' .....	102
3.4.1	Descripción de la Operación .....	102
3.4.2	Equipos Utilizados en el Tostado .....	105
3.4.3	Cambios que Ocurren al Grano de Café durante el Tostado .....	107
3.4.3.1	Cambios Físicos .....	107
3.4.3.2	Cambios Químicos .....	109
3.4.4	Control del Grado de Tostado .....	113

3.5 Molido del Café .....	117
3.5.1 Descripción de la Operación .....	117
3.5.2 Equipos Utilizados en la Molienda .....	120
3.5.3 Control del Tamaño de Partícula .....	123
3.6 Envasado del Café Tostado y Molido .....	125
3.7 Normalización del Café Tostado y Molido .....	127

#### Capítulo IV. Proceso de Obtención del Café Soluble.

4.1 Historia del Café Soluble .....	128
4.1.1 En el mundo .....	128
4.1.2 En México .....	136
4.2 Situación Actual de la Industria del Café Soluble en México .....	138
4.3 Generalidades sobre la Producción del Café Soluble .....	140
4.3.1 Proceso de Extracción de los Sólidos Solubles (Percolación) .....	142
4.3.1.1 Etapas del Proceso y sus Variables .....	142
4.3.1.2 Funcionamiento de una Batería de Percoladores .....	151
4.3.1.3 Control del Proceso durante el Percolado ...	158
4.3.2 Clarificación del Extracto .....	159
4.3.3 Concentración del Extracto .....	160
4.3.4 Proceso de Secado .....	162
4.3.4.1 Secado por Aspersión (Spray Drying) .....	164
4.3.4.2 Secado por Liofilización (Freeze Drying) ...	171
4.3.5 Aglomerado del Café .....	174

4.3.6 Control del Proceso de Elaboración del Café	
Soluble .....	177
4.3.7 Aromatización del Café Soluble .....	180
4.3.8 Empacado del Café Soluble .....	182
4.4 Producción de Café Descafeinado .....	186
4.4.1 Descafeinado del Café .....	186
4.4.1.1 Descafeinado con Solventes .....	187
4.4.1.2 Descafeinado con Agua .....	189
4.5 Composición Química del Café durante su Procesamiento y Rendimientos .....	192
4.6 Normalización del Café Soluble en México .....	197
4.7 Algunas observaciones sobre la Normalización del café en México .....	199
Conclusiones .....	204
Glosario de Términos .....	210
Apéndice .....	214
Bibliografía .....	217

## INTRODUCCION

Desde la introducción del café al mundo occidental en el siglo XVI, esta bebida ha acompañado las actividades del hombre en forma ininterrumpida.

El café, por sus excelentes cualidades de sabor y aroma pero sobre todo, por la sensación agradable que provoca en la persona que lo bebe, ha ido ganando adeptos a través de todas las épocas y es hoy, mas que nunca, cuando esta bebida se encuentra en la cima de la popularidad.

Esta presente tanto en las actividades rutinarias de una oficina o industria así como también durante una cálida charla entre amigos y claro, es el compañero ideal de una noche de desvelo previa a la presentación de un examen.

Para México, cuarto productor mundial del aromático, el café reviste una importancia económica de primer grado, ya que provee de divisas extranjeras al país en forma muy importante además de que es una gran fuente generadora de empleos.

Aunque existen muchos estudios elaborados a nivel nacional alrededor de la planta y las prácticas de cultivo del café, poco se ha hablado de su industrialización y de la preparación y características de la bebida. Esta información se ha generado principalmente en países no productores de café pero que son grandes consumidores del grano.

El presente trabajo pretende profundizar en esta área de estudio sobre el café dando a conocer aquellos aspectos poco

difundidos sobre su industrialización a través del conocimiento de las transformaciones que se hacen al grano en México a lo largo de dichos procesos industriales. Así mismo, esta revisión bibliográfica tiene la intensión de servir de guía a los interesados sobre el tema ya que, como se ha mencionado, resulta difícil que un solo estudio sobre el café incluya todas las fases de su industrialización. Mas difícil aún es encontrar bibliografía en castellano, sobre todo en lo referente a la elaboración del café soluble, que por la importancia que tiene actualmente para la industria del café en general, es tratado con mayor énfasis en este trabajo.

Se ubica primeramente a México como un país productor sobre todo de cafés suaves o de alta calidad. Se señalan las zonas productoras así como las prácticas de cultivo que se realizan durante el desarrollo del cafeto con el fin de obtener los mejores resultados. Posteriormente nos introducimos de lleno en los aspectos de la industrialización comenzando por el beneficiado para seguir con el tostado y molido del grano y finalizando con la elaboración del café soluble que sería la fase última de la industrialización a que es sometido el grano en México. Las tecnologías descritas son las que se llevan a cabo en el país en menor o mayor grado, sin embargo, en ocasiones mencionamos otros procedimientos alternativos de industrialización que son poco conocidos en nuestro medio pero que se realizan en otros países. Esto es con el fin de poder ubicar a nuestra nación

dentro del contexto de la industrialización del café en el mundo.

Junto con la descripción de cada una de las fases de la industrialización del café, se tocan los puntos referentes a los controles de calidad y de proceso que se llevan a cabo. No se olvida tampoco el aspecto legal del café en México, mencionando las normas oficiales que marcan las características que debe cumplir este producto como alimento humano.

Un aspecto importante que también se incluye en este estudio son las transformaciones en la composición química que sufre el café a los largo de su procesamiento. Sin profundizar en este asunto, la información proporcionada permite evaluar la intensidad del tratamiento a que es sometido el grano y el porqué de las diferencias en las características organolépticas obtenidas en la bebida elaborada con una u otra presentación del café.

Como se mencionó anteriormente, se quiso dar un mayor énfasis a la fase de elaboración del café soluble debido también, a que es una de las áreas que menos se ha estudiado a nivel universitario y puesto que gran parte de la información relacionada con estas tecnologías se haya depositada en patentes, suele ser poco conocida. Es de hacer notar que el proceso de café soluble que se menciona en este estudio es el más comúnmente utilizado en México y en el mundo y cuyo conocimiento es el más accesible. Sin embargo, en el apéndice al final del trabajo, se mencionan algunas

patentes relacionadas con ésta tecnología que pueden ser de utilidad para quien desee profundizar en el tema.

Es así, que por la importancia que tiene el café tanto para el país como dentro de nuestra diaria actividad, este recorrido tecnológico nos descubre muchos aspectos sobre la industrialización del café, que ayudará a normar nuestros criterios acerca de esta popular bebida así como a saber juzgar la calidad de un producto frente a otro.

## **CAPITULO I**

### **Aspectos Económicos y Generalidades sobre el Café**

## 1.1 Panorama Histórico del Café.

### 1.1.1 Internacional.

Muchas leyendas existen alrededor del origen del café. Quizá las referencias más antiguas acerca de su uso se remontan al antiguo testamento. Existe una leyenda que dice que el café fue un regalo del cielo enviado por Alá a Mohammed a través del angel Gabriel. No olvidamos la historia clásica que habla del descubrimiento del café por las cabras del pastor Kaldi, que notó su excitación después de que éstas habían masticado los frutos de lo que era una planta de café, con los cuales, una vez que los tostó, molió y preparó la infusión, pudo comprobar dicho efecto.

Aunque el cultivo del café propiamente se inicio alrededor del año 575, la primera referencia escrita acerca del café-bebida la hizo Razés, un médico árabe, en el siglo décimo.

La especie salvaje de Coffea arabica es originaria de Etiopía en donde se descubrió en el año 850, luego pasó a Harar y de ahí a Mecca para ser ampliamente difundida por todo el mundo islámico (87).

Otras dos especies: el Coffea liberica y el Coffea canebora, fueron descubiertas posteriormente en Africa.

Alrededor del 1600 ya existen reportes de viajeros europeos que hablan de una "extraña bebida negra" que se toma en tierras de levante y es en 1615 cuando mercaderes

venecianos llevan semillas de café de Moka a Europa iniciándose así un lucrativo negocio para los árabes que por 100 años fueron proveedores exclusivos del aromático. Junto con la introducción del café a través de los mercaderes venecianos, las invasiones turcas a Europa en el siglo 17 contribuyeron también para darlo a conocer, sobre todo en Austria durante el sitio a Viena (87).

La primera planta de café transportada a Europa se hizo en 1616 a los jardines botánicos de Amsterdam y fue la que dio origen a las plantas llevadas a las Indias Orientales a través de la Compañía Holandesa de las Indias Orientales que controlaba el comercio de las especias en las Islas Molucas y cuyo centro administrativo se establece en Jakarta, Java en 1619. La pujanza económica y la consolidación de las colonias holandesas favorecen el cultivo del café en forma muy importante en Ceilán y Java a principios del siglo 18, siendo éstas las colonias más importantes del imperio holandés en el oriente (30, 31, 87).

Los primeros expendios del café bebida se remontan al siglo 16. Sin embargo, el consumo se limitaba a la gente de altos recursos ya que el costo de la bebida era poco accesible (30).

Tiempo después, el burgomaestre de Amsterdam obsequió a Luis XIV de Francia una planta de café traída de Java que fue cuidadosamente cultivada en invernadero. Este fue el origen de las plantas enviadas a la Guayana Francesa en 1715 y la Martinica en 1720. De ahí se enviaron cafetos a Haití y Santo

Domingo. Fueron realmente los franceses y holandeses los agentes difusores mas importantes de café en el nuevo mundo (30, 31).

Muy poco tiempo después, España comienza a introducir cafetos a sus colonias en las Indias Orientales. Fue Inglaterra el último país en introducir el café a sus colonias empezando por Jamaica en 1730 y la India en 1840 (87).

De la Guayana Francesa se introduce el café al Brasil en 1727 al sur de Pará y de ahí a Manaos, Río de Janeiro y Sao Paulo (87, 30, 31).

Al tiempo que el café es introducido al Brasil, de las islas de Haití y la Martinica salieron las primeras plantas hacia México y Centro América previo establecimiento en Cuba.

Los misioneros españoles contribuyeron a propagar el cultivo del café en Puerto Rico y la Capitanía General de Guatemala de la que dependía el estado de Chiapas. Al Salvador entraron plantas provenientes de Cuba en 1760 para después de 30 años llegar a Colombia (30, 31).

#### 1.1.2 Nacional.

La introducción de cafetos a México se sitúa hacia 1744. Se sabe que en 1790 llegaron al primer lugar donde se cultivaron, que fue en Cordoba, estado de Veracruz procedentes de la isla de Cuba. Posteriormente también provenientes de Cuba fueron sembrados cafetos en la hacienda

de Zimpizahua, localizada en Coatepec, Veracruz. A partir de este centro se comenzó a diseminar el cultivo por toda la zona cafetalera central de Veracruz, sierra norte de Oaxaca, Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí (43, 30, 31).

Otro centro de dispersión del cultivo fue Uruapan en Michoacán, en donde se cultivaron plantas a partir de semillas traídas de Londres procedentes de Moka (Arabia) en el año de 1828. Posteriormente los cafetos se distribuyeron en Colima, Jalisco, Nayarit y Guerrero (30, 31).

En 1846 al sur de México existía otro foco de dispersión localizado en la zona del Soconusco a partir de material proveniente de Guatemala (43).

El cultivo del café en las colonias españolas fue grandemente favorecido por el impulso que el criollo dio a esta industria que prometía ser muy lucrativa, aunado a que España se encontraba debilitada y ejercía poco control sobre sus colonias. No debemos olvidar también que la explotación de la mano de obra indígena fue determinante en la expansión del cultivo del café. Casos similares se dieron en Africa y Asia. Es así como se inicia la explotación propiamente del café en México lo que da principio a su industrialización razonada (30, 31).

En el año de 1802 se efectuó la primera operación de exportación de café mexicano que fue de 272 quintales, por el puerto de Veracruz. A partir del año de 1882 nuestro país ha estado exportando café a diferentes partes del mundo en forma ininterrumpida (43).

En 1949, el gobierno federal creó la Comisión Nacional del Café con el fin de promover el cultivo y mejoramiento de la calidad del café. En 1958, se crea el Instituto Mexicano del Café con el fin de difundir y mejorar el cultivo, beneficiado y comercialización del café mexicano, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Esta institución surge en un momento en que el país cuenta con una planta industrial que incluye todas las fases de industrialización del café, es decir, el beneficiado, el tostado y molido y la elaboración de cafés solubles.

## 1.2 La Planta de Café.

### 1.2.1 Generalidades.

La clasificación botánica del café es la siguiente:

<u>Sistemática</u>	<u>Clasificación</u>
Reino	Vegetal
División	Espermatofitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledoneas
Subclase	Gamopetalas inferovariadas
Orden	Rubiales
Familia	Rubiaceas
Tribu	Cofeales
Género	Coffea (4 grupos)
Subgénero	Eucoffea (5 divisiones)
Especie	Arábica, libérica, canephora, -ra, dewevrei (9).

Comercialmente, las dos especies más importantes de café son: Coffea arábica y Coffea canephora que pertenecen a la subdivisión Erythrocoffea que es parte del grupo Eucoffea que es una de las divisiones del género Coffea (87).

La planta de café pertenece al grupo de las dicotiledoneas y puede llegar a alcanzar una altura de 10 m en un estado silvestre aunque en su cultivo es podada hasta alrededor de 3 m para facilitar la cosecha y mantener una forma adecuada del árbol. Las ramas primarias se oponen

horizontalmente o en forma inclinada y las hojas crecen por pares en pequeños tallos. Son de alrededor de 15 cm de largo en C. arábica y un poco mas largas en C. canéphora, de forma oval o lanceolada y de color verde oscuro brillante.

Las primeras flores se producen a los 3 o 4 años y son de color blanco cremado y de aroma dulzón. Aparecen en racimos en las uniones de las hojas con el tallo. La corola es de unos 20 mm de largo, dividida en la parte superior por 5 pétalos. Para su fertilización, C. canéphora requiere de la polinización cruzada mientras que C. arábica se fertiliza por autopolinización.

Después de la caída de las flores, los ovarios se desarrollan lentamente en drupas ovales de unos 18 mm de largo por unos 10 a 15 mm de diámetro, al inicio verdes para llegar a un color rojo cuando son maduras y que por su forma y color se les llama cerezas momento en que son cosechadas. Es común encontrar frutas verdes y rojas en un mismo racimo especialmente en regiones donde la distribución de las lluvias es constante al año (87, 65).

El grano de café, son las semillas de estos frutos, encontrándose normalmente dos semillas en cada uno unidos por el lado de su cara plana. Cada grano está cubierto por un tegumento muy delgado llamado película plateada (espermodermo), que a su vez está cubierto por otra película mas libre de color amarillento llamada pajilla o cascabillo (endocarpio). En seguida, ambos granos o semillas se hallan rodeadas de una pulpa mucilaginosa dulce (mesocarpio) que

forma la carne de la cereza.

Ocasionalmente una de las dos semillas puede no desarrollarse, entonces la otra adquiere una forma redonda en su sección transversal. Otras formas anormales se encuentran ocasionalmente (87 , 65).

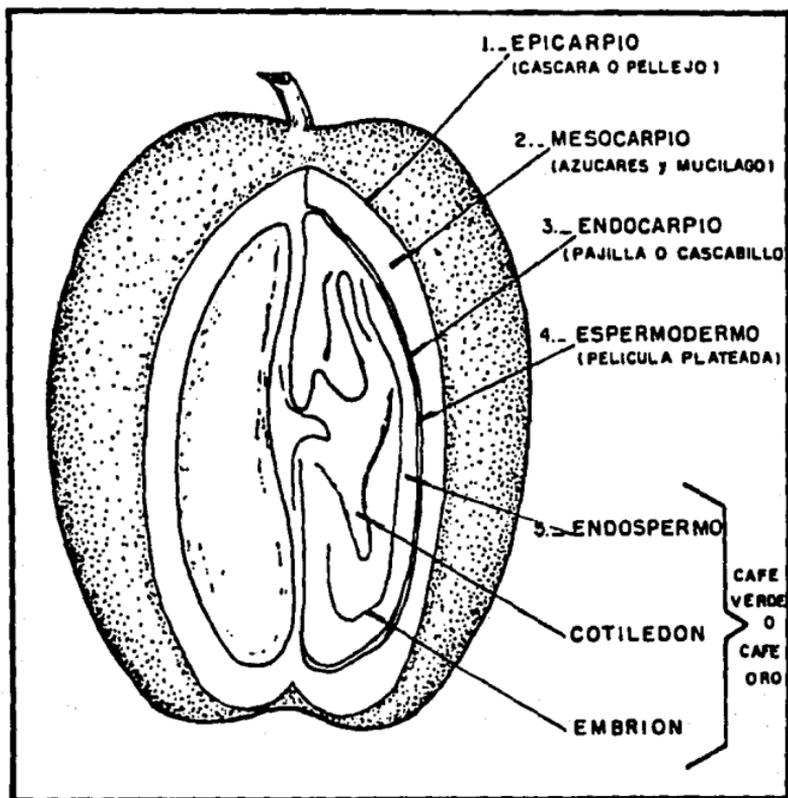


Fig. 1.1 Fruto del Cafeto (de 31).

### 1.2.2 Especies y Variedades.

Como se ha mencionado, únicamente dos especies tienen importancia económica: C. arábica y C. canéphora conocidas comercialmente como arábica y robusta. Otras dos especies: C. libérica y C. dewevrei var. excelsa conocidas como libérica y excelsa, también se manejan comercialmente sin tener una importancia económica significativa.

C. arábica, que compone un 80% de la producción mundial del café, tiene su origen en las altas montañas del sur de Etiopía en donde aún se le encuentra en forma silvestre. Se conocen dos variedades originales que son: C. arábica var. arábica (o típica) y C. arábica var. bourbón, siendo la primera la que se cree que dió origen a las plantaciones americanas.

C. arábica var. bourbón tomó su nombre de la isla de Bourbon o Reunión donde fué cultivada por los franceses. Es probablemente una mutante de la variedad típica y se dice que da mejores rendimientos y calidad de la bebida. Actualmente se le cultiva ampliamente en América y Africa del este.

Otra variedad de C. arábica de cierta importancia es la var. maragoqype que es una mutación originaria del Brasil llevada a cabo en 1870 y puede ser descrita como una C. arábica gigante con frutos y hojas de mayor tamaño pero de rendimientos y calidad de bebida bajos (87, 74).

Otras variedades de C. arábica de importancia comercial son:

- Caturra. Es una mutación de la variedad bourbón, muy popular en Brasil por su alto rendimiento.
- Mundo Novo. Es un híbrido entre las variedades bourbón y típica, progenie sumatra, con buen rendimiento y buena resistencia a climas adversos.
- Catuaí. Es originaria del Brasil y es producto del cruzamiento artificial entre mundo novo rojo y caturra amarillo; es una variedad de rápido crecimiento y alto rendimiento.

Las especies de arábica son las que dan origen al café más apreciado por su sabor y aroma aunque comercialmente se les clasifica de acuerdo al proceso de beneficio a que son sometidas, ya sea seco o húmedo, siendo este último el que proporciona el producto de mayor calidad. Se les utiliza con mayor frecuencia en la elaboración de cafés tostados y molidos.

Por otro lado, la C. canéphora incluye varias formas conocidas como café robusta, derivado de su nombre específico de C. canéphora var. robusta, que se le dio debido a su fortaleza y resistencia a enfermedades y es la preferida para la elaboración de café soluble debido a que de ella se obtienen altos rendimientos de extracción de sólidos solubles como se verá más adelante (87).

Existen también híbridos de arábica y canéphora. El más conocido es arabusta.

Por las características geográficas de las zonas cafetaleras, en México se cultiva la especie arábica en un

98%, siendo las variedades que se siembran con más frecuencia las siguientes: típica, bourbón, maragogype, caturra, catuaí, mundo novo entre otras (90, 3, 65).

La variedad garnica es el primer híbrido originado en México mediante el cruzamiento de mundo novo y caturra amarillo. Esta variedad tiene las ventajas de sus progenitores y no sus inconvenientes además de ser más productiva lo que ha ido incrementando su cultivo (90).

Existe también la variedad pluma hidalgo muy semejante en calidad y rendimiento a la variedad arábica, mejorando sus cualidades cuando se le cultiva a grandes alturas (9, 31).

De la especie canéphora, un 2% de la producción nacional de café, predomina la variedad robusta cultivada solamente en regiones de baja altitud de los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca (90, 3).

### 1.3 Panorama Económico de la Producción del Café.

#### 1.3.1 Internacional.

Las regiones mundiales donde puede crecer el café están limitadas básicamente por la temperatura y la latitud. Se considera que las zonas ubicadas al norte y al sur de los trópicos de Cancer y de Capricornio son inadecuadas para su cultivo (87).

La distribución geográfica de la producción de café es la siguiente:

-C. arábica: (70% de la producción mundial)

América: México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil, Paraguay, Bolivia, Perú, Rep. Dominicana, Haití, Jamaica, Puerto Rico y Cuba.

Asia: Arabia (yemen), India, Vietnam y Laos.

Africa: Kenia, Tanzania, Etiopía, Rwanda y Burundi.

-C. canéphora: (30% de la producción mundial)

América: Trinidad & Tobago.

Africa: Costa de Marfil, Camerún, Rep. de Madagascar, Togo, Rep. Centroafricana, Dahomey, Congo (Brazzarville), Gabón, Angola, Sao Tome & Puerto Principe, Uganda, Congo (Kinshasa), Guinea, Sierra Leona, Ghana, Nigeria y Liberia.

-C. liberica: (1% de la producción mundial)

Guayana Holandesa e Indonesia.

-C. excelsa:

Rep. Centroafricana.

-C. abeokutae:

Vestigios en Costa de Marfil (30, 46).

En general, las variedades de arábicas predominan en el continente americano y las robustas en el africano.

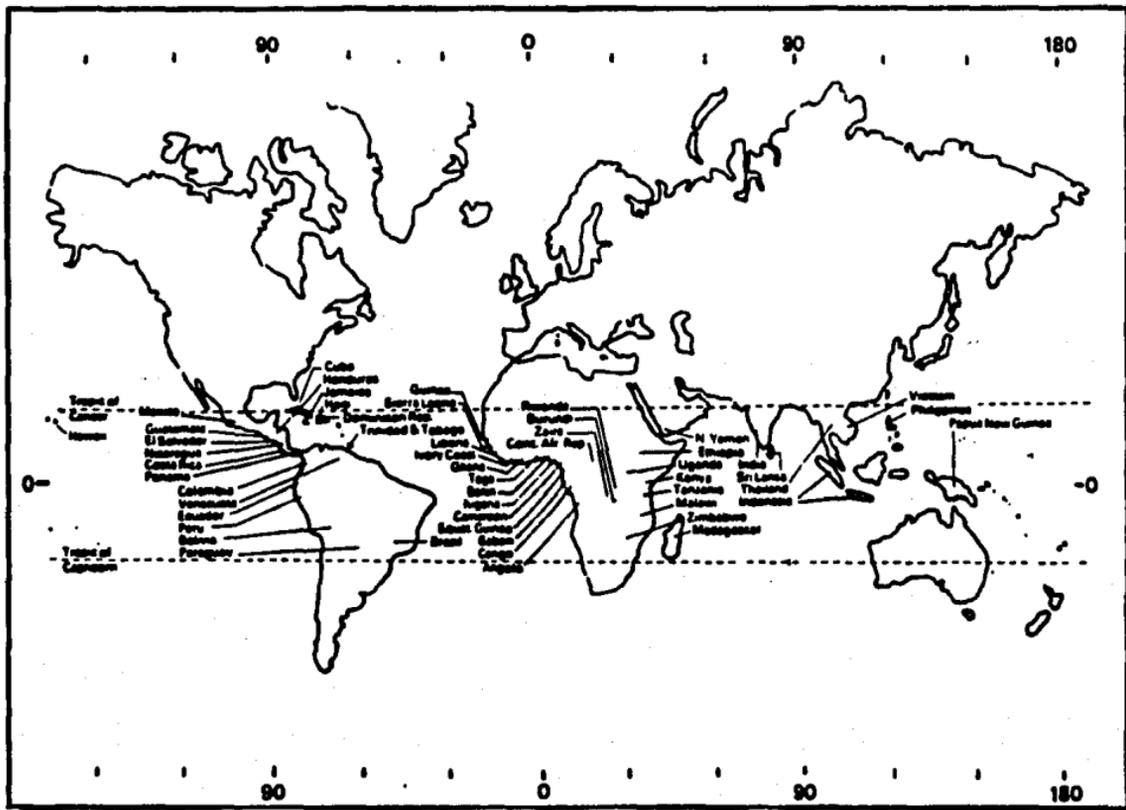


Fig. 1.2 Países Productores de Café en el Mundo (de B7).

El Instituto Mexicano del Café reporta las siguientes cifras en relación a los 5 mayores productores de café en el mundo en los últimos 5 años:

<u>País</u>	<u>84-85</u>	<u>85-86</u>	<u>86-87</u>	<u>87-88</u>	<u>88-89</u>
Brasil	27,000	33,000	13,900	38,000	25,000
Colombia	11,000	12,000	11,000	13,300	12,700
Indonesia	5,600	5,800	5,900	5,965	6,000
México	4,250	4,826	5,297	4,717	5,100
C. de Marfil	4,609	4,420	4,405	3,410	4,400

en miles de sacos de 60 k (de 38).

Estas cifras coinciden con el reporte de estadísticas de la revista Café, Cacao, Thé, en la tabla referente a la producción de café verde (89).

Los principales países exportadores para el ciclo 86-87 y 87-88 fueron los siguientes:

<u>País</u>	<u>86-87</u>	<u>87-88</u>
Brasil	1,089,5	1,010,4
Colombia	723,1	547,0
Indonesia	302,4	266,1
C. de Marfil	157,1	215,4
México	230,6	145,1
Total Mundial	4,383,5	3,734,4

en miles de toneladas (de 89).

y los países importadores más importantes en los años 86 y 87 fueron:

<u>País</u>	<u>86</u>	<u>87</u>
Estados Unidos	1,184,2	1,155,3
Alemania Federal	571,4	619,4
Francia	311,4	327,0
Italia	284,1	284,7
Japón	243,0	271,5
Total Mundial	4,227,1	4,394,8

en miles de toneladas (de 89).

México es el cuarto productor mundial de café, situación que se inició en el ciclo 85-86 y que se ha mantenido hasta la fecha (38).

La publicación Agro-Síntesis, reporta que México es el quinto productor mundial de café concurriendo con un 4.12 por ciento de la producción mundial (8).

### 1.3.2 Nacional.

Según datos obtenidos de la Asociación Nacional de la Industria del Café, A.C. (ANACAFE), la producción total nacional de café verde actualmente equivale aproximadamente a cinco y medio millones de sacos de 60 k distribuidos en la forma siguiente de acuerdo a la variedad y al proceso de beneficiado a que fueron sometidos:

- Café prima lavado (Benef. húmedo) var. arábica.....91%
- Café natural no lavado (Benef. seco) var. arábica...7%
- Café robusta .....2%

Los estados productores en orden de importancia de acuerdo a la superficie cultivada de café son:

<u>Estado</u>	<u>Temporada de Producción</u>
Chiapas	de enero a marzo
Oaxaca	de noviembre a abril
Veracruz	de septiembre a marzo
Puebla	de octubre a abril
Hidalgo	de diciembre a febrero
Guerrero	de diciembre a abril
San Luis Potosí	de noviembre a marzo
Nayarit	de diciembre a marzo
Jalisco	de enero a marzo
Tabasco	de noviembre a marzo
Colima	de diciembre a abril
Querétaro	-----
Michoacán	de enero a marzo

(de 38, 31 y 65)

Las superficies productoras de café de Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla aportan conjuntamente el 93 % de la producción nacional que es de 560,343 Hs (7, 38, 58).

Los volúmenes de exportación reportados por ANACAFE hasta antes del rompimiento de las cláusulas económicas del

Convenio Internacional del Café (3 de Julio de 1989), eran de 2'200,000 sacos de 60 k a países signatarios de dicho convenio y aproximadamente 800,000 sacos a países no miembros, lo que significa un 55% del volumen total de la producción nacional.

La industria nacional consume aproximadamente 1'900,000 sacos anuales de café verde, de los cuales, corresponden aproximadamente 600,000 a cafés de calidad inferior (naturales, desmanches y robustas), y 1'300,000 sacos a cafés lavados (3).

Para el ciclo 87-88, el IMECAFE reportó una producción total nacional de 5'000,047 sacos de 60 k de las que se exportaron 2'544,415 sacos de 60 k (un 50%) (38).

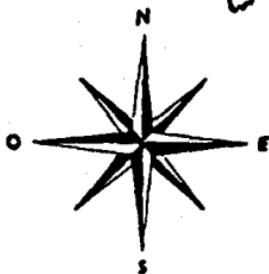
El destino de las exportaciones nacionales se ubica de la siguiente manera:

<u>País</u>	<u>Proporción</u>
Estados Unidos	39%
Rep. Federal Alemana	22%
Noruega	6%
Japón	4%
Francia	3%
Checoslovaquia	3%
España	3%
Polonia	2%
Rep. Democrática Alemana	2%
Otros países	16%

El consumo nacional correspondió a 1'617,000 sacos de  
60k (38).

ZONAS CAFETALERAS DE LA REPUBLICA MEXICANA

24



#### 1.4 Importancia Económica del Café en México.

La caficultura en México se destaca por su importancia agrícola y económica principalmente.

La producción de café significa el usufructo de 497 mil hectáreas en doce estados, las que producen 4 millones 100 mil sacos de 60 k representando una derrama económica en el sector agrícola de cerca de 500 mil millones de pesos. De esta actividad dependen 200 mil familias en forma directa o indirecta. Se calcula que de su cultivo, comercialización e industrialización dependen un poco más de dos millones y medio de personas y se estima que se requieren alrededor de cien jornales-hombre por ciclo, nada más en la producción y cosecha, en contraste con otros cultivos considerados intensivos como las hortalizas, caña de azúcar y algodón, que en promedio requieren menos de 100 jornales al año cada uno. Se estima también que más del 50 % del total de los costos son generados en la cosecha (corte de la cereza). Así tenemos que para el ciclo 81-82, la caficultura generó alrededor del 9 por ciento de la mano de obra empleada en la agricultura en ese mismo año (7, 8, 73).

Anualmente, el café aporta ingresos por concepto de impuestos al gobierno federal más de 2,000 millones de pesos.

En los últimos años, el café ha ocupado el segundo lugar como producto de exportación únicamente abajo del petróleo y sus derivados. Del monto total de exportaciones nacionales, el café ha contribuido con un 1.7 al 10 por ciento según el

año (10).

En el sector agropecuario, el café es el producto de exportación más importante, ha llegado a representar la mitad de las exportaciones de este rubro y tiene el séptimo lugar en lo que se refiere a la superficie agrícola que ocupa. Junto con el petróleo, ha llegado a constituir hasta el 80% de las exportaciones nacionales con la importancia de que el café es un recurso renovable.

El café ha simbolizado entre el 24 y el 50 % del valor de todas las exportaciones agrícolas de la nación y tiene una participación de 0.5 en la formación del producto interno bruto (10, 73).

El café mexicano controla alrededor de un 15 % de la producción mundial del café de exportación clasificado internacionalmente como "otros suaves" (que son cafés de alta calidad), encabezando una lista de 16 países (10).

El café ha sido considerado como la tercera mercancía dentro de la llamada cuenta corriente de la balanza de pagos solamente detrás del petróleo y el turismo. Se distingue al café como la fuente de divisas más barata con que cuenta nuestro país (73).

México se diferencia de otros países productores y exportadores por tener una alta demanda interna de su producto lo que le hace menos dependiente de las fluctuaciones comerciales externas.

En el ámbito ecológico, el cultivo de café contribuye evitando la erosión y el deterioro de la selva tropical

húmeda ya que, intercalado con otros cultivos o especies de sombra, simula la estructura natural de los bosques tropicales (10).

## 1.5 Situación del Café Industrializado en México.

Como resultado de la industrialización, el café en México tiene las siguientes presentaciones finales:

Café tostado (358 tostadores y molinos de café en 1980)

Café tostado y molido

Café soluble (7 fábricas en 1980) (40, 76).

Del consumo interno de café, ANACAFE estima que el 45 % se destina a la fabricación de café soluble y el resto a la de café tostado y molido (3).

Para 1980, del total de la industria cafetalera, se calculó que el 98.1% estaba dedicada a la elaboración de café tostado y molido y el 1.9 % a la fabricación de café soluble (76).

En 1980, la industria del café tuvo una participación del 2.9 % en el total de la industria alimentaria. En lo que se refiere a la producción de café crudo, café tostado, café tostado y molido y café soluble. El grado de concentración es muy notable ya que en 1979 el 5.9% de los establecimientos generó el 88.5% de la producción total en la rama (7).

La producción anual de café soluble se calcula que es de 15,000 toneladas al año, de las cuales, un 25% son de café soluble descafeinado (41).

La revista Café, Cacao, Thé, reporta lo siguiente:

Café torrefacto total*	<u>86-87</u>	<u>87-88</u>
	230,6	145,1

(miles de toneladas) \*Incluye tostado, molido y soluble (89).

Para 1987-1988 el café representó en el total de ganancias obtenidas de las exportaciones de productos alimenticios el 21.3 % y el 17.1 % respectivamente.

## **CAPITULO II**

### **Cultivo, Cosecha y Beneficiado del Café.**

## 2.1 Requerimientos para el Desarrollo del Cafeto. Situación Nacional.

Por tratarse de las especies comerciales más importantes en nuestro país y en el mundo, nos avocaremos a describir los requerimientos de desarrollo de las especies C. arábica y C. canéphora en el sobre entendido de que lo que se diga para cada especie es también válido para sus correspondientes variedades.

Como se ha planteado, el cultivo del café se distribuye en una franja paralela al Ecuador ubicada entre los 1,300 y los 1,800 msnm y entre los 6° y 9° de latitud norte. La temperatura media anual es de 20 a 25°C con mínimas de 5°C y máximas de 30°C. Se requiere una precipitación pluvial anual de 1,500 a 1,800 mm y una marcada estación de secas de 4 a 5 meses (30, 22).

La especie C. canéphora crece en climas ecuatoriales a altitudes menores a los 500 m, con una temperatura media anual de 24 a 26°C con pequeñas variaciones. La precipitación debe ser superior a los 2,000 mm anuales con 2 a 3 meses de sequía y una humedad atmosférica saturada (30, 22).

Por sus requerimientos propios de temperatura, C. arábica es menos resistente al calor que la especie C. canéphora.

La altitud es determinante para obtener cosechas de buena calidad. La especie C. arábica por su naturaleza orófila da mejores resultados cuando crece entre los 500 y

los 1,300 msnm , sin embargo, se le puede encontrar a mayores alturas conforme nos acercamos al Ecuador. Por otro lado, la C. canéphora se encuentra cultivada desde el nivel del mar hasta alturas que no superan los 800 m (30).

C. canéphora no resiste temperaturas menores a 8°C y se requiere de una media anual entre 22 y 26°C. Temperaturas superiores a 30°C con baja humedad hacen que la planta muera. Esta especie se comporta mejor en alturas mayores a los 50 msnm siendo los 800 m el límite máximo.

La precipitación pluvial mínima requerida para el caféto es de 1,500 mm repartido en 9 meses del año cuando menos. Para C. arábica, una precipitación media anual de entre 1,500 y 2,500 mm es la ideal para su desarrollo. La especie C. canéphora requiere precipitaciones pluviales superiores a los 2,000 mm anuales con una sequía de corta duración (30, 22).

C. canéphora requiere de un mayor contenido de humedad en el ambiente que C. arábica.

En cuanto a la temperatura, la C. arábica es muy resistente a climas fríos, y puede soportar aquellas cercanas a los 0°C, aunque por debajo de los 8°C y por arriba de los 34°C la planta se daña y sus rendimientos disminuyen.

El caféto en general no puede prosperar en lugares donde se presenten heladas todos los años. Estos fenómenos llegan a ocurrir en regiones cafetaleras mexicanas como en las Huastecas hidalguense y potosina y en Villa Juárez, Pue.

Dadas las condiciones de nuestro país, el Instituto

Mexicano del Café define como áreas adecuadas para el cultivo del café, aquellas que se localizan de los 500 a los 1,300 msnm con precipitación pluvial superior a los 1,500 mm distribuidos en 9 meses del año cuando menos. Una temperatura media anual comprendida entre los 19 y 24°C y variaciones no mayores de 10°C arriba o abajo de las anotadas, además de que no deben registrarse temperaturas bajas que ocasionen heladas (30).

Los suelos de las plantaciones cafetaleras tienen orígenes diversos. Generalmente se encuentran tierras de aluvi6n y de origen volcánico. En estos suelos la capa arable deberá ser de unos 30 cm al menos, con un alto contenido de materia orgánica y un subsuelo permeable. Los mejores suelos para el cafeto son los profundos con textura migajosa y estructura friable, buen drenaje y adecuada aireaci6n. El subsuelo puede ser arcilloso siempre y cuando el sistema radicular de los cafetos tenga libre penetraci6n (90).

El cafeto prefiere para su desarrollo de suelos ligeramente ácidos. C. arábica es más exigente en este sentido ya que su mejor desarrollo se dá en suelos con un pH de 6,0 ; incluso un pH de 4,5 le es favorable si el suelo es de textura física adecuada con suficiente cantidad de calcio (suelos excesivamente calizos presentan deficiencias de hierro y boro).

En cuanto a la demanda de nutrimentos, para el cafeto los elementos indispensables son: nitr6geno, potasio, f6sforo, calcio y magnesio. Por ello, es importante el

periódico abastecimiento de humus a base de estiércol, compost o abonos verdes, que puede provenir del follaje que tiran los árboles de sombra. Estos factores además mejoran las características del suelo. Así también será importante una adecuada fertilización con productos químicos (30).

El área está constituida por tierras montañosas, lo que impide el uso de maquinaria de labranza. Los terrenos son de profundidad reducida y están sujetos en general a precipitación intensa lo que favorece su erosión si no se les maneja adecuadamente. Este tipo de terrenos son adecuados para los cultivos perennes como es el del café (90, 58).

En forma general, se tienen temperaturas máximas de entre 21.3°C en Puebla, hasta 30.6°C en Guerrero y una temperatura mínima de entre 10°C en Hidalgo y 19.9°C en Guerrero. Excepcionalmente se presentan temperaturas bajas que originan heladas y por lo tanto pérdida de cosecha y cafetos como ha ocurrido en los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz. La temperatura media es de 17.5°C a 25.3°C.

La insolación efectiva promedio se encuentra entre 1794 y 1893 horas al año. La precipitación pluvial promedio anual es de 2,280 mm con una máxima de 5,075 mm en Chiapas y una mínima de 1,077 mm en Hidalgo (90, 58).

La altitud de las zonas cafetaleras mexicanas oscila entre los 250 y los 1500 msnm. El mayor porcentaje de este cultivo se ubica arriba de los 700 m, lo cual, unido a factores de baja luminosidad, temperaturas frescas y efectos

de latitud, favorece el crecimiento y la fructificación de un  
café de alta calidad (90, 58).

## 2.2 Cosecha.

Una vez madurado, el fruto del cafeto se somete a la cosecha. Del cuidado que se tenga para llevar a cabo esta actividad, dependerá la calidad de la materia prima a industrializar, calidad que se reflejará en el café procesado.

Para lograr una cosecha de calidad, que tenga un precio adecuado en el mercado, es necesario cosechar cerezas maduras únicamente, evitando cerezas verdes o secas, hojas, ramitas o cualquier otra impureza. Para conseguir esta selección, se deberán hacer tantas "pasadas" o cortes como la maduración de frutos lo aconseje. El primer corte o "pepena" sirve para recolectar maduraciones tempranas y frutos secos o enfermos. El último corte o "arrase", no debe representar más del 5% de la cosecha total. Es recomendable separar los frutos maduros de los verdes.

Los frutos verdes no se deben cosechar debido a que pesan menos, en la despulpadora sufren mordeduras, se secan difícilmente por su alta humedad y pueden causar emohecimiento al ser almacenadas. Las cerezas verdes demeritan el sabor de la bebida y son responsables de la presencia de los granos negros y manchados observados en el café trillado. Todos estos inconvenientes merman la ganancia del productor (90).

El número de floraciones de C. arábica varía de 3 a 6 por lo que la maduración del fruto es escalonada, incluso en

una misma rama. Ello determina tres cortes de cereza cuando menos durante una cosecha. El corte es obligatoriamente manual. En C. canéphora la floración es mas homogénea gracias a lo cual aumenta la eficiencia de la mano de obra en la cosecha (30).

La cosecha mecánica del cafeto no ha podido aún superar las ventajas de la recolección a mano. Sin embargo, continúan las investigaciones en este sentido.

En el II Simposio Internacional del Café, que se llevó a cabo del 2 al 6 de Mayo de 1989 en Xicotepec de Juárez, Pue., el Dr. Leo Almeyda Neves, director del Instituto Brasileño del Café, mostro unas transparencias de los cultivos cafetaleros de su país en que se utiliza una máquina que hace la recolección del café cereza mediante el sacudimiento de la planta recibiendo en una especie de canastilla la semilla desprendida. El uso de esta máquina requiere de terrenos planos y una altura y crecimiento muy homogénea de los cafetos.

Posiblemente en el futuro se contará con un aliado más para mejorar la productividad y abaratar costos, ya que la recolección de la cereza representa entre el 40 y el 60% de los costos de producción del café verde.

Normalmente, de la etapa de floración al momento del corte de la cereza pasan entre siete y nueve meses, periodo durante el cual hay pérdida de la cosecha por la caída de frutos en crecimiento ya sea por bajas temperaturas o lluvias intensas (90).

Comunmente, la cosecha de C. arábica se inicia entre septiembre y octubre, prolongándose a marzo y abril, como sucede en México. En C. canéphora es más tardía. Los periodos de recolección de café en cada estado de la República Mexicana se muestran en el capítulo I.

En los principales estados cafetaleros mexicanos, generalmente ocurren de 4 a 5 floraciones, que corresponden a: una "pepena", de dos a tres cortes formales y el "arrase". En ocasiones las floraciones se reducen a cuatro. En los estados con litorales hacia el Océano Pacífico, de Guerrero a Nayarit, el número de floraciones son dos, razón por la cual, ocurren de uno a dos cortes cuando mucho.

La recolección debe hacerse sin maltratar el cafeto, es decir, sin quebrar ramas o tallos. Se deberán recoger todas las cerezas sin arrancar el pedúnculo que las soporta para no afectar las yemas que puedan originar brotes futuros (90).

## 2.3 Generalidades sobre el Proceso de Beneficiado del Café.

Consideramos al beneficiado del café como el inicio propiamente de la industrialización del grano, ya que implica el uso de una tecnología específica que requiere de cierta infraestructura para llevarse a cabo. Aunque los principios de esta actividad son muy simples, actualmente los volúmenes de producto que se manejan así como el control de calidad que se requiere, ha provocado un desarrollo importante y hasta cierto punto sofisticado de estas tecnologías.

El beneficiado del café es un proceso industrial que pretende transformar el café cereza o capulín en un producto comercial que sea posible conservar, almacenar o transportar sin el riesgo de que sufra el deterioro que presentaría el fruto recién cortado. Así mismo, pretende dejar al café en condiciones adecuadas para su posterior industrialización (torrefacción, etc.).

A través del beneficio, el café cereza o capulín es despojado de sus coberturas propias en el siguiente orden:

-Epicarpio o pellejo: Generalmente de color rojo cuando está maduro; verde, amarillo o rosado durante el proceso de maduración y castaño oscuro cuando seco. Existen variedades que tienen el epicarpio amarillo cuando están maduras.

-Mesocarpio: Es la parte carnosa compuesta de sustancias pécticas y azúcares formando lo que se llama mucílago o baba.

-Endocarpio o pergamino: Es una capa coriácea que protege a la semilla. De composición celulósica y resistente al

desgarramiento. Es de color amarillo pajizo cuando ha sido bien procesada la cereza.

-Perisperma o película plateada: En un tejido sumamente delgado. Cubre directamente al grano o semilla. Es de color gris plata, rojizo o negro, según halla sido el proceso de beneficiado.

-Endosperma o semilla: Es el grano desprovisto de todas sus cubiertas al que se le llama café verde o café oro.

-Embrión o germen: Es la planta en estado latente que se aloja en una de las extremidades del grano o semilla. En los frutos normales hay dos semillas y la posición de los embriones se halla en forma asimétrica (90).

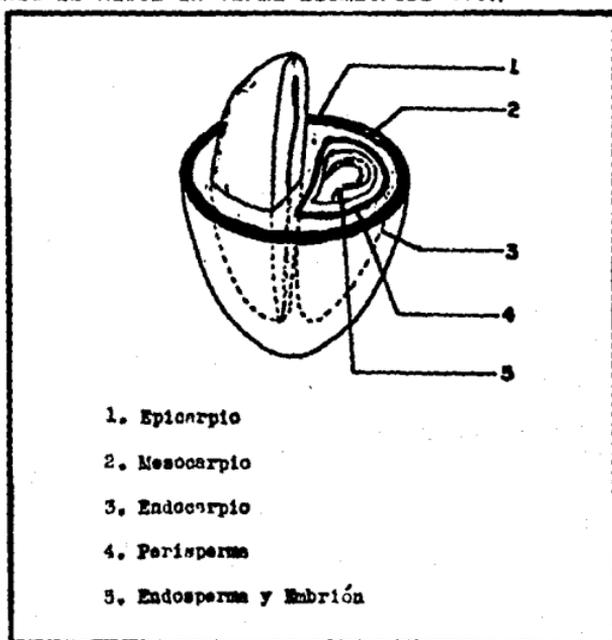


Fig. 2.1 Grano de Café (de 31).

Existen dos técnicas diferentes para la obtención del café verde:

Vía húmedo-seca: Mediante este procedimiento se obtienen los cafés lavados (milds). Es el método que se usa comunmente para los cafés arábica principalmente en México, Centroamérica y Colombia, que se caracterizan por tener áreas cafetaleras en zonas donde existe una alta humedad ambiental, frecuentes lluvias, nubosidad y gran disponibilidad de agua. Este método utiliza sistemas bioquímicos de digestión del mucílago (fermentación) para facilitar el secado del grano, ya que no se dispone de la cantidad suficiente de sol para un secado natural de la fruta tal como es cosechada. Se requiere disponer de grandes cantidades de agua para llevarse a cabo. Generalmente, se recomienda construir una planta de beneficio húmedo sobre la ladera de una montaña para que exista un desnivel entre las diferentes etapas del proceso. De esta manera, se aprovecha dicho desnivel para facilitar el flujo del producto a través de todo el proceso sin el uso de equipos adicionales. La accidentada orografía de las zonas cafetaleras nacionales, se presta para este tipo de instalaciones (30, 91).

Vía seca: Este procedimiento permite obtener los cafés no lavados (unwashed), fuertes o de tipo brasileños. Se le utiliza ampliamente para el tratamiento de cafés arábicas brasileños y etíopes y para los robustas de los países africanos. Estas naciones no disponen de grandes cantidades de agua para lavar el café, pero en cambio, cuentan con luz

de sol suficiente para realizar el secado utilizando esta fuente de energía, lo que además, abarata el proceso de beneficiado (30).

En México se entiende por beneficio húmedo al proceso mediante el cual, el café cereza pasa a café pergamino; y el beneficiado seco se llama, tanto al proceso por el cual el café pergamino pasa a café oro o verde (café lavados), como al proceso en que se transforma el café cereza a café capulín (mediante secado directo al sol generalmente), y de éste a café oro o verde (café naturales) (35, 75).

De la cosecha mundial, aproximadamente un 45% se procesa como café lavado y el resto como café no lavado. Los mayores excedentes de café en el mundo pertenecen a ésta última clase.

En México, cerca del 85% de la producción de café se procesa como café lavado y el resto como no lavado (90).

## 2.4 Proceso del Beneficiado. (Vía Húmeda y Vía Seca)

### 2.4.1 Vía Húmeda.

#### 2.4.1.1 Recolección de la Cereza.

Esta es la primera fase del beneficio húmedo con el cual obtendremos, a partir de la cereza madura, fresca y sana, el café pergamino con un 12% de humedad.

Para obtener la mejor calidad de los cafés lavados se recomienda que el grano que se utilice para su preparación cumpla con lo siguiente:

1) Que sea fruta cosechada en el momento justo de maduración, excluyéndose los frutos verdes o sobremadurados.

2) Que la fruta cosechada sea procesada tan rápido como sea posible.

3) Evitar en lo posible las contaminaciones externas de cualquier tipo, tanto de partículas extrañas como de microorganismos (84).

#### 2.4.1.2 Recepción de la Cereza.

Esta se realiza generalmente al final de la jornada, en las últimas horas de la tarde. Al momento de recibir el café cereza, éste es inmediatamente pesado, y es necesario que el proceso de beneficio se inicie antes de un término superior a las 24 horas de haber sido cortados los frutos para evitar el

riesgo de fermentaciones prematuras y mermas en el peso. Se debe evitar también el amontonar el producto por tiempos prolongados (90).

Generalmente se almacena el café cereza en tolvas llenas de agua en un 50% de su capacidad. Estas tolvas a su vez ejercen las siguientes funciones:

a) Clasifican los cafés maduros de los verdes y vanos así como también eliminan hojas, ramas, etc., por diferencia de peso específico, ya que el café maduro tiende a irse al fondo del tanque mientras que los granos verdes y vanos, o con una semilla, así como ramas y hojas, tienden a flotar.

b) Dosifican a través de un sistema de sifón o de vasos comunicantes, el gasto de las máquinas despulpadoras (fase siguiente del beneficio).

c) Separan la tierra, piedras y arena, los cuales quedan en el fondo de dichos recipientes.

Las cerezas vanas, frutos secos y dañados, ramas, hojas, etc., son eliminados por un vertedor de flotes para un posterior procesamiento (generalmente por la vía seca), mientras que los frutos sanos y maduros son succionados por el cilindro sifón hasta las despulpadoras (30).

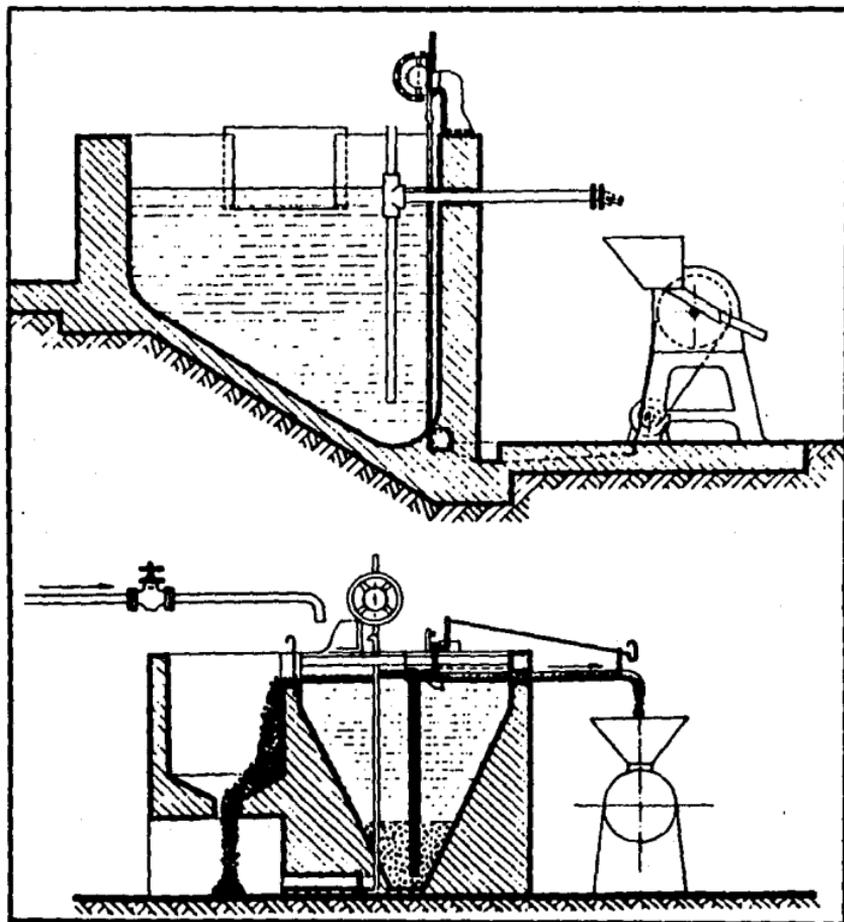


Fig. 2.2 Tanques de Recepcion del Cafe Cereza (de 91).

### 2.4.1.3 Despulpado

Esta operación tiene como fin separar los granos de la cáscara (epicarpio) y parte del mucílago (mesocarpio) que las cubren mediante el desgarramiento del fruto. Para llevarlo a cabo, se hace uso de máquinas llamadas despulpadoras o pulperos que pueden ser de discos o de cilindros. De las primeras, existen de uno, dos y tres discos. El grano de café es desgarrado al pasar a través de los discos giratorios que presentan protuberancias y un elemento fijo y liso o acanalado llamado pechero (en el caso de la despulpadora de cilindros) o mandíbula o lanzadera (en el caso de la despulpadora de discos) (91).

La capacidad media de despulpado es de 800 a 1000 k de cereza por hora, utilizando motores eléctricos como fuerza motriz. Existen también despulpadoras de movimiento manual (90).

La despulpadora de cilindro trabaja con el mismo principio que la de disco con la capacidad de trabajo equivalente a la de un solo disco. Está cubierta con una camisa, generalmente de cobre, que es la que presenta la superficie con protuberancias (91).

Las aberturas de las despulpadoras deben estar debidamente ajustadas al tamaño de la cereza para evitar que pasen frutos sin despulpar (pequeños) o que se trituren los grandes. Es deseable que previa entrada de la cereza a las despulpadoras, sea posible clasificarlas por tamaño mediante

el uso de cribas (65).

Es frecuente el empleo de cilindros clasificadores colocados inmediatamente después de las despulpadoras, que sirven como trampas de aquellas cerezas que no han sido despulpadas, para luego ser conducidas a una despulpadora de repaso. Este ejerce las funciones de un tamiz.

Se reporta la existencia de otros sistemas de despulpado que además ejercen la función de remoción del mucílago del café en la misma operación. También existen máquinas que utilizan 2 cilindros encontrados para realizar el despulpado. Ninguna de ellas tiene un uso muy difundido (91).

La pulpa que se obtiene como desperdicio es un producto altamente contaminante a nivel biológico, ya que su degradación demanda una gran cantidad de oxígeno. Existe la costumbre de arrojarla a ríos u otras corrientes de agua afectando severamente a la fauna silvestre. Deberá procurarse evitarlo al máximo. Actualmente se investiga la posibilidad de utilizar este desecho como sustrato en sistemas biotecnológicos que permitan su aprovechamiento y a la vez su degradación, lo que disminuye su potencialidad como contaminante y permite su uso como abono orgánico.

Por último, en esta fase de despulpado es de suma importancia el cuidar que la semilla de café no llegue a ser lastimada o el pergamino que la cubre sea dañado, ya que éste puede ser origen de contaminaciones microbianas o manchados, que redundarán en el deterioro del sabor de la bebida que se prepare con dichos granos.

Deberá usarse siempre agua limpia de preferencia, y dar un adecuado mantenimiento de limpieza a las despulpadoras ya que los restos de mucílago, ricos en carbohidratos, son fuente fácil de contaminaciones microbianas que se transmitirían al producto dañándolo gravemente. Así también, debe tenerse precaución para evitar el paso de piedras, clavos o otros objetos duros que puedan deteriorar el equipo (90).

Fig. 2.3 Despulpadora de Disco (de 91).

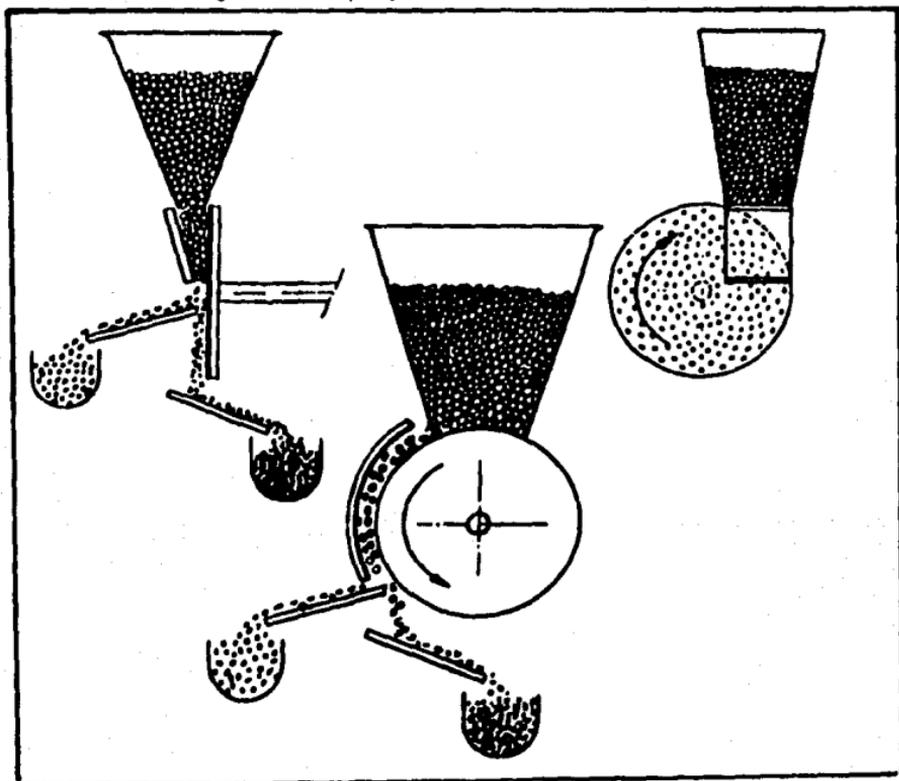


Fig. 2.4 Despulpadora de Tambor (de 91).

#### 2.4.1.4 Remoción del Mucílago.

Aunque en la fase de despulpado, parte del mucílago es eliminado del grano en forma mecánica, aún queda adherido sobre el endocarpio o pergamino parte de éste. El mucílago, insoluble en agua, higroscópico y rico en pectina, aunque favorece el despulpado ya que actúa como lubricante, obstaculiza el secado y por ende la conservación de los granos. Para eliminarlo, se puede recurrir a los siguientes métodos:

- Bioquímicos o de fermentación, naturales o con adición de enzimas.
- Químicos
- Mecánicos
- Químico-mecánicos (90).

De los métodos anteriores, el más utilizado en México y en el mundo es el bioquímico o de fermentación con sus modalidades, que será el que describiremos con más detalle.

##### 2.4.1.4.1 Procedimiento Fermentativo.

La fermentación a gran escala es un proceso tipo batch o discontinuo que se lleva a cabo en tanques de concreto con una profundidad no mayor a 1.40 m y de alrededor de 30 m<sup>3</sup> de capacidad. Si son muy profundos favorecerían una fermentación dispereja y heterogenea (35, 84).

El café despulpado se coloca en dichos tanques e

inmediatamente después se drena el agua que lo acompaña, utilizando las compuertas especiales con que cuentan. Los tanques no deben estar a la intemperie y se recomienda cubrirlos con lonas, polietileno o con costales, de tal forma, que se conserve una temperatura uniforme dentro del tanque (35).

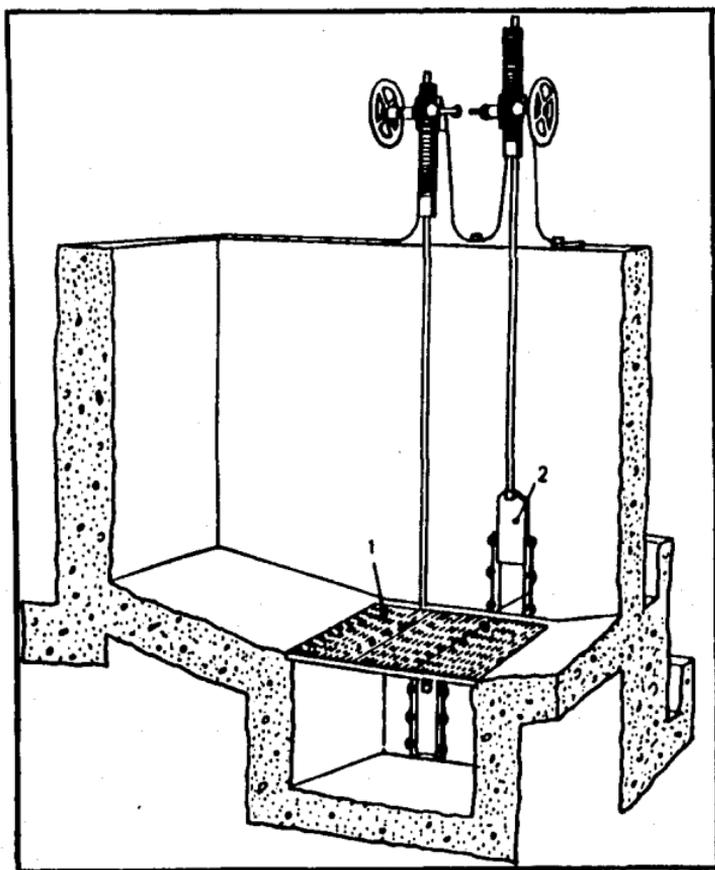


Fig. 2.5 Tanque de Fermentación. 1.Reja, 2.Compuerta (de 91).

Las enzimas naturales presentes en el mucílago inician la digestión, posteriormente, levaduras y bacterias de las paredes del tanque, del agua utilizada y procedentes de la superficie de las cáscaras que se quitaron al café, comienzan a desarrollarse produciendo a su vez enzimas que continúan el proceso. Esta segunda fase de la producción de enzimas, estará regulada de acuerdo al grado de sanitización en que se hallen los tanques fermentadores principalmente.

El café despulpado permanece en los tanques hasta que el mucílago sea completamente removible sin dificultad. La prueba que se utiliza para comprobar si la fermentación ha terminado, es tomar entre la mano unas cuantas semillas y frotarlas ligeramente bajo el chorro de agua; si el mucílago se desprende fácilmente y el choque entre las semillas hace un sonido como de piedrecillas, la digestión ha terminado.

Se debe proceder ahora al lavado de los granos del café ya que la excesiva cantidad de microorganismos que tenemos en el medio puede originar sabores indeseables por llevarse a cabo fermentaciones secundarias. Este proceso se detallará mas adelante (84).

El tiempo requerido para la digestión, varia desde 6 hs hasta 60 a 72 hs, lo que depende de 3 factores basicamente:

- 1) Temperatura
- 2) Espesor de la capa de mucílago
- 3) Concentración de enzimas pécticas

Si la capa de mucílago es delgada y la temperatura de

unos 30°C, lo que implica encontrarse a una altura cercana al nivel del mar, se requerirá poco tiempo de fermentado. Si en cambio, la capa de mucílago es gruesa y las temperaturas son de unos 10°C o menores, que significa estar a una altura de 1,800 msnm o mas alta, el tiempo de fermentado será muy largo. Esto sucede en situaciones extremas. En promedio, la altitud a la que se encuentra una plantación de café es de entre 600 y 1200 msnm y el tiempo promedio de fermentación es de alrededor de 24 hs.

La concentración de enzimas pécticas va a depender del estado de madurez de las cerezas, el volumen de la masa de café y el tiempo transcurrido entre el corte y el despulpe principalmente. Estos factores también van a influir en la manera como se va a desarrollar la fermentación (84).

#### 2.4.1.4.2 Química de la Fermentación.

Para comprender lo que sucede químicamente en la fermentación, debemos conocer antes que nada la composición general del mucílago, que es la siguiente reportada en por ciento en peso:

84.2 % de agua

8.9 % de proteína

4.1 % de azúcar (un 60% son azúcares reductores)

0.9 % de ácidos pécticos

0.7 % de cenizas (14).

Sivets reporta un contenido del 12% de ácidos pectínicos

y 3% de azúcares como composición general, siendo el resto (85%) agua.

Los ácidos pectínicos están compuestos por cadenas lineares de polímeros de ácidos formadas principalmente de hidroxilhexosas (azúcares) predominando la galactosa seguida por arabinosa y otros azúcares. Los ácidos pectínicos son clasificados como protopectinas (de alto peso molecular), pectinas y ácido péctico (de bajos pesos moleculares). Junto con los ácidos pectínicos y los azúcares, varias enzimas se forman en el mucílago y la pulpa que lo rodea durante el desarrollo del fruto y que son: protopectinasas, pectinasas, pectinesterasas y pectasas. Cada enzima actúa sobre el sustrato del que tomó el nombre. Si la fruta no es cosechada y cae al suelo, estas enzimas se encargarán de hidrolizar la pulpa y el mucílago en forma natural para liberar a las semillas y que éstas sigan su proceso natural como agentes de reproducción; en cambio, si la fruta es despulpada previamente como sucede en el beneficio, el mucílago queda expuesto a una gran diversidad de microorganismos como levaduras, bacterias y hongos que encuentran este medio muy favorable para su crecimiento. Al irse desarrollando, estos microorganismos van generando sus propias enzimas, que cuando llegan a cierta concentración empiezan a hacerse notar en el mucílago del café (84).

La secuencia natural comienza con el establecimiento de las levaduras que realizan una fermentación alcohólica utilizando los azúcares presentes. Posteriormente, las

bacterias, utilizando el alcohol como sustrato forman ácido acético, láctico, butírico y otros ácidos carboxílicos superiores. La calidad del café empieza a correr peligro cuando comienza la formación de ácido butírico, lo que ocurre cuando la fermentación se prolonga más de lo necesario (84).

Dos indicios permiten observar los cambios que experimenta la masa de café en una pila y con ellos la intensidad de los fenómenos que están ocurriendo: la curva de la temperatura y la variación de pH. La curva de la temperatura es ascendente. La fermentación se inicia entre los 21 y 23 °C en promedio (plantación promedio) hasta alcanzar los 27 a 28 °C como temperatura media al final del proceso. Se considera que la temperatura óptima es de 33 a 40° C. El pH disminuye desde que se inicia la fermentación por la formación de ácido, estabilizándose en 4,8 después de 48 horas de iniciado el proceso (90).

Es importante hacer notar que la presencia de cal en el agua utilizada ejercerá una influencia favorable sobre la transformación de ácido péctico en pectato de calcio mejorando en general la fermentación. Si al contrario, el agua contiene magnesio o bien, ocurren reacciones ácidas, se entorpece la acción de las diastasas y retrasa la fermentación. La presencia de cloro puede inhibir la acción de los fermentos microbianos (31).

Deberá procurarse el utilizar agua libre de materias químicas, amoniaco u otras contaminaciones que pueden ser fuente de desviaciones en la fermentación, lo que redundará en

la calidad del grano al final del proceso (31).

Dentro del beneficio, la fermentación es una fase delicada, la cual, va a influir tanto en el aspecto físico del grano como en su sabor cuando se prepara la bebida. El empeño que se ponga en cuidar todos los aspectos que conduzcan a su adecuado desarrollo, retribuirá con creces al productor al momento de comercializar su producto.

#### 2.4.1.4.3 Otros Métodos.

La fermentación con adición de enzimas pretende acelerar la digestión del mucílago. Se han diseñado productos comerciales que contienen pectasas, protopectinasas, pectinasas y pectinesterasas como principales ingredientes activos, obtenidos de cultivos microbianos a través de técnicas biotecnológicas. El uso de estos productos requiere de ciertos cuidados en el control de la temperatura, pH y composición química del agua, para obtener un máximo beneficio. Su costo es alto, aunque el tiempo de fermentado puede ser reducido hasta en una quinta parte del tiempo normal, dependiendo de la cantidad y concentración del producto utilizado.

Las ventajas de su utilización bien valen el costo del producto: el tiempo de digestión se reduce considerablemente, hay mejora en la calidad pues se eliminan las fermentaciones indeseables, permite elaborar un programa más confiable de producción y se reduce la capacidad y el costo de los tanques

de fermentación. Se reporta su uso en países como Brasil y otros Centroamericanos y se está experimentando en México (84).

**Métodos Químicos.-** Implica la utilización de álcalis como son hidróxido de sodio, potasio o calcio, que neutralizan los grupos carboxílicos de las cadenas de ácidos con formación de sales solubles, acompañados de hidrólisis y despolimerización. También se utilizan ácidos diluidos que causan el mismo efecto. Generalmente estas reacciones son mucho más rápidas que las enzimáticas.

Su uso no está muy generalizado. No se reporta gran diferencia entre los cafés tratados con este método y el tradicional (85, 90).

**Métodos Mecánicos.-** Básicamente se centra al uso de un aparato despulpador-desmucilagador conocido como Raeng que apareció hace 60 años. Este aparato, compuesto por una larga envoltura cilíndrica perforada recorrida por una corriente de agua a presión en la cual gira rápidamente un cilindro acanalado, efectúa simultáneamente el despulpado, la desmucilaginación y el lavado. Los frutos arrastrados por el agua son comprimidos entre el cilindro y su envoltura, mientras que la pulpa desmenuzada y las materias mucilaginosas son arrastradas hacia el exterior. El empleo de este aparato requiere el tratar lotes de frutos maduros, de grosor homogéneo y disponer de una cantidad de agua con presión suficiente. Puede utilizarse para procesar el café

robusta que tiene poco mucílago o como equipo de emergencia para eventuales problemas de excesos de producción. Se reporta que el IMECAFE posee 2 de estas máquinas que opera esporádicamente (90).

**Métodos Químico-Mecánicos.**- Utilizan la combinación de un método mecánico junto con uno químico. La fase mecánica ejerce una función de agitación y la fase química consiste básicamente de la adición de un álcali como hidróxido de calcio. Existen aparatos con este principio como el llamado Cafepro diseñado en Costa Rica o el Gilsago. Su uso es muy poco frecuente (90).

Existe otro método que consiste en introducir el café en agua caliente de manera que la mezcla queda a unos 50°C. El café debe permanecer ahí unos 3 min. El agua a esta temperatura es capaz de romper el mucílago del café. El método resulta costoso por la inversión en combustible y maquinaria que debe utilizarse para elevar la temperatura del agua. No se le utiliza comunmente (84).

A pesar de existir otros métodos que quizá aceleran el proceso de desmucilagínación, los mejores cafés del mundo siguen siendo tratados con el sistema de la fermentación natural que es el de uso mas generalizado en nuestro país (90).

#### 2.4.1.5 Lavado del café.

Con el lavado pretendemos detener la fermentación y

separar de los granos de café los productos originados durante esta fase que son el mucílago y la flora microbiana. Debe tenerse cuidado de eliminar al máximo la materia orgánica que rodea al grano ya que si no se hace adecuadamente, la fermentación continúa, pudiendo generar sustancias indeseables.

El proceso de lavado puede hacerse manualmente o mecánicamente.

El lavado manual puede realizarse en los mismos tanques de fermentación o en tanques de lavado colocados a la salida de éstos. Se le dan varias pasadas de agua a los granos con el fin de lavarlos llenando el tanque a una altura que sea cómoda para el operador, que realizará el trabajo manualmente. Se requieren de 25 a 30 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de café verde. El lavado también puede realizarse en los canales de correteo o flotación utilizando unas paletas de madera que se hacen chocar contra los granos en oposición al sentido en que fluyen. En esta última operación se puede llevar a cabo una clasificación del café pergamino, utilizando tamices o coladeras a lo largo de dichos canales (91, 90).

El lavado mecánico utiliza máquinas lavadoras cuyo principio es el de friccionar, en presencia de agua abundante, los granos de café para quitarles el mucílago que los cubre. Las hay del tipo vertical y horizontal. Las

primeras son de uso intermitente mientras que las de tipo horizontal prestan servicio continuo. Ambas utilizan sistemas de cilindros en cuyo interior giran unas cuchillas que provocan la fricción del café contra las paredes.

Existen otros sistemas con funcionamientos basados en el mismo principio: inyectores hidráulicos, que utilizan un chorro de agua a presión, las lavadoras de gusano que combinan el movimiento mecánico y la presión de un chorro de agua, y la bomba centrífuga modificada en donde la hélice de la bomba se sustituye por un tambor en cuyo perímetro se colocan aspas con ángulos redondeados de la longitud del mismo y de 2.5 cm de altura aproximadamente. Este último aparato se construye actualmente en México y su uso tiende a generalizarse (90).

#### 2.4.1.6 Ecurrido y Presecado.

El escurrido tiene como fin el disminuir el contenido de humedad del café recién lavado, de 60 % a 53%. Esto se realiza colocándolo en tolvas de forma cónica o haciendo montones de café en la parte mas baja del asoleadero para que el agua no invada las zonas donde se extenderá el café para su asoleo posterior (91).

En seguida, se somete el café a su oreado o presecado al sol extendiéndolo en los patios. Esto se hará por unas 4 hs diarias durante 2 días (según las condiciones climáticas) hasta que el grano alcance un contenido de humedad de 45%.

El oreado o presecado puede hacerse en máquinas oreadoras que trabajan a 60 o 70 °C utilizando aire caliente. El café deberá permanecer en ellos unas 3 o 4 horas (35).

#### 2.4.1.7 Secado.

El secado es una operación delicada en el procesamiento del café, ya que un error en esta fase tendrá efectos negativos en la calidad, apariencia y características de la bebida preparada con el grano a tratar (91).

Este procedimiento tiene como finalidad, abatir el porcentaje de humedad, que originalmente se encuentra entre 45 y 60% después del lavado, a un 11 o 12% que es el "punto de trilla o morteadado".

El secado puede realizarse en forma natural o artificial. El natural puede hacerse al sol en patios o asoleaderos, o a la sombra utilizando un sistema de charolas horizontales colocadas bajo techo (30).

Estos métodos fueron muy populares 20 años atrás. Actualmente, por la facilidad de contar con energía eléctrica, mejores comunicaciones, combustibles de costo accesible, así como maquinaria a precios cómodos, se utiliza en forma generalizada el secado artificial que emplea como medio secante aire caliente. Con estos sistemas se reduce el tiempo de secado, y se elimina la dependencia del clima que permita realizar el secado natural. Hoy en día, los patios de los beneficios industriales han quedado reducidos a las

funciones de escurrido y creado de los cafés pergaminos antes de entrar a las máquinas de secado. Quizá en aquellas instalaciones rurales que por el bajo volumen de café que manejan no se justifica el empleo de esta tecnología, sigan haciendo uso del secado natural.

El secado natural puede emplear desde 6 hasta 16 días para secar una partida de café. Esto va a depender de la temperatura ambiente, humedad relativa, espesor de las capas de café y los materiales con que se construyó el patio. El grano tratado con este método pasa de un color gris perla hasta un color verde pálido y es de textura dura (30).

En el procedimiento de secado artificial, en México se utilizan principalmente máquinas tipo Guardiola que se componen de un ventilador, un generador de calor y un tambor cilíndrico horizontal giratorio en donde se introduce el café húmedo. El aire introducido a un promedio de 60 a 70°C y la rotación del tambor, son los responsables del secado del café. El tiempo empleado varía de 20 a 24 hs dependiendo de la instalación. Deberá evitarse que la temperatura del aire exceda los 70°C ya que el grano comenzaría la fase de torrefacción o tueste, lo que va a alterar tanto el sabor como la apariencia física del producto, haciéndolo perder calidad y precio en el mercado. Existen otros sistemas de secado artificial que operan bajo el mismo principio (30, 90).

Para tener una idea del ahorro logrado con el uso de maquinaria de secado artificial, podemos decir que un quintal

(100 lb) de café secado mecánicamente, equivale al grano secado en 40 m<sup>2</sup> de patio. Tres horas en la secadora son equivalentes a tener el café un día en el patio aproximadamente (90).

En México, en los últimos años, algunos de los grandes beneficios operan una oreadora vertical por cuatro secadores guardiola. De este modo, 6 horas de oreado y 18 de secado bastan para procesar una partida de café.

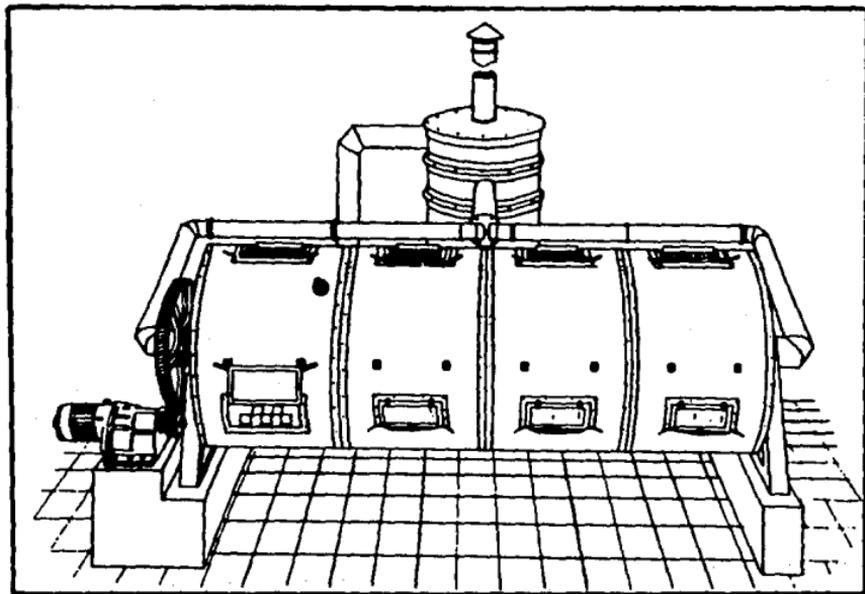


Fig. 2.6 Secador Tipo Guardiola (de 91).

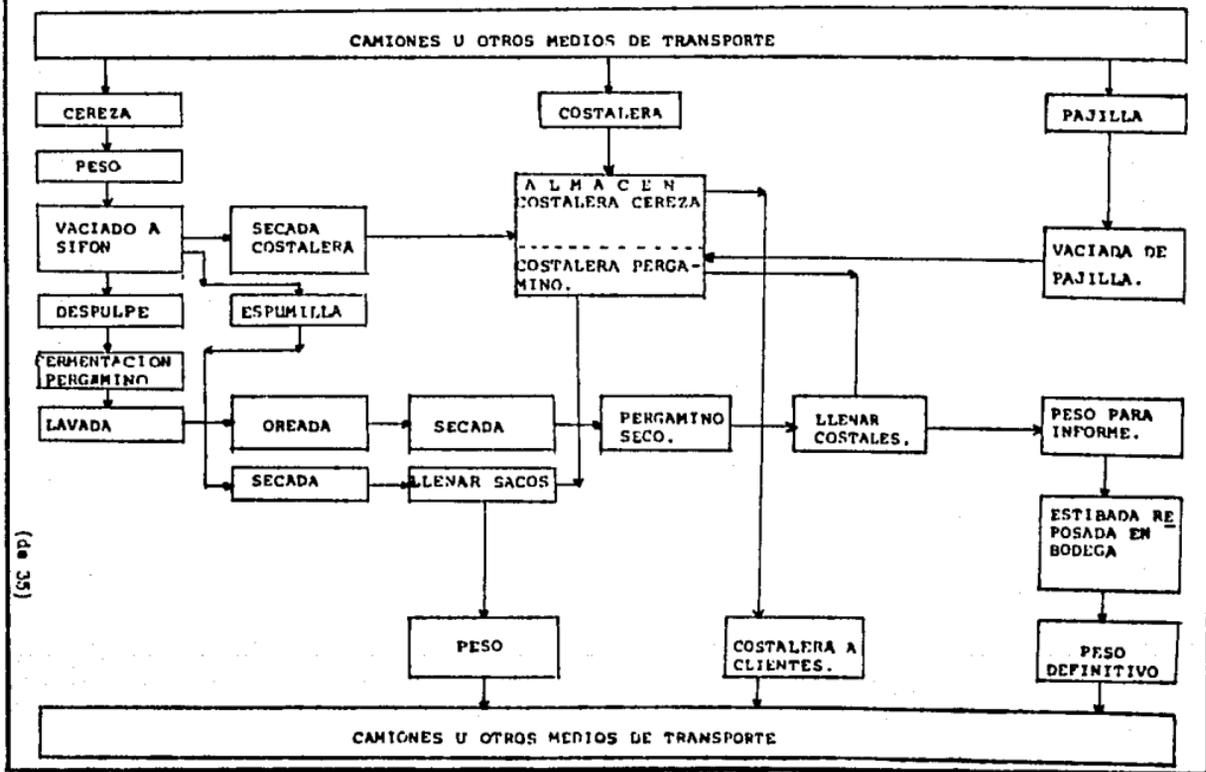
Una vez llegado el café a su punto de secado, se deposita en una tolva o en el piso, cubriéndolo con lonas o costales para que se uniforme el contenido de humedad. Si las circunstancias lo permiten, debe permanecer así por más de 5

días, si ésto no es posible, se procede a encostalar, pesar y estibar en la bodega, donde también tenderá a homogenizarse la humedad que deberá ser de 9 a un 11% (35).

El café pergamino, que es el nombre que se le dá al café en este punto, se puede almacenar hasta 6 meses sin ningún riesgo en climas secos, y hasta 2 meses en climas húmedos, hablando en términos generales. Sin embargo, puede conservarse hasta 10 meses si se tienen adecuadas condiciones de almacenamiento (65).

Con el secado del café pergamino, terminan las acciones relativas al beneficiado del café por la vía húmeda, para proceder al tratamiento del beneficiado seco con el fin de obtener el café verde u oro que es la forma como se comercializa el grano internacionalmente.

BENEFICIADO DEL CAFE  
FASE HUMEDA



63

(SC 0 P)

#### 2.4.2 Vía Seca.

La vía seca pretende llegar a obtener el café pergamino tal como el que se obtuvo por la vía húmeda, pero su tecnología no incluye el uso del agua. Este procedimiento se realiza generalmente en regiones con escasez de agua y muchas veces que disponen de muy bajos recursos económicos. Los cafés obtenidos bajo este proceso se llaman cafés no lavados, naturales, corrientes, fuertes o tipo brasileño ya que en Brasil la mayoría del café es tratado de esta manera (90).

En general, este proceso es mucho más simple que el de la vía húmeda y así también es la tecnología e infraestructura que se requiere para llevarlo a cabo. El beneficiado por la vía seca se utiliza ampliamente para el procesamiento del café robusta y aproximadamente un 90% de los arábica brasileños (91, 14).

En México, solo un 15% de la producción anual se procesa con este método, sobre todo, en regiones donde escasea la lluvia y las floraciones son exiguas. Se utiliza frecuentemente en los estados de Michoacán, parte de Hidalgo, San Luis Potosí, norte de Oaxaca y en el Istmo de Tehuantepec (90).

En la vía seca, se parte de la cereza madura que puede ir mezclada con frutos verdes y sobremadurados, en una proporción que no pase del 20%, ya que durante la cosecha, no se hacen tantas pasadas como en la recolección del café a tratar por la vía húmeda y debe aprovecharse la mano de obra

al máximo; evidentemente ésto va en detrimento de la bebida que se prepare con este grano. Sin embargo, se recomienda hacer una clasificación de la cereza como en la vía húmeda, ya sea manualmente o mediante flotación en agua (91).

Durante el beneficiado por esta vía, los frutos son secados inmediatamente después de la cosecha. De este modo, la pulpa, el mucílago y el pergamino, forman una envoltura unida, la cual se destruye en una sola operación. Se requiere de un tiempo considerablemente largo de secado, ya que el contenido de humedad debe disminuir de entre un 60 a 75% hasta un 12 a 14%.

Esta operación requiere de estrictos cuidados ya que si se producen fermentaciones anaerobias por exceso del grosor de la capa del café a secar, la calidad del grano decrece y se produce un sabor característico conocido como sabor de Río (en referencia a Río de Janeiro) (30).

Los pasos para llevar a cabo este procedimiento se detallan a continuación.

#### 2.4.2.1 Desmielado.

Esta operación pretende iniciar la disminución del contenido de agua de los frutos de café. Para lograr el desmielado de la cereza, se amontona en camas de 10 a 20 cm de espesor en patios de cemento o ladrillo. La operación dura de 2 a 3 días, tiempo suficiente para que la cereza elimine agua y azúcares. Debe evitarse que los frutos entren en

contacto con tierra, estiércol u otra fuente de contaminación que pueda generar el desarrollo de sabores indeseables (30).

#### 2.4.2.2 Secado.

Una vez desmielado el café, se extiende la cereza en los patios en capas delgadas de hasta 10 cm. Se debe pasar un rastrillo de madera sobre ellas para mover suave y periódicamente la masa y facilitar su deshidratación así como, evitar la generación de fermentaciones. Diariamente por la tarde, la cereza se junta en montones y se tapa con lonas o petates para ayudar a uniformar el secado. Conforme avanza el tiempo, el grosor de las capas se va reduciendo hasta llegar a 5 cm.

Normalmente, a los diez días de iniciado el proceso de secado, las cerezas tienen el aspecto de pasas secas de color café oscuro o negro. El contenido de humedad del grano en este punto es de un 20% (90).

Conforme continua el secado, el contenido de humedad del grano sigue descendiendo hasta llegar a un 12 o 14% después de 15 días, en que las coberturas de la cereza pueden romperse fácilmente por la presión de los dedos, esto se conoce como "punto de Morteado". En este momento el café recibe el nombre de café capulín (30).

Se reportan requerimientos de patio de 6 m<sup>2</sup> por 245 k de café cereza. Otra fuente calcula el uso de 1 m<sup>2</sup> por 20 k de café cereza.

En grandes plantaciones, es frecuente el uso de métodos de secado artificial que utilizan máquinas similares a las usadas en el secado por la vía húmeda. Lo más frecuente es que se manejen secadoras de tipo vertical, lo que acorta el proceso hasta alrededor de 3 días partiendo de un humedad del 65 al 70%. Utilizando maquinas secadoras del tipo vertical de cascada, el proceso dura alrededor de 18 hs (14, 90).

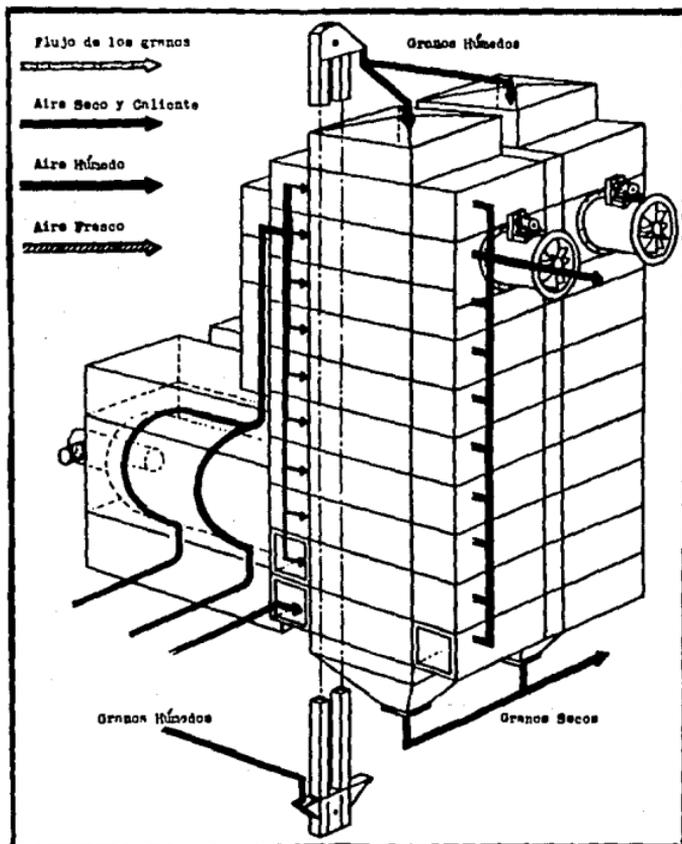


Fig. 2.7 Secador Vertical (de 71).

#### 2.4.2.3 Morteado.

Una vez secos, los frutos son golpeados para retirar la envoltura que los rodea, utilizando para ello desde procedimientos de morteado a mano hasta las retrillas o despergaminadoras. Estas lanzan el café contra unas laminillas provocando la eliminación de las coberturas por efecto del choque, para así obtener el café pergamino.

La pajilla o cascarilla del grano puede usarse como combustible en hornos o calderas. La operación de morteado o trillado del café capulín seco, puede hacerse también durante el beneficio seco junto con el café pergamino procedente de la vía húmeda con el fin de obtener, de ambos productos, el café verde u oro en una sola operación (30).

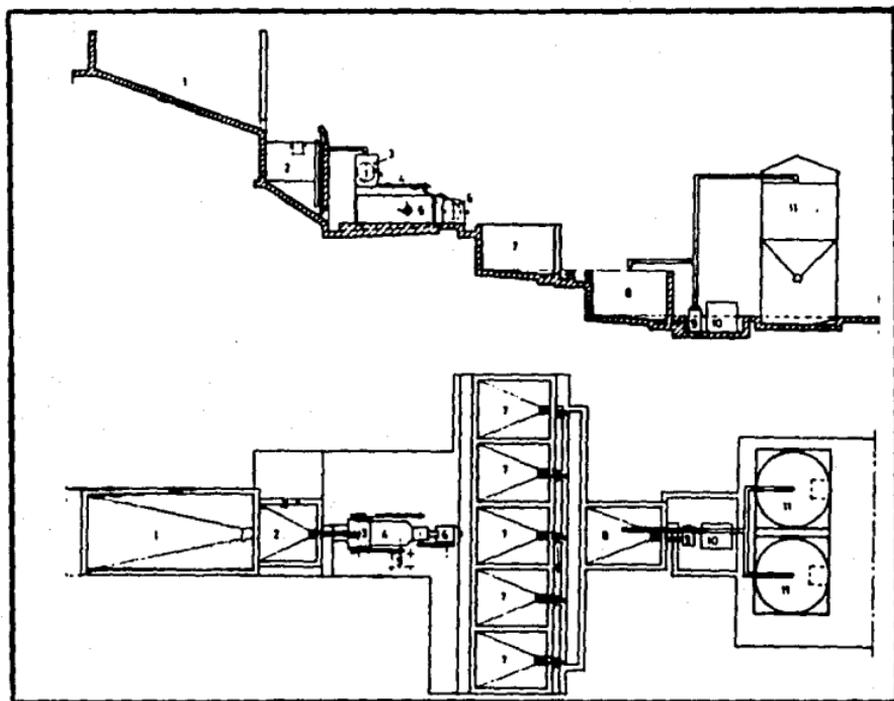


Fig. 2.8 Diagrama General de un Beneficio Húmedo. (de 91)

1. Tanques de Recepción, 2. Sifón, 3. Despulpadoras, 4. Malla Separadora, 5. y 10. Máquinas de Calentamiento, 6. Repasadora, 7. Tanques de Fermentación, 8. Tanque de Lavado, 9. Bomba, 11. Tolva de Drenado.

## 2.5 Proceso del Beneficiado Seco.

Todas las operaciones que se realizan en este proceso tienen como fin transformar el café pergamino o el café capulín (según la vía utilizada para su obtención), en café verde o café oro, que es la forma de comercializarse este producto. De esta manera queda listo para su torrefacción y posterior consumo.

Los beneficios secos se encuentran ubicados cerca de las plantaciones y no dentro de ellas (generalmente). Muchas veces un solo beneficio seco atiende a varios beneficios húmedos a la vez. Las fases de esta operación se detallan a continuación.

### 2.5.1 Recepción y Pesado.

Tanto el café capulín como el pergamino que se recibe, es inmediatamente pesado. Enseguida, será muestreado para determinarle el contenido de humedad y de impurezas, que en el café procedente de la vía seca suelen ser muy abundantes. Se elabora un registro para su control, por lotes de café pergamino y de café capulín, ya que cada uno seguirá su propio camino debido a la diferencia de calidad de café que producen. Nunca serán mezclados.

Después de recibido, el café pergamino es almacenado en silos o tolvas con el fin de igualar el contenido de humedad que suele ser muy irregular, para que llegue a un 11 a 13 %.

así también, el color deberá presentar una tonalidad verde aceituna claro (punto de trilla). A esta fase del proceso se le llama maduración del café pergamino (90).

#### 2.5.2 Limpieza del Grano.

Se efectúa con el fin de asegurar un adecuado funcionamiento de las máquinas molidoras y evitar que sean dañadas por objetos extraños como: clavos, tuercas, metales, ramas, hojas, hilos, cáscaras, etc., que son separados por medio de cribas limpiadoras o zarandas en movimiento de vaiven o giratorio. Los objetos metálicos se extraen mediante una rejilla electroimantada (90, 31).

#### 2.5.3 Morteado y Pulido.

En esta operación, el grano será despojado de los caparazones o cascarillas que lo envuelven. La eficiencia del morteado o trilla del café depende en gran medida de la homogeneidad lograda en el secado de los granos (31, 90).

Los sistemas de morteado pueden clasificarse por su forma de operación en: morteado por fricción y morteado por desgarramiento. Existen ligeras diferencias entre los equipos de morteado del café capulín y los del café pergamino sin ser éstas demasiado importantes (31).

El principio general del funcionamiento de una molidora consiste en un tornillo que gira horizontalmente

dentro de una camisa cuya espiral va siendo mas cerrada conforme se llega a las zona de descarga, lo que provoca que el café pergamino o capulín sea friccionado conforme se mueve a lo largo del tornillo ocasionando que se desprendan sus coberturas, mismas que son retiradas por medio de succionadores o de corrientes de aire en el momento en que sale el grano de la máquina (91).

La máquina morteadora debe ajustarse para evitar que la fricción eleve la temperatura del grano y éste sea dañado. La pajilla o cascarilla que se quita a los granos es generalmente usada como combustible para hornos o calderas. Muchas de estas máquinas pulen el grano también, homogenizando el color y mejorando el aspecto general del producto.

Una vez molido, el café obtenido recibe el nombre de café oro o café verde.

#### 2.5.4 Clasificación.

Debido a las exigencias del mercado de café, éste debe presentar uniformidad en sus características, en base a las cuales se fijará su precio. La clasificación se realiza con base en la forma, tamaño, peso y color (31).

#### 2.5.4.1 Por Forma y Tamaño.

Se realiza mediante unas máquinas llamadas clasificadoras que separan el grano con base en el grosor, ancho y largo del grano.

En México, esta clasificación se hace separando los granos de forma plano-convexa llamados planchuela en 3 categorías, que toman en cuenta grosor, ancho y largo. Por otro lado, separa los granos denominados caracol en 2 categorías tomando en cuenta solo ancho y diámetro. Se obtienen, por otro lado, los granos quebrados y los llamados elefantes de gran tamaño y finalmente, los granos de café capulín y la basura (90).

Las máquinas clasificadoras son de cilindro y de movimiento recíproco o de vaiven (tipo zarandas). Estos presentan perforaciones de dimensiones y forma exactas que retienen o dejan pasar el grano según sus características de forma y tamaño. Se utilizan sistemas sucesivos que comienzan clasificando los granos más pequeños (granos quebrados y caracoles) para finalizar con los más grandes (elefantes) (31, 90, 35).

La clasificación general del café en México es la siguiente:

- Granos plano-convexos: Planchuela de Primera
- Planchuela de Segunda
- Planchuela de Tercera

- Granos Caracol:.....Caracol de Primera  
Caracol de Segunda
- Granos Quebrados
- Granos Elefantes
- Granos Capulín
- Basura

El café planchuela y el caracol se siguen procesando hasta darles el grado de calidad de exportación. El capulín se mortea y lo que resulta se mezcla con los granos que durante la selección no dieron calidad exportable, considerando a este café como de consumo nacional. Generalmente se llama a este producto "mancha de máquina".

La clasificación en primera, segunda o tercera marcadas por la diferencia en el grosor, ancho y largo de los granos son resultado del paso de éstos a través de zarandas con perforaciones longitudinales o alargadas y perforaciones redondas o circulares de medidas específicas para cada categoría. Generalmente el grano de primera corresponde al de mayor tamaño (35).

#### 2.5.4.2 Por Peso.

Se realiza en máquinas llamadas catadoras cuyo principio es la utilización de una corriente de aire que circula en dirección contraria a la caída de los granos. Las semillas de diferentes densidades penetran dentro de una corriente ascensional, los más pesados caen al fondo y los de menor

peso son elevados tanto como sea su peso relativo a la fuerza del ventilador. Las catadoras separan el grano en 2 categorías: de primera y de segunda, así como también, granos defectuosos, basura, etc.. Estos últimos se juntan con la mancha obtenida durante la clasificación anterior (35, 90, 31).

La ubicación de las catadoras dentro del beneficio es variable según sea su número y la función específica que se les destine.

Dentro de la clasificación por peso existe una segunda fase que tomará en cuenta ahora la densidad de los granos. A esta segunda clasificación se somete el café clasificado anteriormente como de primera. Esto se realiza en máquinas llamadas densimétricas. La selección se hace de acuerdo a las diferencias en la densidad, que puede no coincidir con el tamaño de los granos, para obtener nuevamente un café de primera y otro de segunda. Estas máquinas operan mediante el uso de zarandas e inyección de aire. Esta clasificación es mucho más precisa que la realizada por las catadoras (31, 35, 91).

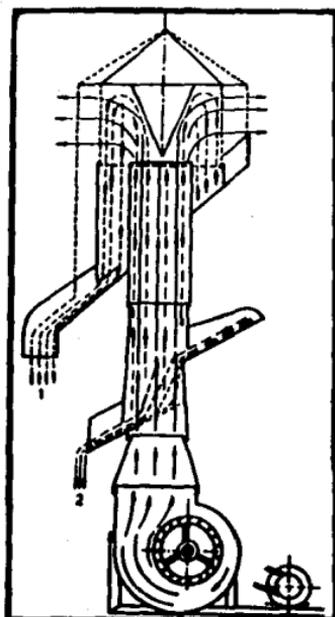


Fig. 2.9 Máquina Clasificadora Neumática (de 91).

#### 2.5.4.3 Por Color. (Desmanche)

Esta operación generalmente se realiza en el café de primera obtenido en la máquina densimétrica, pero si es necesario hacerlo para las otras categorías, también se realiza. Pretende separar el grano manchado que es resultado de un mal procesamiento previo (beneficiado, secado, etc), y se convierte en un producto indeseable. También se detectan de esta manera granos descoloridos y rotos.

Se utilizan máquinas que funcionan por gravedad, vibración o presión neumática o mediante sistemas que utilizan una celda fotoeléctrica. Se separa el grano de color

blanco, negro o rojo que no corresponde al color del café sano. Los granos defectuosos obtenidos de esta clasificación, constituyen el llamado "café desmanche" que se destina al mercado nacional (31, 91, 90).

#### 2.5.5 Pulido.

Esta es una operación optativa supeditada a las exigencias de los compradores.

Con el pulido se pretende mejorar el aspecto del grano y sobre todo, dar homogeneidad al color.

Las máquinas que lo realizan consisten en un tambor rotatorio dentro del cual se coloca el café. Al girar el aparato, los granos rozan unos con otros lográndose así el pulido. En ocasiones, las semillas se mezclan con ceras en muy baja proporción con el fin de obtener un producto más fino. Esta operación puede realizarse antes del desmanche (90, 31).

#### 2.5.6 Pesado y Envasado.

El café oro o verde obtenido de los procedimientos anteriores, se pesa y envasa en sacos de 70 k, que son de 69 k netos, equivalentes a 1.5 quintales aproximadamente, para ser enviados a los centros de consumo (31, 90, 35).

Para envasar el café, se utilizan sacos de henequén o yute debidamente marcados y sellados. Posteriormente, se

elaboran lotes de 500 sacos, que es el volumen mínimo de exportación (generalmente). Lo mismo se hace al café de consumo nacional pero sin formar lotes ya que su venta se hace sobre cantidad solicitada (35).

#### 2.5.7 Almacenado.

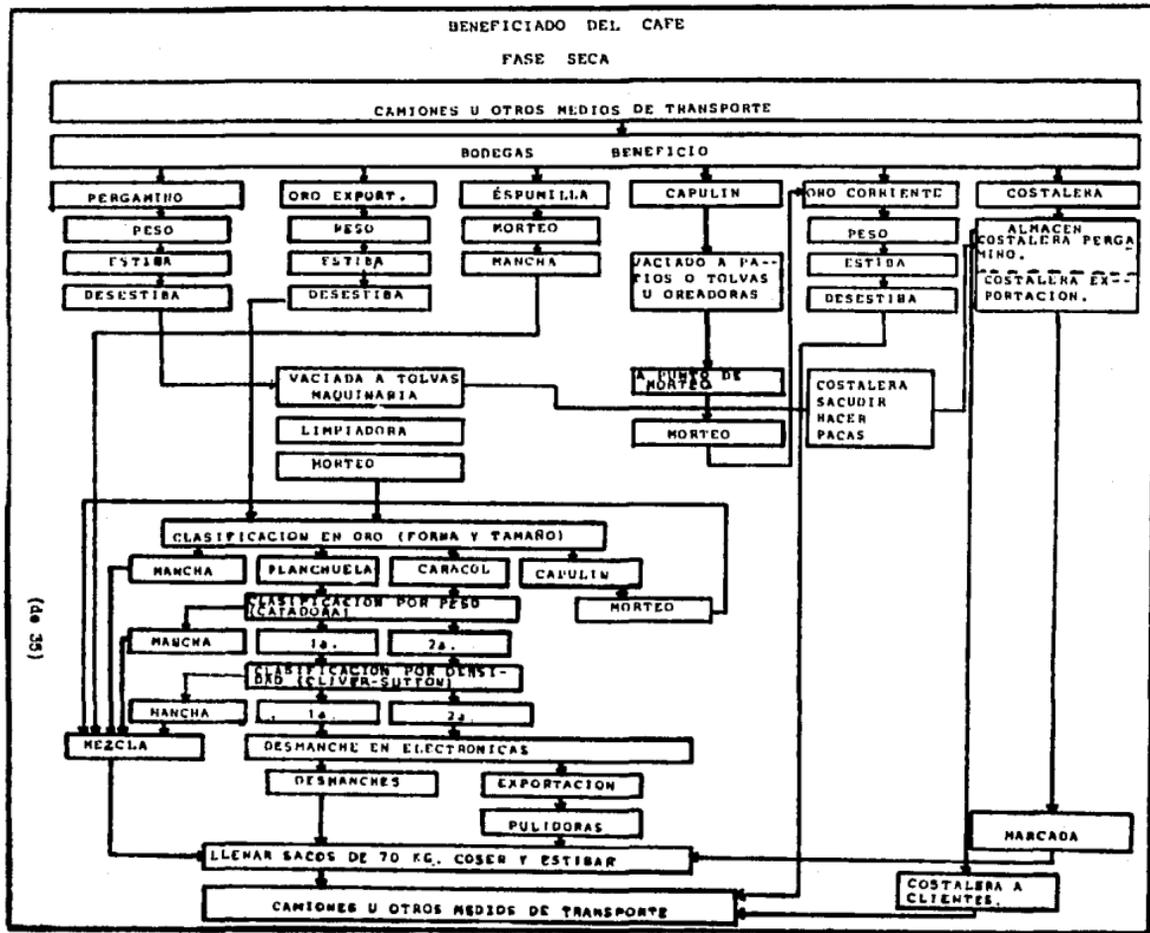
Los sacos de café se acomodarán en bodegas o almacenes unos sobre otros en forma alternada o cruzada para que se "amarren" debidamente. Se deberán colocar sobre tarimas de rejillas evitando el contacto directo con el piso, paredes y techo. Se sugiere que la altura de la tarima sea de 30 cm de alto y que no exceda de 20 a 25 sacos. Se estima que 30 sacos de café ocupan un volumen de 1 m<sup>2</sup> (90).

El almacén o bodega deberá contar con los requisitos mínimos de seguridad e higiene para asegurar el producto que va a contener. Se sugiere que la temperatura no exceda de los 25°C puesto que provocaría decoloraciones en el grano, entre otros daños. La humedad relativa deberá ser menor de 75% puesto que arriba de este punto se han detectado hongos como Aspergillus niger, A. ochraceus, y Rhizopus sp.. A niveles de humedad relativa del 85% se favorece el crecimiento de bacterias y levaduras.

Los insectos más comunes encontrados en el café almacenado son: Aracerus fasciculatis (el más peligroso), Lasioderma serricornis, Tribolium castaneum y Carpophilus sp. (91).

BENEFICIADO DEL CAFE

FASE SECA



79

(de 35)

ESTE TEXTO NO DEBE  
 SER USADO SIN LA APROBACION  
 DE LA COMISION

2.6 Rendimientos del Café en el Beneficio. Productos y Sub productos.

R. Coste (22) reporta lo siguientes:

Café canéphora (robusta).-

100 k de frutos maduros dan aproximadamente:

a) Vía Húmeda.....74 k de café despulpado

52 k de café lavado

49 k de café escurrido

44 k de café presecado

26 k de café pergamino

22 k de café comercial

b) Vía Seca.....40-45 k de frutos secos

22 k de café comercial.

Subproductos.....56-60 k de pulpa húmeda

12-25 k de pulpa seca

3-5 k de pergamino

20 k de cáscaras

Café arábica.-

100 k de frutos maduros dan aproximadamente:

39 k de pulpa fresca

22 k de mucílago

39 k de café pergamino húmedo

100 k de café pergamino húmedo dan en general:

79 k de café pergamino seco

54 k de café comercial seco

dando un rendimiento final de café comercial del 12.8 al 18%.

Villaseñor L. (90) reporta que:

-De 70 a 80 k de café cereza se obtienen 46 k de café oro natural.

-234 k de cereza dan 45.4 k de café oro de exportación, y 9.5 k de café no exportable.

-En Costa Rica se utilizan 230 k de cereza para obtener 45.4 k de café oro.

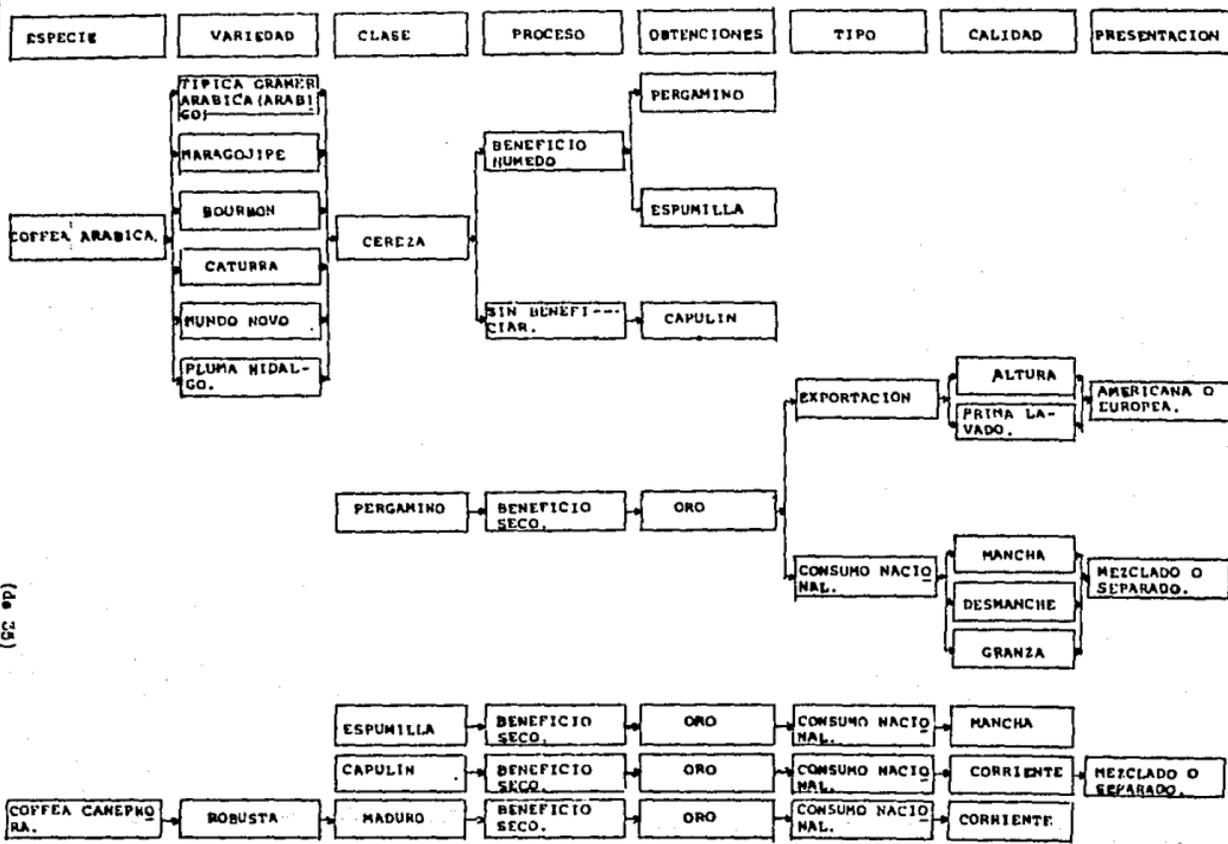
-R. Coste utiliza 183 k de cereza para obtener 45.4 k de café oro.

-Brasil utiliza 230 k de cereza para obtener 46 k de café oro.

(45.5 k = 1 quintal = 100 libras)

En México se acepta en forma general el empleo de 245 k de café cereza para obtener 45.4 k de café oro con 10 % de mancha (90).

EL CAFE SU INDUSTRIALIZACION Y CLASIFICACION



38

(de 35)

### **CAPITULO III**

**Tratamientos Post-Beneficiado del Café. Tostado y Molido.**

### 3.1 Determinación de la Calidad del Café Verde.

Una vez obtenido el café verde, producto del proceso de beneficiado del café cereza, se procede a su comercialización. Para poder definir su precio, categoría y el destino que se le dará, es indispensable que cumpla con ciertos requisitos de calidad que varían con las necesidades y gustos del mercado consumidor.

Según lo convenido entre comprador y vendedor, en México, una inspección de calidad incluye todos o una parte de las siguientes determinaciones: a) Un análisis de las cualidades físicas del grano que deberán corresponder a la especie y variedad de que se trate, así como, indicarán si los procesos de cultivo, cosecha y beneficio han sido adecuados; b) Detección de defectos en el grano; c) Comportamiento del grano durante el tostado; d) Evaluación de las cualidades y defectos del café-bebida (infusión), y e) Evaluación del contenido de materias extrañas en el lote como son ramas, piedras, tierra, metales, etc.

Adicionalmente, en ciertos lugares, la inspección de calidad de la muestra de café incluye ciertos análisis fisicoquímicos cuando se cuenta con el equipo necesario para realizarlos.

### 3.1.1 Características Físicas del Grano.

Comercialmente, en México, se toman en cuenta la forma, el tamaño, el color y la uniformidad del grano.

#### a) La forma.-

Se considera la forma del grano plano convexa o chata como la normal en el mercado. Es por eso que los caracoles, triángulos o granos elefantes se consideran como defectuosos, aunque si están sanos producen una bebida normal. Entre los granos de forma normal pueden distinguirse granos cortos y largos, según la variedad de café de que se trate.

#### b) El tamaño.-

Esta característica varía notablemente según la variedad, localización de la finca, manejo del cafetal y la precipitación pluvial en el ciclo dado. El tamaño de los granos de café se verifica en zarandas con medidas dadas en sesentaicuavros de pulgada con perforaciones redondas y alargadas. En el primer caso se determina el ancho del grano y en el segundo el espesor.

#### c) El color.-

El color del grano dependerá de la región y altura donde se produce principalmente, y puede ser alterado debido al sistema de beneficio al que fué sometido. Los cafés lavados de altura tienden a producir granos de color verde azulado mientras que los de mediana o baja altura, presentan tonalidades alrededor del color verde claro. Durante el beneficio, el color del grano puede ser alterado

especialmente durante el secado, sobre todo cuando se hizo por medios mecánicos. Una sobrefermentación del grano, así como una fermentación deficiente también provocan defectos en el color del grano, ya sea porque éste muestre el embrión abierto o sobre la superficie queden aún restos de la película plateada adherida. En cierto tipo de cafés no lavados, ésto no constituye un defecto.

d) Uniformidad del grano.-

Aquí se aprecian en conjunto las cualidades ya descritas que a primera vista muestran una buena o mala preparación. Una observación mas detenida sacará a relucir los defectos individuales, es decir, los granos dañados por la despulpadora o por ataques de microorganismos e insectos, etc. (54, 21, 90).

### 3.1.2 Defectos del Grano y su Origen.

Los principales defectos que encontramos en los granos de café verde son los siguientes:

a) Granos Negros.

Estos granos tienen un color entre pardo y negro con un tamaño inferior al normal. Presentan la cara plana hundida y la hendidura muy abierta. Proviene de frutos no desarrollados debido al ataque de enfermedades fungosas. También se presentan granos negros producto de deficiencias nutricionales pero que son de mayor tamaño y densidad.

b) Granos Sobrefermentados.

Son de coloración pálida y de apariencia cerosa con la hendidura totalmente libre de tegumentos y el embrión o germen reventado, si el daño es total. Al partirlos, generalmente desprenden el característico olor a sobrefermentado. Estos fenómenos pueden ocurrir por sobrecalentado del grano, que es de coloración grisácea, o por frutos caídos al suelo y cosechados después de algunos días (muy común en los cafés naturales).

c) Granos Partidos.

Tienen una abertura en sentido longitudinal en uno o en ambos extremos como efecto de la trilla del grano húmedo.

d) Granos Mordidos.

Se presentan como roturas o alteraciones, generalmente oscuras, producidas por acciones mecánicas sobre el grano, principalmente ocurridas durante el despulpado.

e) Granos Picados.

Presentan alteraciones en sus tejidos por el ataque de hongos o de insectos principalmente.

f) Granos Verdes.

Son granos decolorados con forma de media luna y la cara plana hundida con menor tamaño al normal. Tienen la película plateada fuertemente adherida, a veces verdosa, y la hendidura marcadamente abierta. Son granos con falta de desarrollo.

g) Granos Blanqueados o Descoloridos.

Esta decoloración puede ser uniforme o dispareja. Generalmente ocurre por efecto de la humedad ambiente cuando el almacenaje es defectuoso, o porque el grano fue sobrecalentado.

h) Granos con Película Rojiza.

Son granos cosechados a destiempo o a los que se retardo su despulpado y que sufrieron una sobrefermentación que causó una fuerte adhesión de la película, que toma un color dorado o pardo rojizo. No constituye un defecto en los cafés naturales.

i) Otros.

Existen otros defectos comunes en los granos, de orígenes diversos como son: granos deformes, granos pequeños, granos capulín, granos brocados (por la broca del café Stephanoderes hampei) y granos quebrados. El orden de importancia de estos defectos es relativo y dependerán de las exigencias de los compradores (54, 21, 90).

### 3.1.3 Características del Tueste.

Esta prueba da al catador o analista, mayores elementos de juicio para calificar la muestra.

En términos generales, el café de zonas bajas se tuesta más rápidamente que el de altura, como resultado de la mayor densidad y de la naturaleza de sus componentes. La intensidad del color desarrollado en la muestra tostada es un indicio de

su procedencia. El aspecto de la superficie del grano aparecerá más o menos corrugada y oscura según la altura de la plantación de donde provenga, esta característica, unida al aspecto de la hendidura, color de la película y amplitud de la abertura, conduce a definir lo que se llama "carácter".

Los cafés cultivados a baja altura, abren mas la hendidura que los finos o de altura. Los granos muy livianos y anormales procedentes de frutos verdes o enfermos, dan tuestes muy claros y abiertos con sabor a cacahuete.

El tueste de una muestra puede ser: brillante, ordinario u opaco con clasificaciones intermedias. El contenido de materia grasa es mayor en los cafés de altura lo que al momento del tueste, les da una apariencia mas brillante.

La película de la hendidura puede mostrarse, en los cafés lavados, muy blanca, normal o ligeramente amarillenta; en los naturales se presenta de color pardo o sucio.

El tueste se califica de excelente, bueno, regular o malo (54, 21, 90).

#### 3.1.4 Cualidades de la Bebida.

Son evaluadas por el catador o analista al oler y sorber la infusion. Esta fase de la calificación requiere de una gran habilidad y experiencia del personal. Se evalúan principalmente las siguientes características:

a) Aroma.

El aroma varía según la altura de donde procede el café. El

café de zonas bajas tiene un aroma suave y apagado, mientras que el del café de altura es fragante y penetrante. En el aroma se harán patentes los defectos que pudieron haber ocurrido durante el beneficiado o el almacenamiento.

b) Cuerpo.

Esta relacionado con la naturaleza de los sólidos solubles de la infusión. El catador lo percibe en el paladar con una mayor o menor concentración y se habla de un cuerpo "delgado o flojo" o "completo o lleno".

c) Acidez.

A mayor altura de la cosecha del café, mayor será su acidez. Esta se modifica por el grado de madurez del fruto, por el tiempo transcurrido entre la cosecha y el despulpado y por ciertos factores climáticos. Se le califica como acidez aguda y penetrante, mediana, ligera, escasa o nula.

d) Sabor.

Es resultado de la complementación de las cualidades descritas, presentes en distintos grados e intensidades. El sabor puede ser alterado por la presencia de frutos verdes, inmaduros o sobremadurados o que secaron estando aún en el árbol. Los problemas en el beneficio, la fermentación o el secado, producirán olores y sabores anormales. Entre los sabores objetables mas comunes están: el mohoso, el terroso y el sobrefermentado en sus distintas formas que son: sabor a truta, a cebolla, agrio y el típico. Existe también el sabor a Río del que ya se había hablado anteriormente. Además, existen gustos y sabores como el áspero, amargo, sucio,

vinoso, que en diferentes intensidades pueden no constituir defectos completamente objetables.

El café bien preparado y seco adquiere olores y sabores con mucha facilidad durante su almacenamiento. Por eso es importante no guardarlo próximo a petróleo, agroquímicos, etc., que puedan generar sabores contaminantes. El sabor puede calificarse como sano, defectuoso o contaminado (54, 21, 90).

### 3.1.5. Contenido de Materias Extrañas.

Se evaluará el contenido de ramas, piedras, tierra, metales, etc., calculando el porcentaje de estas partículas en relación al peso total de la muestra. Las cifras obtenidas se comparan con un porcentaje convenido. Dichas cifras influirán notablemente en el precio final del lote de café.

### 3.1.6 Muestreo y Determinaciones Físicas y Químicas.

Para llevar a cabo la determinación de la calidad del café, se debe hacer un muestreo en donde el tamaño de la muestra represente en lo posible el lote que se quiere calificar.

De acuerdo a Villaseñor L., es práctica común que el muestreo en México se realice bajo los lineamientos marcados por la Bolsa del Café de Nueva York, que ha establecido el tamaño de la muestra de acuerdo al tamaño del lote. En lotes

de 500 sacos o menos, la muestra será de 5 libras; y en lotes de 501 sacos o más la muestra deberá ser de 10 libras. Además, se tomará una sobremuestra de 300 g donde se analizarán los defectos físicos así como el contenido de materias extrañas, determinando el número de imperfecciones de acuerdo a una tabla preestablecida (ver cuadro 110 de 90).

En relación al tamaño de muestra y el número de defectos aceptable de acuerdo a la legislación mexicana, consúltese la tabla II de la Norma Oficial Mexicana para Cafe Crudo (61), así como la Norma Oficial Mexicana NOM-Z-12 para efectos de muestreo oficial.

La International Standard Organization en su norma ISO 4072-1982, sugiere un muestreo de al menos 10% de los costales para obtener un mínimo de 3 muestras representativas de 300 g cada una. Una de ellas será colocada en un recipiente sellado y se utilizará solo en caso de mediación o arbitraje entre las partes interesadas (13).

La muestra se someterá al tostado y molido utilizando métodos convenidos y se preparará una infusión utilizando 10 g de café molido por cada taza de 150 cm<sup>3</sup> de capacidad para realizar el catado (90).

De ser posible, el café se somete a ciertas pruebas físicas y químicas como son: determinación del contenido de humedad, análisis granulométrico y determinación del peso de 1000 granos (54, 21).

Puede llevarse a cabo otro tipo de análisis si así fuera convenido entre el comprador y el vendedor.

## 3.2 Normalización del Café Verde en México.

### 3.2.1 Exportación.

En México existe una clasificación oficial para el café de exportación. Esta clasificación fue establecida por la desaparecida Union Nacional Agrícola de Cafetaleros, y aún no se ha modificado. Según Goicochea (30):

El café mexicano de exportación queda clasificado de acuerdo al artículo 10. del Reglamento para el Control del Café de la siguiente manera:

#### a) BUEN LAVADO.

"Cafés Bourbon de poca altura, así como Típica y Maragogipe que no tengan méritos especiales tanto en la taza como en su preparación, siendo el único requisito que el café sea sano y que esté bien desmanchado".

#### b) PRIMA LAVADO.

"Café Típica, Maragogipe y/o Bourbon de buena altura que tengan buena presentación y una taza agradable, tanto en lo que se refiere al aroma como al cuerpo y que no tengan más de diez defectos por libra (454 g) de acuerdo con las normas que ha establecido la Bolsa de Café y del Azúcar en Nueva York para los cafés mexicanos certificables".

#### c) ALTURA.

"Café típica o Maragogipe y/o Bourbon de altura, o cuyas características sean de altura, de muy buena presentación y de taza fina, con acidez y buen cuerpo, así como los cafés

finos (fancy) y los conocidos por estrictamente de altura".  
d) ESPECIALES.

"Todos los cafés que no se ajusten a ninguno de los tipos descritos en los incisos que anteceden, como Desmanches, Naturales, Separaciones, Dañados, etc".

"Se consideran como DEFECTUOSOS todos los cafés que presenten características indeseables y que no hayan sido marcados como ESPECIALES; e INFERIORES todos los cafés que ostenten en los sacos marcas que representen una clase superior a la que corresponde la calidad del café del lote" (30).

### 3.2.2 Consumo Interno.

Las normas en vigor para el café destinado al consumo interno fueron expedidas por la Secretaría de Industria y Comercio (hoy Secretaría de Comercio y Fomento Industrial) en 1967 a través de la Dirección General de Normas, Departamento de Normalización, Sección de Bioquímica con la clave DGN-F-157-1967 con el título de "Café Crudo" (61).

A continuación transcribo lo referente a la clasificación y especificaciones del café verde:  
CLASIFICACION.

El café crudo en grano se clasifica en dos tipos: A y B.  
Tipos A o cafés lavados.

Tipos B o cafés no lavados o naturales.

#### Tipos A o Cafés Lavados.

Este tipo comprende cuatro grados de calidad: A1, A2, A3 y A4 -A1 o de Altura. Son los cafés de la especie arábica de altura o cuyas características sean de altura.

-A2 o Prima Lavado Son los cafés de la especie arábica de mediana altura.

-A3 o Buen Lavado. Son los cafés de la especie arábica de poca altura.

-A4 o Cafés Lavados no exportables. Son todos los cafés que no se ajustan a ninguno de los tipos descritos en los incisos que anteceden.

#### Tipos B o Cafés no Lavados o Naturales.

Este tipo comprende dos grados de calidad: B1 y B2.

-B1 o Café Natural Crudo. Son los cafés ya limpios de la pulpa seca.

-B2 o Café Defectuoso. Son los cafés dañados pudiendo ser agrios, fermentados, mohosos, terrosos, etc.

#### ESPECIFICACIONES.

##### Físicas.

Los cafés crudos, descritos anteriormente deberán cumplir con las indicaciones de la tabla 1.

##### Forma y Tamaño.

La forma y el tamaño del grano de café están en función de la variedad y de las condiciones vigentes en las diversas áreas productoras, durante el ciclo cafetalero.

Organolépticas.

-A1 o de Altura. Debe ser de muy buena presentación y de taza fina, con acidez, buen aroma y cuerpo, así como los cafés finos y los conocidos por estrictamente de altura.

-A2 o Prima Lavado. Deben tener buena presentación y una taza agradable tanto en lo que se refiere a aroma como a cuerpo de tal manera que cumpla con lo establecido por la Bolsa del Café y del Azúcar de Nueva York para los cafés mexicanos certificables.

-A3 o Buen Lavado. Son los que no tengan méritos especiales, tanto en la taza como en su presentación, siendo el único requisito estricto que el café sea sano y esté desmanchado.

-A4 o Cafés Lavados no Exportables. Dentro de este grupo se incluyen los que no están en los tres grupos anteriores y son los que presentan desmanches, separaciones, dañados, etc.

Tabla I

Grados de Calidad	Producido a alturas sobre el nivel del mar, m	% humedad Mín. Mx.		Mín. Mx. defectos por cada 454 g (1 lb)	% Mx. de granos venos después del tostado.
A1 De altura	900 en adelan.	9	12	7	1
A2 Prima lavado	700 - 900	9	12	10	2
A3 Buen lavado	100 - 700	9	12	10	2
A4 Cafés lavados no exportables.....		9	12	--	-
B1 Café natural crudo.....		9	12	--	-
B2 Café defectuoso.....		9	12	--	-

### 3.3 Generalidades sobre el Tostado y Molido del Café Verde (Torrefacción).

Para hacer posible el disfrute del café verde a través de una bebida que sea grata al paladar, se requiere someter este producto a tres operaciones básicas: tostado, seguido de molido y finalmente obtención de la bebida.

Consideramos al tostado y molido como la segunda fase de la industrialización del café. Así como sucede en el beneficio, estas operaciones incluyen una serie de procedimientos y equipos para llevarse a cabo, necesarios para transformar el café verde en un producto consumible. Esta transformación es el fundamento de la industrialización.

El sabor y aroma característicos del café, solo es posible desarrollarlos mediante el tostado; y con el molido de los granos tostados, logramos que los sólidos solubles y las sustancias volátiles que otorgan el sabor, puedan ser extraídas suficientemente. Esto se logra a través de la infusión, disolución o decocción con agua caliente que da como resultado una bebida con las características adecuadas para su consumo. En su caso, el tostado y molido del café serán los pasos previos para obtener el extracto de café concentrado, que una vez secado, dará lugar al café soluble (15).

Los procedimientos y equipos necesarios para el buen desarrollo de esta fase de la industrialización del café se detallan a continuación.

### 3.3.1 Operaciones Previas al Tostado y Molido del Café.

#### 3.3.1.1 Limpieza del Café Verde.

Aunque un buen proceso de beneficiado asegura que el café verde obtenido está prácticamente libre de materias extrañas, es inevitable que durante su transporte se conserve limpio.

La planta torrefactora, por cuestión de método, somete a un proceso de limpieza a todo el café que recibe. El café recibido, primero es colocado dentro de un cilindro giratorio cuya pared está perforada y por donde pueden pasar los granos perfectamente; haciendo las funciones de un tamiz giratorio, dentro del cilindro quedan retenidos los objetos extraños con un tamaño mayor a los granos, como son, piedras, clavos, monedas, hojas, etc. Al mismo tiempo, se hace pasar una corriente de aire a través del café, que arrastra los materiales ligeros como hojas, palitos, cascarillas, etc. (84).

Existe un sistema llamado Gump, cuyo principio es el hacer pasar el café a través de las perforaciones de dos cilindros giratorios que retienen los cuerpos de gran tamaño. El café, que pasó a través de los cilindros, cae sobre unas mallas con movimiento vibratorio que también están perforadas. Estas perforaciones son muy pequeñas (3/16 pulg) y solo permiten el paso de partículas muy finas, entre éstas, los granos rotos. Finalmente, el café es conducido a través

de una especie de embudo en donde se encuentra con una fuerte corriente de aire que acarrea las partículas finas y ligeras (polvo, tierra) que aún hayan quedado en el producto. Muchas veces, estos sistemas de limpieza van acompañados de electroimanes que retienen los materiales metálicos.

En cafés de calidad superior, el porcentaje de materia extraña no debe exceder el 1% (84).

El café verde, una vez limpio, puede almacenarse para su posterior industrialización o puede continuar con el proceso de torrefacción. En muchas ocasiones, la limpieza del grano se hace después de haber elaborado las mezclas de café.

### 3.3.1.2 Pesado del Café Verde y Elaboración de Mezclas.

El pesado del café verde se hace con fines de control principalmente, para llevar el conteo exacto del material con que se está trabajando.

Se realiza una pesada al momento de recibir el material así como después de haberlo sometido a la limpieza. Con los datos obtenidos, se procederá a elaborar los cálculos de dosificación y rendimiento de acuerdo a las posibilidades de nuestros equipos.

Conociendo con precisión nuestras existencias de café listo para torrefactar, se procede a elaborar las mezclas utilizando las diferentes variedades y calidades de café a nuestra disposición.

La composición de las mezclas de café es un secreto de

cada casa productora. Con estas mezclas, se tratará en lo posible, de conservar siempre, la calidad que el consumidor espera. Esta calidad está fundamentada en la habilidad y gusto con que el mezclado se lleve a cabo (84, 87).

Sin embargo, existen muchos factores fuera del control de las casas productoras que determinan muchas veces la composición de sus mezclas. Algunos criterios que influyen directamente sobre esta operación son los siguientes:

1.- Los granos con sabor a sobrefermentado o con otros defectos en el sabor (vease 3.1), se mezclan en proporciones del 10 al 15% para enmascarar sus deficiencias.

2.- Los cafés procedentes de cosechas jóvenes con un sabor generalmente poco intenso, se mezclan con cafés procedentes de cosechas pasadas, que normalmente presentan sabores mas definidos. La baja acidez de los cafés de cosechas no recientes, se balancea con la alta acidez de cafés de cosechas recientes.

3.- Las mezclas ayudarán a suavizar o disminuir las posibles variaciones que se presenten en un lote dado de café.

4.- Las mezclas servirán también para dar uniformidad a la producción de café durante todo el año, lo que sería muy difícil si se utilizaran cafés con un solo origen.

5.- Se les emplea también, para tener la capacidad de enfrentar la posible escasez de cafés de cierto origen, debido a que se tuvieron problemas climáticos o de plagas en las zonas de su procedencia, aunque generalmente no se

tiene un solo proveedor (84).

La composición de las mezclas dependerá del gusto del consumidor a quien se quiera hacer llegar el producto, así como, del análisis profundo de los costos de producción y precios de venta. Muchas veces predomina el factor económico sobre el de la calidad.

La operación de mezclado puede llevarse a cabo antes o después del tostado. Antes, si las características de los granos son muy semejantes (contenido de humedad, tamaño, porcentaje de granos pequeños, etc.). Después del tueste, si hay demasiadas diferencias entre los tipos a asociar. Generalmente, en las grandes industrias procesadoras de café, las mezclas se hacen estando el café verde, es decir, antes del tostado (22, 87).

Operativamente, el mezclado es bastante simple. Una vez elegidas las proporciones de las diferentes clases de café en las mezclas, se procede al pesado y dosificado. Se pueden utilizar dosificadoras volumétricas o gravimétricas si el café se tiene almacenado en contenedores especiales para el caso. Esta manera de operar es común en plantas industriales que manejan grandes volúmenes de café y en donde el procedimiento de tostado y molido se hace en forma continua. Otra manera de hacerlo, es simplemente pesar en básculas y directamente verter el café en los sistemas transportadores, ya sea de tornillo, de carretillas o neumáticos, que lo conduzcan al tostador. Muchas veces, la limpieza del grano se realiza en esta fase de la operación del tostado (en la

forma como se describió anteriormente), es decir, una vez hechas las mezclas y antes de que el café llegue al tostador. El proceso descrito es común cuando el sistema de tostadores es del tipo batch o por lotes (84).

### 3.4 Tostado del Café.

#### 3.4.1 Descripción de la Operación.

En muchos lugares se sigue usando una sartén puesta encima del fuego en la que se coloca el grano de café verde hasta que tueste, procurando moverlo continuamente para lograr un tostado homogéneo. Lo mismo ocurre al colocar el café dentro de cilindros que se hacen girar a mano, colocados encima del fuego directo. Ambos métodos pueden dar buenos resultados, aunque se corre el riesgo de que los granos se carbonicen o que queden faltos de tueste.

Desde 1900, los industriales que manejan una cantidad importante de café, cuentan con tostadores mecanizados cuya fuente de calor la proveen combustibles derivados del petróleo. Gran parte de esta maquinaria ha sido desarrollada en Alemania y los Estados Unidos (87).

El tostado es un proceso que depende básicamente del tiempo y la temperatura. Se utiliza primeramente, gases producto de la combustión y aire en exceso como fuente de calor, muchas veces en combinación con sistemas que emiten calor por convección, como el uso de superficies metálicas calientes o sistemas de calor emitido por radiación.

Una vez expuesto el grano de café a la fuente de calor, comienzan a ocurrir los cambios físicos y químicos que caracterizan al café tostado (los que se detallarán más adelante). De manera general, el grado de tostado se puede

definir como "claro", "medio" y "oscuro". Al café también se le puede clasificar como de tostado rápido, cuando apenas se llevó unos cuantos minutos, y de tostado convencional, cuando se llevó de 12 a 15 minutos. Un tiempo de tostado promedio se considera de unos 5 a 8 minutos, utilizando equipos modernos.

El grado de tostado se relaciona con el desarrollo de las características del sabor, que se percibirá al elaborar la bebida. La velocidad del tostado se asocia a los rendimientos de producción (15).

La operación industrial del tostado, se lleva a cabo en máquinas cuya fuente de calor proviene usualmente de la combustión de gas u otro derivado del petróleo, utilizando quemadores internos. Existen tanto máquinas tostadoras que realizan la operación en forma continua como por lotes (tipo batch).

En el proceso de tostado por lotes, el tambor rotatorio es precalentado para luego ser cargado con el café. Se le aplica calor por el tiempo requerido para completar la operación. Posteriormente, el café es descargado para ser enfriado rápidamente, lo que se realiza en grandes bandejas por las que circula una corriente de aire fresco al tiempo que el café es agitado. Esta operación se hace con el fin de prevenir un sobretostado del grano. Muchas veces este enfriamiento se hace mediante el esparcido de agua sobre los granos recién tostados que, incluso, los prepara para la fase de la molienda como se verá más adelante. Finalmente, el grano es conducido al depósito donde se le almacenará.

En el proceso de tostado continuo, la máquina tostadora recibe en forma continua el flujo de café. El producto comienza a viajar a lo largo de un cilindro rotatorio perforado ayudado de una barrera en espiral que recorre el interior al tiempo que es sometido a la fuente de calor. Los granos se exponen luego a una corriente de aire fresco que los enfría y pueden también recibir un espray de agua antes de abandonar la máquina. Posteriormente serán almacenados si así se requiere (87, 15).

De manera general, el tiempo de tostado varía desde unos cuantos minutos hasta unos 30 minutos, después de los cuales, se considera que el café está sobretostado puesto que ha adquirido sabores indeseables, que se percibirán en la bebida. Para un grado de tostado dado, el tiempo necesario de exposición del café al calor, se determina mediante el uso de factores de transferencia de calor convencionales. Estos deben tomar en cuenta, el calor específico del grano de café, la velocidad y características del flujo del aire caliente, el material y diseño del equipo utilizado, entre otros. Estos estudios son fundamentales también, para elaborar el diseño de los equipos de tostado (su tratamiento está fuera del alcance de este trabajo). Los rangos de temperatura del aire caliente fluctúan entre los 540 °C en tostadores viejos, a unos 430-480 °C y hasta unos 370 °C o menos en tostadores más modernos. Estos niveles también van a depender de las velocidades del flujo de aire utilizadas (17).

Obviamente, el control del tiempo y la temperatura del

tostado son importantísimos, y para llevarlo a cabo, se deben de tomar muestras del producto en el proceso y evaluar en ellas el grado de tostado, para hacer los ajustes necesarios en el equipo. Sobre la medición del grado de tostado hablaremos mas adelante.

### 3.4.2 Equipos Utilizados en el Tostado.

Los equipos para el tostado que existen actualmente, pueden clasificarse como sigue:

-Tambor Rotatorio Horizontal de paredes perforadas o de paredes sólidas. Tiempo de operación: 10 a 15 min.

-Tambor Estático Vertical con cuchillas. Tiempo de operación: 6 min.

-Tazón Rotatorio Vertical. Tiempo de operación: 4 a 6 min.

-Lecho Fluidizado. Tiempo de Operación: 2 a 4 min.

-Otros: Sistema de Tostado bajo Presión. Utilización de Microondas.

De todos ellos, el equipo mas usualmente encontrado en las plantas torrefactoras mexicanas, es el del Tambor Rotatorio Horizontal. Este sistema puede ser de operación tanto continua como por lotes, mientras que los sistemas verticales son usualmente de operación por lotes. Los de Lecho Fluidizado generalmente operan también por lotes.

Estos procesos pueden o no ir equipados de sistemas de recirculación de aire caliente, que los hace más económicos.

y reduce la emisión de contaminantes a la atmósfera (15).

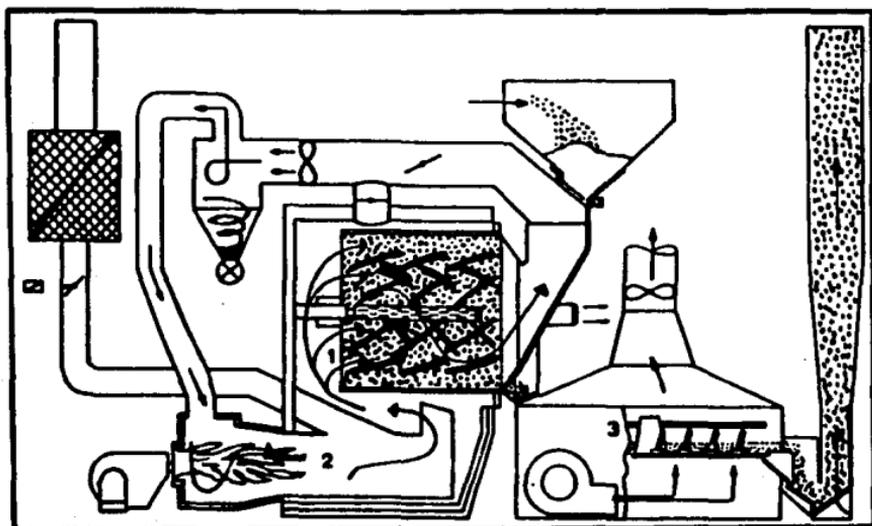


Fig. 3.1 Tostador Probat tipo Batch de Tambor (de 15).

1.Tambor de Tostado, 2.Horno, 3.Enfriador.

La tecnología más moderna aplicada a la operación de tostado, se refiere al uso de equipos llamados de "alto rendimiento" que reducen el tiempo de tostado a 2 minutos o menos. Incluso, se ofrecen máquinas italianas capaces de realizar esta operación hasta en 50 segundos. No se tiene noticia de su empleo en México actualmente (20).

### 3.4.3 Cambios que Ocurren al Grano del Café durante el Tostado.

#### 3.4.3.1 Cambios Físicos.

Los efectos provocados por la acción de la elevación progresiva de la temperatura, da lugar a las siguientes modificaciones físicas del grano.

Hacia los 100 °C, el color verde del café, comienza a virar a amarillo. Se inicia la desecación, ocurriendo un desprendimiento de vapor de agua y se genera un olor a pan tostado. Arriba de 120-130 °C, el grano adquiere un color castaño que se va acentuando poco a poco hacia tonalidades pardas más o menos oscuras. En ésta fase (150 °C), el café comienza a desprender un olor que recuerda al de los granos tostados sin ser aún el aroma característico. Este comienza a producirse alrededor de los 180 °C. A esta temperatura, los gases de combustión aparecen en forma de volutas blanco azuladas con desprendimiento de bióxido de carbono y monóxido de carbono. Se observa en los granos una coloración marrón y un aumento de volumen. Conforme aumenta la temperatura, el desprendimiento de gas es más abundante y de color más oscuro. El aroma alcanza su plenitud. Los granos aumentan todavía más de volumen, crepitan y en su superficie aparece un exudado brillante más o menos abundante. A los 270 °C, el desprendimiento de gases se acentúa, los granos ennegrecen y se tornan mates, indicativo del inicio de la carbonización.

lo que ocurre totalmente a unos 300°C.

Se sitúa la zona de torrefacción entre los 185 y 240°C, siendo la temperatura óptima la comprendida entre los 210 y los 230°C. Por encima de ella se inicia la sobretorrefacción.

Durante la torrefacción, el grano registra pérdida de peso, consecuencia de la evaporación de una gran parte del agua que contiene, que oscila alrededor de un 14% dependiendo de la variedad, preparación previa, almacenaje, etc. En torrefacciones tipo francesas, de tostado muy intenso, la pérdida de peso puede alcanzar hasta el 20%. En torrefacciones más claras, la pérdida es de un 15 a 16%. Junto con el agua, hay desprendimiento de restos de película plateada y algunos principios volátiles (22).

<u>Grado de Tostado</u>	<u>% Pérdida de Masa Seca*</u>
Claro	1-5
Medio	5-8
Oscuro	8-12
Muy Oscuro	>12

\*en base seca del peso de café verde (según 15).

El aumento de volumen que se presenta en los granos, es debido a la expansión de los gases que se generan durante el proceso, y que se produce entre los 180 y los 220°C. Esta expansión, es del orden del 50 al 80% en forma volumétrica dependiendo del origen botánico, procedencia y contenido de humedad del grano. El aumento de volumen también estará

influenciado por la intensidad y la velocidad del tostado. Estos cambios de densidad tienen una influencia muy importante en los procesos de empaclado y molido (22).

El color de los granos depende mucho de cómo se lleve a cabo la torrefacción, siendo función sobre todo de la intensidad y la duración de esta operación. El enfriamiento más o menos rápido del café al salir de los aparatos, genera también ciertos cambios de matiz.

La textura del grano se modifica profundamente durante la torrefacción; adquiere una estructura porosa y se hace desmenuzable bajo presión (15).

#### 3.4.3.2 Cambios Químicos.

R. Coste (22) reporta que durante el tostado del café ocurren 4 tipos de reacciones químicas: 1. Deshidratación

2. Hidrólisis

3. Desmólisis

4. Catálisis

que se pueden reducir a dos reacciones básicas:

1. Deshidratación (abarca el 80% del tiempo de tostado)

2. Pirólisis (abarca el 20 % del tiempo de tostado)

que se realizan a temperaturas bien determinadas, muchas veces comenzando unas reacciones cuando otras no han terminado (22, 87).

Las principales modificaciones químicas que sufre el grano durante el tostado son las siguientes:

-El agua se evapora, pero como se forma una poca por descomposición química de compuestos orgánicos, el café torrefacto retiene o absorbe cierta cantidad (22).

-Las sustancias minerales no se modifican, aumentando su cantidad relativa por la pérdida de agua y de sustancias volátiles. Los minerales existentes en el café, durante el tostado son separados de sus compuestos orgánicos originales e incluso catalizan las reacciones de pirólisis. Los fosfátidos, que forman parte de la fase coloidal de la bebida, forman fosfatos. Los iones alcalinos de potasio y de calcio forman sales con ácidos orgánicos (22, 84).

-Las sustancias nitrogenadas se encuentran en la misma proporción en el café tostado que en el verde. Durante el tostado, se da pérdida de sustancias nitrogenadas que contribuyen en forma importante en el aroma del café, y al mismo tiempo, hay formación de otras sustancias nitrogenadas, unas volátiles y otras fijas, que son absorbidas en el grano. Dentro de las sustancias nitrogenadas están las proteínas que sufren desnaturalización. La hidrólisis de las uniones peptídicas, libera carbonilos y aminos. También hay liberación de sulfuros de hidrógeno, aunque gran parte es retenido por el grano. Hay separación de dimetilsulfuro que constituye parte del aroma y sabor de los cafés de alta calidad. Ciertas sustancias nitrogenadas con los azúcares, polimerizan dando reacciones de oscurecimiento (tipo Maillard). Ciertas partículas insolubles de las proteínas son responsables de la turbidez de la bebida y muchas de ellas se

hacen solubles durante el proceso de percolación (22, 84).

-Los aceites en el café verde, son parcialmente insaturados, por lo cual, son susceptibles de rompimiento y oxidación al ser sometidos al calor. Estas sustancias grasas se encuentran en un 12% en el café. Muchos de ellos son glicéridos que en presencia de agua y ácidos, se hidrolizan para formar glicerina y ácidos grasos, e incluso, pueden generar ciertos compuestos volátiles (84).

Las sustancias grasas conservan un nivel relativo más o menos estable bajo la influencia del calor. Las materias grasas son liberadas de los complejos protídicos o glucídicos en que están incluidas. Se observa que la materia grasa exuda con mayor facilidad del café tostado que del café verde, pues materialmente son liberadas de la estructura celular íntima del grano de café. Se supone a las grasas como fijadores y preservadores del aroma, además de que son útiles para evitar la formación de espuma en la taza de café.

-Los glúcidos o carbohidratos, sufren transformaciones importantes durante la torrefacción ya que hay rompimiento de las moléculas grandes y las pequeñas se volatilizan. Sobre estos compuestos ocurren reacciones de caramelización que son responsables en gran parte del color y sabor del café tostado. Los glúcidos son origen de otros compuestos como aldehidos y ácidos que se forman durante este proceso (22). Compuestos como las pentosanas, son descompuestos parcialmente para formar furfural. Celulosa, hemicelulosa y lignina, que constituyen parte de la estructura del grano, no

sufren alteraciones importantes y constituyen los compuestos insolubles en agua (84).

-Los ácidos subsisten parcialmente tras el tueste. Contribuyen en forma importante en el sabor y aroma del café (22).

Los ácidos predominantes son: el clorogénico (ác. 4,5-dicafeoilquínico), acético y cítrico. Respecto al ácido clorogénico, al inicio se encuentra en un 7% en el café pero alrededor de una tercera parte o la mitad de él, se descompone durante el tostado. Aproximadamente un 0.4% es ácido acético y existe la presencia mínima de ácido málico. En general, los tostados claros dan una taza más ácida que la obtenida con los tostados oscuros. El pH de la taza de café oscila entre 5,0 y 6,5 (84).

-Los taninos son muy degradados. Liberan la cafeína que retienen y sufren una pérdida de masa por volatilización.

-Los alcaloides sufren diversas transformaciones: la cafeína se volatiliza mínimamente, sin descomponerse, mientras que la trigoleína, que es la N-metil betaína del ácido nicotínico, es parcialmente destruida y probablemente participa en la formación de piridina y de ácido nicotínico (22).

Clark R.J. (15), reporta que la composición de los gases a la salida del tostador, es la siguiente en volumen:

- 87.0% de dióxido de carbono
- 7.3% de monóxido de carbono
- 5.3% de nitrógeno

que son productos de la volatilización de las sustancias contenidas en el café o generadas durante el tostado y que no fueron retenidas por el grano (15).

Durante el tostado hay cierta formación de bióxido de carbono, producto de la descomposición de ácidos carboxílicos. Gran parte de este gas es desprendido de las cavidades internas del grano en el momento en que éste entra en contacto con la humedad en la fase de enfriamiento. Cierta cantidad de este gas es adsorbida por el grano (84).

#### 3.4.4 Control del Grado de Tostado.

La manera más evidente de medir cualitativamente el grado de tostado del café, es observando visualmente el color externo del grano durante el proceso.

A nivel industrial, se hacen mediciones cuantitativas del grado de tostado con base en la reflexión del color, leída mediante un aparato que utiliza como principio una fotocelda. Generalmente se toma la muestra obtenida cuidadosamente de una partida exitosa, tanto en el tostado como en el enfriado y molido, sobre la cual se harán comparaciones, usándola como patrón, tanto del color como de la granulación en el molido (relaciona grado de tostado con el grado de molido).

En muchas ocasiones, la habilidad y experiencia del operador de los tostadores, determina el momento en que el tostado debe detenerse, para proceder al enfriado del grano.

Esta decisión la toma sin la ayuda de ningún aparato o muestra como referencia.

Otra manera de evaluar el grado de tostado es la medición de la pérdida de la masa del grano, efectuando una simple pesada antes y durante el tostado. Este método puede inducir a errores por lo que debe ser considerado como indicativo solamente (15).

Ya que tanto la trigloenina como el ácido clorogénico del grano son destruidos en relación al grado de tostado, pueden servir como indicadores del avance de este proceso. Estas pruebas se hacen forzosamente en el laboratorio. Se han reportado trabajos de investigación en relación a este tema, que utilizan métodos cromatográficos de análisis (70, 33).

El grado de tostado de cierto café o mezclas de café, depende de las expectativas del consumidor o de los requisitos del tratamiento que se vaya a dar al grano posteriormente, como en el caso de la elaboración de café soluble.

La intensidad del tostado no solo afecta el color del grano, sino que también, tiene un efecto notable en el gusto de la bebida. Por ejemplo, un arábica lavado de tostado claro, tendrá una máxima acidez, cuerpo delgado y sabor poco desarrollado; conforme el nivel de tostado se incrementa, la acidez disminuye y a su vez aumenta el cuerpo de la bebida y mejora el sabor, hasta un punto en que comienza a dar notas amargas (87).

En México, aún es posible encontrar tostadores de café

donde el grano semitostado es mezclado con azúcar en un 30 %. Esta mezcla es colocada en ollas de unos 500 k de capacidad, que luego es cerrada y calentada. El calor lo provee un horno debajo de la olla, la que se hace girar a unas 300 rpm para conseguir el tostado y caramelización de la mezcla. El proceso dura aproximadamente una hora. Una vez que llega a su fin, la mezcla es vertida al piso, se deja enfriar y si es necesario, se muele con un molino de martillos. El producto obtenido es de baja calidad pero también de bajo costo. El proceso es peligroso ya que la pirólisis del azúcar junto con el café, desarrolla gran cantidad de calor y despiden vapor de agua y bióxido de carbono, que ejercen tal presión interna, que pueden hacer estallar el dispositivo. Su uso tiende a declinar ante la exigencia del público consumidor por un café de mejor calidad (84).

Este producto de café se encuentra normalizado en México con la clave NOM-F-173-S-1982, con el título de "Café Tostado y Molido con Azúcar" y que está definido según el punto 3.1 de dicha norma, de la manera siguiente:

"3.1 Café Tostado y Café Mezclado Tostado con Azúcar: Producto elaborado a partir de café 100% puro tostado en grano o molido (véase NOM-F-13-S), adicionado o incorporado durante el proceso del tostado, de hasta un 10% de azúcar en el caso del café tostado y de un 11% hasta un 30% como máximo para el café mezclado tostado con azúcar, pudiendo emplear los siguientes azúcares, caramelizados, solos o combinados: azúcar refinado, azúcar

blanco directo (estandar blanco), azúcar mascabado y piloncillo u otros edulcorantes previamente autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia" (62).

### 3.5 Molido del Café.

#### 3.5.1 Descripción de la Operación.

El molido significa en términos generales, reducir el tamaño de la partícula de café, ya sea, mediante el triturado, friccionado, raspado, cortado, desgarrado o cualquier otro método que permita esta reducción. El método a utilizar se define, en gran parte, por la dureza del grano. Se requerirá aplicar mayor trabajo de molido conforme más fina se quiera el tamaño de partícula (84, 82).

El método de molido de empleo más común en México para el café tostado, es el de triturado o friccionado y cortado, que se realiza mediante el uso de rodillos con diferentes diseños (se describirán más adelante). También, se utilizan sistemas de impacto para producir cafés de molido fino con resultados muy satisfactorios. Existen sistemas de rodillos que producen partículas en forma de hojuelas que parecen ser muy eficientes a la hora de preparar la bebida. Conforme más fino es el tamaño promedio de la partícula, más rápida será la velocidad de extracción por el agua, de los sólidos solubles y los componentes volátiles del café (15, 82).

El método y el equipo utilizado para elaborar la bebida, determinarán el tamaño de partícula a utilizar. Así también, en el caso de las plantas industriales a gran escala para producir café soluble, el tamaño de partícula del café será de suma importancia y quedará definido de acuerdo al equipo

de percolación que se vaya a utilizar.

Generalmente, el tamaño de partícula se define como "grueso", "medio" y "fino", aunque también se toma el nombre del proceso y equipo de extracción al que va destinado: percolador, filtro, expreso, etc. No existe a nivel nacional ni internacional un acuerdo al respecto, solamente se dan recomendaciones basadas en análisis granulométricos (15, 27).

Los tamaños "grueso" y "medio" se usan en percoladores, tanto caseros como industriales, y el tamaño "fino" es empleado en sistemas que utilizan filtros (15).

Es importante tomar en cuenta que durante la extracción de los sólidos solubles del café molido, compiten dos factores que son: la tasa y velocidad de extracción contra el tamaño de la partícula del grano de café molido. Si el tamaño de partícula se reduce, la tasa y la velocidad de extracción se incrementan. Es deseable que la velocidad y la tasa de extracción no sean demasiado altas, con el fin de evitar la sobreextracción de compuestos no deseables. Entonces, son estos dos parámetros en relación al tipo de equipo a utilizar y la calidad de la bebida que se desea obtener, los que determinan el grado de molido de nuestro café (27).

La uniformidad de la partícula obtenida en la molienda es muy importante, aunque difícil de lograr. La mejor manera de obtenerlo, es sometiendo el café a un molido a través de una sucesión de rodillos o molinos, que progresivamente van reduciendo el tamaño de la partícula (15).

Tres aspectos son de vital importancia en la molienda y serán

los que determinen el grado de uniformidad de la partícula:

- La fragilidad del grano de café tostado.
- El contenido y uniformidad de la humedad del grano.
- El grado de tostado del café.

El contenido de humedad se considera óptimo cuando es del 7% aproximadamente y deberá ajustarse mediante la adición de agua antes de someter el grano a la molienda (muchas veces, ésto ocurre durante el enfriado del grano al salir del tostador). El café antes de ser molido debe reposar de 4 a 8 hs con el fin de homogenizar la humedad. Esta práctica es indispensable en las plantas elaboradoras de café soluble.

Para la obtención de molidos muy finos, se emplean actualmente sistemas de molido bajo condiciones criogénicas (temperaturas bajo cero utilizando nitrógeno o bioóxido de carbono líquidos), generalmente con el uso de molinos de impacto. El empleo de estos sistemas es muy específico y permiten la retención de compuestos volátiles que se perderían con otros métodos, sobre todo, si hay generación de calor. No se tiene noticia de su empleo en México.

Se utilizan también, sistemas de molienda que cuentan con dispositivos que retienen los compuestos volátiles que se desprenden durante esta operación, para posteriormente reincorporarlos al café.

Inmediatamente después de la molienda, el café desprende gran cantidad de bioóxido de carbono, dependiendo del grado de molido, por lo que debe dejarse reposar bajo adecuada ventilación. El café continuará desprendiendo bioóxido de

carbono cada vez en menor proporción.

En ocasiones, el café tostado aún lleva parte de la cascarilla que lo recubría cuando verde y que no se perdió en el tostador. Al moler el café, esta cascarilla pasa a formar parte del café molido. Muchas veces, se da un mezclado en forma mecánica al café para "normalizarlo" y lograr una apariencia homogénea del producto, además de que le otorga una cierta fluidez que facilita su manejo y permite también, igualar la densidad de todo el lote (15).

### 3.5.2 Equipos utilizados en la Molienda.

A pequeña escala, se utilizan molinos de discos con diferentes variantes. Unos de los discos gira mientras que el otro permanece estático. Cuentan con superficies dentadas o serradas y su separación es ajustable mediante un tornillo, de acuerdo al grado de molido que se quiera obtener. Se alimentan por la parte superior y la descarga se realiza en la periferia de los discos. Este sistema se utiliza ampliamente en México en pequeños molinos (15, 82).

En molinos a gran escala (que tuestan y muelen unos 1000 k de café por hora), el molino multirodillos es utilizado más comúnmente. El tipo de dentado o serrado de los rodillos es muy importante. En el molino de Lepage, muy comúnmente utilizado en la industria nacional, el rodillo que gira a mayor velocidad presenta una superficie con canaladuras en forma de U (corrugado) que corren longitudinalmente; y el

rodillo de baja velocidad, también presenta canaladuras en forma de U pero colocadas a lo ancho del mismo (transversalmente). Los rodillos giran a diferente velocidad y la distancia entre ellos es ajustable. El molino Gump usa tres pares de estos rodillos. Se requiere un par más para obtener cafés de molido fino. Los dos primeros pares de rodillos, quiebran el grano y el resto hace el molido, propiamente dicho. Existen muchas variaciones y modelos basados en este original.

Existen molinos con sistemas de recirculación de partículas que quedaron demasiado gruesas y que son sometidas a una nueva pasada a través de los rodillos. También encontramos molinos, como el Fitzmill, que funcionan mediante el uso de navajas giratorias verticales que utilizan el principio de corte y martillado, el café molido cae sobre una base perforada atravesándola y se recolecta en unas charolas. Otro molino (tipo Henry Simon), usa como principio el impacto de alta velocidad (15, 84).

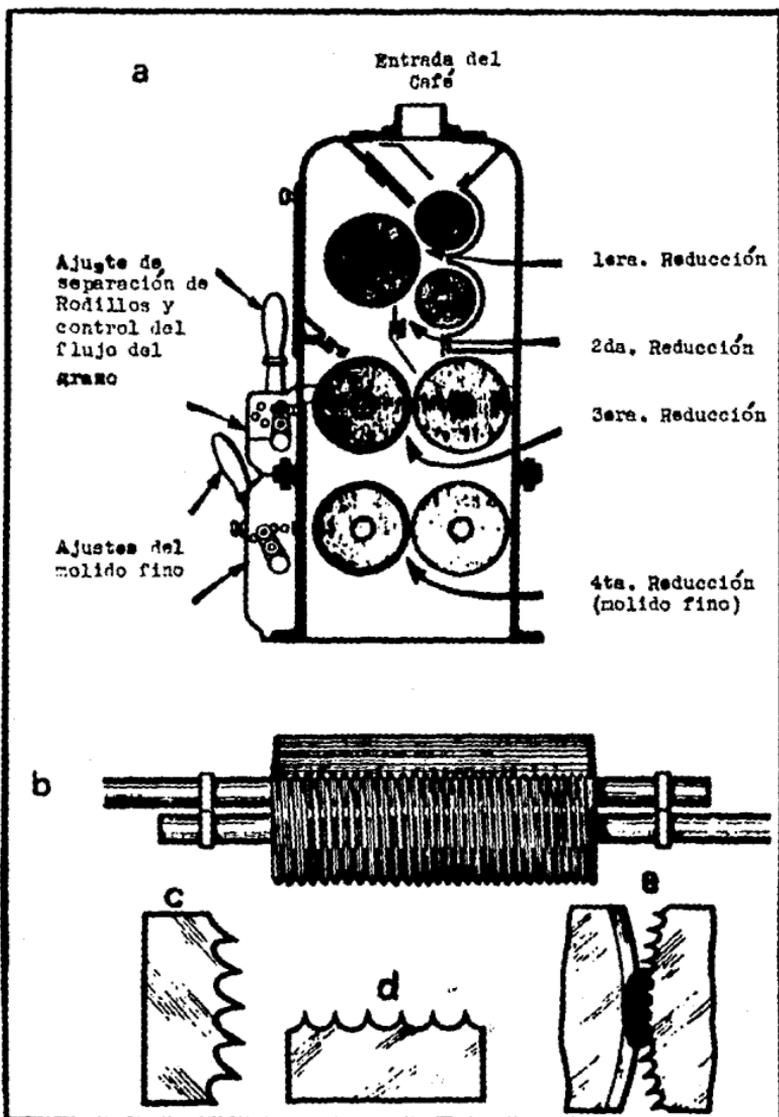


Fig. 3.2 a) Molino tipo Gump que cuenta con b) Rodillos de Corte tipo Lepage, c) Corte del Rodillo Rápido, d) Corte del Rodillo Lento y e) Acción conjunta de los Rodillos (de 15).

### 3.5.3 Control del Tamaño de Partícula.

Para llevar a cabo este control, se utiliza una serie de tamices o cribas de medidas y aberturas controladas. Aunque pueden utilizarse 4 o 5 mallas, con 2 basta para obtener información suficiente acerca del tamaño de partícula que es lo que comunmente se hace en México. La International Standards Organization ha establecido el uso de procedimientos y equipos estándares para efectuar los análisis granulométricos del café molido, basados en estudios científicos y define lo siguiente (15):

<u>Grado de Molido</u>	<u>Tamaño Promedio de Partícula</u>
Grueso	1130 $\mu$ m
Medio	800 $\mu$ m
Fino	680 $\mu$ m

El tamaño de partícula obtenido de la molienda determina la densidad del café molido. Esta densidad está influenciada por el tipo de café utilizado en la mezcla, el grado de tostado, el contenido de humedad y si se sometió o no el café al proceso de "normalizado".

La densidad del café es de suma importancia al momento del empaclado del producto, y en la elaboración del café soluble, al momento del llenado de la batería de percoladores, ya que de una u otra manera determinará la cantidad real de café que se va a tratar, pues define cuánto producto cabe dentro de las bolsas de empaque y en su caso, de los sistemas de percolado (15, 84).

La densidad puede medirse por dos métodos: dejando caer libremente el café en un recipiente y verificar el peso contra el volumen ocupado, o colocando el café en un contenedor de volumen conocido y apretarlo o empacarlo en forma similar a lo que se hace a gran escala, verificando posteriormente el peso de la muestra. El método empleado va a depender de la información que se quiera obtener (15).

En un percolador, la densidad de las partículas del café, así como el grado de compresión que presenten, determinarán la eficiencia de extracción de los sólidos solubles (ésto se detallará más adelante) (84).

### 3.6 Envasado del Café Tostado y Molido.

Debido a la rápida tendencia del café molido expuesto al aire a oxidarse y enranciarse (cuestión de días), se deberá consumir rápidamente, o si se pretende comercializar, deberá empacarse de tal manera, que su frescura se conserve lo mejor posible. Por mucho tiempo, ésto fue logrado mediante el uso de latas como empaque, selladas al vacío o utilizando atmósferas de gases inertes en el momento de la operación del sellado.

Desarrollos más recientes hacen uso de empaques a base de laminados flexibles o bolsas metalizadas donde se envasa el café en la presencia de un gas inerte. También se emplean contenedores laminados flexibles en donde se envasa el café al vacío (llamados tipo Brick o ladrillo) que comienzan a ser utilizados en México. Estos procedimientos requieren que el café sea sometido previamente a un tratamiento que remueva el bióxido de carbono hasta donde sea posible, para evitar que, una vez empacado, comience a inflar el envase.

La compañía italiana Goglio ha perfeccionado el envase laminado incorporándole una válvula que permite la salida del bióxido de carbono pero que evita la entrada del oxígeno atmosférico (87).

En México existen en el mercado cafés empacados al vacío así como, toda clase de empacados tradicionales.

Actualmente, se ofrecen máquinas empacadoras de alta eficiencia que producen más de 50 paquetes por minuto y que

son controladas totalmente por computadora (34).

En los Estados Unidos, y en México también, se encuentran en el mercado dosis individuales para cafetera de filtro, de café tostado y molido presentados en pequeños sacos o sobres en los que se conserva el producto fresco hasta 4 meses (32).

El interés de este trabajo se dirige al tratamiento que sufrirá el café molido para obtener de él, el café soluble, que no requiere ser empacado. Para la elaboración del café soluble, el café tostado y molido es colocado directamente dentro de la percoladoras en donde se somete al proceso de extracción de los sólidos solubles.

### 3.7 Normalización del Café Tostado y Molido.

El café 100% puro tostado en grano o molido se encuentra normalizado con la clave NOM-F-13-S-1980 de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (hoy SECOFI), que lo define como:

"Café 100% puro tostado en grano o molido: Producto obtenido después del tueste del café verde o crudo, sano y limpio. El tostado se efectúa en aparatos especiales (tostadores) que pueden ser de fuego directo o indirecto, y a temperaturas mayores a 423°K (150°C)" (60).

Esta norma clasifica al café tostado y molido en dos categorías dependiendo de la calidad del café empleado:

"Tipo A: Café 100% puro tostado en grano o molido, "altura", "prima lavado" y "buen lavado".

Es elaborado exclusivamente con café verde o crudo con normas de calidad "altura", "prima lavado" y "buen lavado", combinados en cualquier proporción y con tueste en grado que produzca pérdida equivalente al 15% mínimo y 20% máximo de su masa neta original."

"Tipo B: Café 100% puro tostado en grano o molido, "desmanches" y "no lavados" o "naturales".

Es el elaborado principalmente o únicamente con café verde o crudo con norma de calidad "desmanches" y "no lavados" o "naturales" y con tueste en grado que produzca pérdida equivalente al 15% mínimo y 20% máximo de su masa neta original" (60).

## **CAPITULO IV**

### **Proceso de Obtención del Café Soluble**

## 4.1 Historia del Café Soluble.

### 4.1.1 En el Mundo.

Comenzaremos diciendo que el término de "café instantáneo" que se le dá al café soluble, fué creado como un lema publicitario en los Estados Unidos poco tiempo antes de la Segunda Guerra Mundial pero que no se adoptó hasta 1951. El término de "café soluble" que ya se empleaba antes de ese tiempo, sigue siendo aún, la expresión más utilizada por el consumidor y el industrial del café al referirse a este producto.

Antes de 1900, en Inglaterra se preparaban extractos líquidos o "esencias" de café con sistemas tipo batch o por lotes, partiendo de café tostado y molido. A estos extractos, se les adicionaba azúcar y se les evaporaba al vacío.

En 1865, L.D. Gale, recibió una patente de los Estados Unidos por haber desarrollado un método para obtener un extracto concentrado de las sustancias solubles del café, basado en la humidificación y compresión de café tostado y molido; el extracto era mezclado con azúcar resultando un producto sólido (78).

También en los Estados Unidos, alrededor de 1867 y hasta 1926, Gail Borden, que elaboraba leche condensada, preparó y vendió un producto a base de café y leche tipo instantáneo (84).

En 1903, un químico japonés de nombre Dr. S. Kato,

recibió una patente de los Estados Unidos en Chicago por el desarrollo de un invento para la obtención de café soluble en polvo. Este polvo fué vendido por primera vez en la exposición panamericana de 1901.

Poco tiempo después, alrededor de 1906, G. Washington cuando vivía en Guatemala, observó que los depósitos de café en la orilla de una taza, por acción del sol, dejaban pequeños residuos en polvo, producto de la evaporación del agua. Cuando los reconstituyó con agua, observó la facilidad con que éstos se disolvían presentando además, un muy buen sabor. Este fenómeno le dió la pauta para iniciar un productivo negocio de elaboración de café soluble. G. Washington estableció su primera planta procesadora de café en Bush Terminal, Brooklin en los Estados Unidos, para trasladarse en 1927, a Morris Plains, NJ. permaneciendo ahí hasta 1960 (actualmente la compañía Tenco elabora té instantáneo en esa planta) (78).

Durante la Primera Guerra Mundial se dió un gran impulso al uso del café soluble, sobre todo por la facilidad de preparación de la bebida que gozaba de gran popularidad en el ejército. Para el departamento de guerra norteamericano, el café era el artículo de subsistencia más importante y en ese tiempo compró toda la producción de café soluble a la mano, lo que provocó un incremento en la producción de 1,400 a 43,000 libras de café soluble al día. Esto favoreció sobre todo, a la planta de G. Washington que al terminar la guerra, mantuvo su producción con las ventas de su café

soluble a la población civil.

También fue durante la guerra que la Baker Importing Co., de Minneapolis, Mi. comercializó la marca "Barrington Hall" de café soluble en tubos de aluminio, en porciones de una o dos tazas. Este tipo de cafés fueron relativamente caros, sobre todo durante la depresión americana de los años treinta.

Por aquel tiempo, G. Washington utilizaba cafés de gran calidad y bajas temperaturas de extracción, obteniendo muy bajos rendimientos de solubles (alrededor de 20% en base al café tostado y molido utilizado). El producto obtenido era altamente higroscópico y en contacto con la humedad, rápidamente se hacía pegajoso. Era de color oscuro pero de buen sabor.

Al final de la década de los años treinta, la compañía Nestlé comienza a producir café soluble en su planta de Sunbury, Oh. en los Estados Unidos, utilizando baterías de percoladores y secadores por aspersión (spray drying). Nestlé obtenía así mejores rendimientos que G. Washington ya que además, utilizaba temperaturas de extracción mayores. Ya en este tiempo, G. Washington también utilizaba baterías de percoladores. Nestlé mezclaba su extracto de café con azúcares de maíz en un 50% en peso antes del secado. Con la adición de azúcares, se obtenía un producto en polvo fluido, de color claro y de menor higroscopicidad que el de G. Washington puesto que no se hacía pegajoso en presencia de humedad (78, 84).

En este tiempo, el café se vendía en latas de 2 onzas de Café Soluble (sin carbohidratos) que se producía en forma mínima, y de 4 onzas de Producto de Café Soluble (con carbohidratos).

Durante la Segunda Guerra Mundial, Nestlé produjo 25 millones de libras de su Producto de Café Soluble para la armada americana. No se vendió café soluble en el mercado civil de julio de 1944 a junio de 1945. Para satisfacer las demandas de café soluble durante la guerra, la armada americana solicitó a otros productores de café soluble su apoyo. Entre éstos estaban General Foods y Standard Brands, entre otros. Sin embargo, estos nuevos productores de café soluble no contaban con el conocimiento de la tecnología ni el "know how" de Nestlé o de G. Washington, lo que dio como resultado que produjeran un café soluble de muy baja calidad.

Las ventas de Nestlé de su Producto de Café Soluble antes de la guerra, se calculan en 6 millones de libras. La segunda planta de Nestlé que produjo café soluble se instaló en Granite City, Il. también en los Estados Unidos, poco tiempo antes de finalizar la guerra.

Después de la Segunda Guerra Mundial, Nestlé construye una tercera planta procesadora de café en Freehold, NJ. en los Estados Unidos. En 1944 Nescafé demandó a W.A. Heyman y en 1949 a Standard Brands por utilizar su sistema patentado de percolación. W.A. Heyman fue un químico de tiempos de la primera guerra que trabajo para Arbuckle Bros. (Yuban) y dirigió la producción de 2 millones de libras de café

instantáneo. Fue inventor de gran número de procesos relacionados con la industrialización del café. El juicio de demanda iniciado por Nestlé, fue encontrado sin fundamentos. Inmediatamente después, la división Maxwell House de General Foods instaló en su planta de Hoboken, NJ., en los Estados Unidos, una batería de percoladores para iniciar la explotación de este proceso comercialmente.

Al iniciarse General Foods en el empleo de percoladores, en 1950, obtenía unos rendimientos estimados de extracción de solubles de 36%. El producto que se obtenía por medio del secado por aspersión era fluido y no le eran adicionados carbohidratos.

Es así como General Foods comienza a vender su café soluble 100%. Poco tiempo después, los investigadores de esta compañía descubren que, utilizando secadores mas anchos y largos, se obtenían partículas secas de mayor tamaño (hasta de 1 mm). Estas partículas retenían más el sabor y aroma natural del café que las obtenidas en secadores mas pequeños que eran diseñados para secar leche, como muchos de los que usaba Nestlé. Antes de este descubrimiento, el café soluble existente tenía apariencia y textura de talco. General Foods llamó a su descubrimiento "flavor buds" o Botones de sabor. Debido a que la apariencia del café mejoró enormemente desde que se inició el uso de este método de secado, el producto obtenido comenzó a envasarse en frascos de cristal transparente. General Foods fue pionera en el uso de este tipo de envases, ya que Nestlé continuó elaborando su café en

polvo tipo talco hasta 1955, cuando obtiene partículas de mayor tamaño en el secado (78, 80).

La combinación de, tanto la eliminación de carbohidratos como la obtención de partículas de mayor tamaño, mejoró el color del producto obtenido (rojizo oscuro), le dio mayor fluidez y un mejor sabor. Estas características llevaron al café soluble producido por General Foods de casi el último lugar en calidad y ventas al primer lugar en ambos rubros, alrededor de 1950 (78).

Para 1952, Nestlé, junto con otras compañías, abandonan la adición de carbohidratos a sus productos. Al café soluble se le comienza a nombrar "Instantáneo", ya que las mejoras tecnológicas implantadas, permitían obtener un producto de mucha mayor solubilidad que el de los tiempos de la Segunda Guerra Mundial.

En 1953, Nestlé introduce el café soluble descafeinado (84).

Para 1958, la compañía Borden, que utilizaba secadores de tambor al vacío similares a los utilizados para secar leche, cambia al secado por aspersión.

Existieron sistemas de secado al vacío que utilizaban bandas o correas, pero al poco tiempo fueron abandonados para dar lugar al sistema de secado por aspersión, que continúa siendo en nuestros días, el método más ampliamente usado en la elaboración de café soluble.

El sistema de secado en frío al vacío o liofilizado, no se aplica en la producción de café soluble hasta alrededor de

1966 por General Foods. Sin embargo, el café Maxim de esta compañía alcanza ventas nacionales en los Estados Unidos hasta 1970, seguido por Tasters Choice de Nestlé. Poco tiempo después de que General Foods introduce el sistema de secado por liofilización, Nestlé introduce el café Aglomerado (1967) que da una apariencia de café tostado y molido al café soluble. General Foods lo hace hasta 1970 (78, 83).

En 1975, se inicia la producción continua de café soluble por el método de liofilización. El café soluble obtenido de esta manera, presenta mejores cualidades en el sabor y una excelente solubilidad, muy superior a los cafés obtenidos con otras tecnologías. Desgraciadamente, el uso tan generalizado hoy en día de las variedades robusta y la obtención de mayores rendimientos de solubles en la extracción, han estandarizado la calidad de estos cafés haciéndolos en ocasiones, muy similares a los obtenidos mediante el secado por aspersion. Por su alto costo de producción tienden a desaparecer, permaneciendo solo aquellos elaborados con materias primas de alta calidad para obtener productos muy buenos pero cuya venta se halla restringida a sectores de población de alto poder adquisitivo (80).

Es interesante comentar, que en 1957 Maxwell House introduce por primera vez aroma al café soluble, que ya se envasaba en frasco de cristal, mediante el uso de aceites del café. En ese momento se inicia una serie de trabajos de investigación abocados a la recuperación de aromas del café generados durante su procesamiento, ya que antes se perdían

al ser arrojados a la atmósfera. En 1960, Nestlé comienza a introducir aroma en sus cafés solubles (84).

Pocos cambios ha sufrido desde entonces la tecnología de elaboración de café soluble. Aunque su origen y desarrollo se llevo a cabo en los Estados Unidos, ha sido dispersada a todo el mundo (6).

Se considera que los mayores productores de café soluble son los Estados Unidos y Brasil. Este último produce unas 37 millones de toneladas de café soluble al año, de las cuales, alrededor de la mitad se vende a los Estados Unidos constiuyendo una tercera parte de sus cafés solubles industrializados. La industria brasileña de cafés solubles es capaz de producir una quinta parte de la producción total mundial de café soluble (83, 71).

Se estima que en 1980, el 19% del café producido en el mundo se destinó a la elaboración de café soluble.

Actualmente, los países con el más alto consumo de café son, por orden de importancia: Estados Unidos, el Reino Unido, Japón, Francia, Alemania Federal y Canadá. De éstos, los líderes del consumo de café soluble son: el Reino Unido y Japón, donde el 90% del consumo interno de café es en la forma de solubles. (87)

En países europeos y escandinavos, el consumo de café soluble es mínimo, ya que cuentan con excelentes cafés tostados y molidos (muchos de origen americano), pero sobre todo, existe en ellos una tradición y una educación referente al uso y preparación del café muy importante. En países como

México y otros países centro y sudamericanos, el consumo de café soluble es relativamente importante debido al impulso comercial que se le ha dado y a la baja promoción del consumo de café tostado y molido, aunado a una marcada influencia de los patrones de consumo norteamericanos que se manejan en la publicidad (80, 83, 71).

#### 4.1.2 En México.

En México, las primeras plantas productoras de café soluble, fueron establecidas al final de la Segunda Guerra Mundial.

Con el desplazamiento que sufre Nestlé del mercado norteamericano al momento en que General Foods y otras compañías inician la venta de café soluble 100%, esta compañía inicia su expansión en países de Europa e Iberoamérica creando plantas procesadoras de café a gran escala.

Durante esta expansión, Nestlé se establece en México y desde entonces, ha conservado el primer lugar en el mercado nacional de cafés solubles, tanto por el volumen de producción como por su variedad y calidad relativa a otros productos similares de la competencia.

En 1957, se establece la compañía Cafés de México, S.A., procreada por los más fuertes beneficiadores y exportadores del grano en el país, con el fin de participar en el mercado del café industrializado. La asistencia técnica y maquinaria

fue proporcionada por TENCQ, que aprovechó la renovación de su planta en Linden, NJ. en los Estados Unidos, para vender el equipo usado a México y Guatemala.

Unos años más tarde, dicha negociación fue adquirida por General Foods, quedando como único propietario.

En la década de los años sesenta, se construyen en México, dos pequeñas plantas solubilizadoras de café con capital inicial nacional. Una de ellas se establece en Monterrey (1963) con tecnología de NIRO. La otra planta es construida en Mazatlán para la compañía Nacional Cafetalera que comercializa sus productos con el nombre de El Marino (B0) (30).

En los últimos años, se han establecido nuevas compañías y en el caso de Nestlé, se han construido nuevas plantas (ver inciso 4.2).

#### 4.2 Situación Actual de la Industria del Café Soluble en México.

Para 1975 se cuenta en México con 4 empresas solubilizadoras (30):

- Cafés Solubles Monterrey, S.A.
- Nacional Cafetalera, S.A.
- General Foods de México, S.A.
- Compañía Nestlé, S.A. de C.V.

Actualmente son 7 empresas las que fabrican café soluble (3):

- Compañía Nestlé, S.A. de C.V.
- General Foods de México, S.A.
- Cafés El Marino, S.A. de C.V.
- Cafés Solubles del Pacífico, S.A. de C.V.
- Café Internacional de Cordoba, S.A. de C.V.
- Cafés Solubles Monterrey, S.A.
- General de Solubles, S.A.

La industria nacional consume aproximadamente 1'900,000 sacos de 60 k anuales de café verde, de los cuales, corresponden aproximadamente 600,000 sacos a cafés de calidad inferior (naturales, desmanches y robustas) y 1'300,000 sacos a cafés lavados.

Respecto al destino que se da a este café, se estima que un 45% del millón novecientos mil sacos, se destina a la fabricación de café soluble y el restante, a la elaboración de café tostado y molido (3).

En el mercado nacional el café tostado y soluble se expende bajo las siguientes presentaciones:

- Café tostado con azúcar
- Café tostado sin azúcar
- Café tostado y molido con azúcar
- Café tostado y molido sin azúcar
- Café tostado y molido descafeinado
- Café soluble instantáneo en las siguientes versiones:

- .Café soluble instantáneo en polvo o normal
- .Café soluble instantáneo en polvo descafeinado
- .Café soluble instantáneo aglomerado normal
- .Café soluble instantáneo aglomerado descafeinado
- .Café soluble instantáneo con azúcar (en un 30%)

los cafés solubles instantáneos liofilizados normales y descafeinados aún no se producen en México (5, 37).

En este capítulo daremos un mayor énfasis a la descripción de los procesos de producción de las presentaciones de café soluble elaboradas en México.

#### 4.3 Generalidades sobre la Producción de Café Soluble.

El principio de la fabricación del café soluble es relativamente sencillo. Consiste básicamente, en obtener un concentrado líquido de café mediante la extracción de los sólidos solubles del grano, previamente tostado y molido. A este concentrado le es removida el agua sometiéndolo a un secado por aspersión o por liofilización para obtener el producto en polvo.

La tecnología empleada tiene cierta sofisticación, más ahora que es resultado de un sin número de mejoras que se han desarrollado de unos años para acá y que han permitido obtener un café de calidad superior. Gran parte de estos desarrollos se hallan depositados en patentes.

Antes de adentrarnos en los detalles, debemos circunscribir el proceso de elaboración del café soluble dentro de la industrialización del café, con el fin de facilitar su comprensión. Las etapas que comprenden el proceso de producción del café soluble son las siguientes (37):

- Almacenamiento del café verde
- Clasificación del café verde
- Limpieza del grano verde
- Elaboración de mezclas de café
- Tostado del café
- Molido del café
- Extracción de los sólidos solubles

- Clarificación del extracto
- Secado: por aspersion (spray drying)  
por liofilización (freeze drying)
- Aglomerado (opcional)
- Aromatizado
- Envasado del producto

Al proceso de elaboración del café soluble instantáneo descafeinado se deben agregar las siguientes etapas (37):

- Descafeinado del grano verde o descafeinado del extracto concentrado (ésto último casi no se realiza), a través de las operaciones sucesivas siguientes:
  - .Extracción con agua o solvente
  - .Secado de los granos
- para obtener la cafeína, el extracto recuperado se:
  - .concentra
  - .cristaliza
  - .centrifuga

Todos los pasos previos a la extracción de los sólidos solubles se llevan a cabo exactamente en la misma forma en que fueron descritos en el capítulo anterior.

Cabe decir, sin embargo, que las mezclas del café destinado a la elaboración del soluble, van a depender del gusto del consumidor tanto como del sector al que se dirija el producto y al precio que se le permita dar, ya que en México, el café soluble forma parte de la canasta básica y su

precio está controlado para ciertas marcas y presentaciones.

En la fabricación de este café no se emplean mezclas muy finas, generalmente se utilizan variedades con las cuales se obtiene un alto rendimiento de extracción de sólidos solubles, como es la robusta. Es muy frecuente la utilización de los cafés de menor calidad y de bajo costo para elaborar el café soluble, sobre todo en los países productores del grano que de esta manera, dan salida a los cafés que por su baja calidad, son difíciles de colocar en el mercado.

Con respecto al tostado, esta fase del proceso sirve también para compensar deficiencias en la materia prima, ajustando la intensidad del tratamiento según las necesidades (83).

Aunque lo mencionamos brevemente, el grado de molienda es de suma importancia para asegurar un proceso eficiente de extracción. El tamaño de partícula lo decide el fabricante dependiendo del equipo que posea (83).

Las fases industriales que corresponden propiamente a la elaboración del café soluble, son las descritas a continuación.

#### 4.3.1 Proceso de Extracción de los Sólidos Solubles. (Percolación).

##### 4.3.1.1 Etapas del Proceso y sus Variables.

Después del tostado y molido del grano de café, la

extracción es la operación clave en la producción a gran escala de café soluble, en donde los sólidos solubles y los componentes volátiles de aroma y sabor son obtenidos.

El agua líquida es el único solvente utilizado para extraer los sólidos solubles del café, que también extrae pequeñas cantidades de compuestos volátiles. Ningún solvente orgánico es utilizado en el proceso de extracción, aunque existen numerosas patentes al respecto, sobre todo en relación a la extracción de los compuestos volátiles (p. ej. usando gases inertes) (12).

De acuerdo a M. Sivetz, a lo largo del proceso de percolado o extracción, ocurren tres diferentes etapas que son:

1) Humidificación.- Dentro del percolador lleno de café tostado y molido, el gas que rodea a las partículas molidas del grano, es desplazado por el agua caliente. Las partículas de café absorben el agua en forma selectiva, preparando a los compuestos afines a este solvente para la extracción. Conforme las partículas son más finas, hay una mayor absorción selectiva del agua.

2) Extracción.- Esto ocurre rápidamente una vez que se dio la absorción selectiva de agua. La concentración de solubles en este punto es la más alta que se da durante el proceso. Existen diagramas ternarios que relacionan la remoción de sólidos solubles de un sustrato sólido por medio de un solvente y que son aplicables al caso.

3) Hidrólisis.- Después de la extracción de los sólidos

solubles, viene el rompimiento de grandes moléculas de carbohidratos insolubles en agua que producen pequeñas moléculas que pasan a ser solubles en agua. Estas reacciones químicas se controlan con la temperatura y el tiempo de exposición. Generalmente se trata de azúcares reductores, aunque también, se da la presencia de otras moléculas de mayor tamaño. También ocurre hidrólisis de proteínas en esta fase (84).

Los fenómenos que ocurren a lo largo del proceso de percolado están definidos por continuos intercambios de materia y de energía (calor).

Para darnos una idea, mencionaremos las variables que deben tomarse en cuenta para establecer los cálculos de ingeniería que requiere el manejo de estos equipos.

**Variables Independientes:** Son aquellas que pueden ser modificadas ampliamente en el sistema de percolado:

- a. Geometría de los percoladores. Incluye el número de columnas, su tamaño, altura y diámetro.
- b. Materiales de proceso. Son la mezcla de café utilizada, el grado de tostado y molido y calidad del agua utilizada para la extracción.
- c. Técnica de percolación. Incluye el proceso utilizado para el llenado de las columnas con el café tostado y molido, la tasa de percolación (tiempo empleado en cada ciclo), la relación de la cantidad de agua utilizada respecto a la cantidad de café tostado y

molido presente (balance de material) y la forma de suministro de calor al líquido extractor (cantidades y procedimientos) (84).

Dependiendo del control que se tenga sobre estas variables, será la calidad del producto obtenido, así como, la eficiencia general de nuestro proceso.

**VARIABLES DEPENDIENTES:** son resultado de la manera como se lleve a cabo el proceso de percolado (su control):

- a. La calidad del sabor del extracto de café.
- b. El rendimiento de solubles obtenidos respecto al café tostado y molido usado.
- c. La concentración de sólidos solubles obtenidos en el extracto final.
- d. El perfil de temperaturas a lo largo del sistema (para efectos de balance de materia y energía).
- e. La resistencia al flujo del líquido extractor a través del grano tostado y molido dentro del percolador (84).

Una vez identificadas estas variables, se podrán modificar o adecuar a nuestras expectativas mediante la manipulación de las variables independientes para lograr que nuestro proceso de percolado sea lo más eficiente posible (84).

La elaboración del presente trabajo, no contempla el estudio profundo de estos fenómenos ni los conceptos de ingeniería que se requiere conocer para el diseño y cálculo

de estos equipos, para lo cual, recomiendo que se revise el cap. 10 del libro de Sivetz M. y Desrosier N.W. (84) referente a la teoría y práctica de la percolación.

En términos generales, las variables independientes se describen a continuación:

a. Geometría de los percoladores.

1. Número de columnas. Comercialmente, el número mínimo de columnas deberá ser de cuatro con un máximo de ocho. Un mayor número no se justifica. Debemos tomar en cuenta que el número de columnas y de hecho, la longitud del equipo, no debe provocar variaciones muy grandes de temperatura y presión.

2. Diámetro de las columnas. La altura de las columnas no debe exceder los 6 m para poder ser rellenas con grano de molido fino, y el diámetro deberá ser de menos de 1/5 parte de la altura. La longitud total de todo el equipo se recomienda que sea de 18 a 25m.

b. Materiales de proceso.

1. Mezclas de café. Definitivamente, a mejor café utilizado, mejor producto final obtenido. Sin embargo, durante el proceso de elaboración del soluble se pierden gran cantidad de compuestos volátiles del café, por lo que el uso de un café fino no se justifica. Además, existe la ventaja de que, aún utilizando cafés de baja calidad, se obtiene un café soluble razonablemente bueno. Se menciona que los cafés robusta dan altos rendimientos de sólidos

solubles, sin embargo, su uso requiere de ciertas precauciones, ya que por su mayor densidad, dan problemas de variación de temperatura y presión durante el percolado, entre otros inconvenientes.

2. Grado de Tostado. Un tostado claro dará granos más densos que requerirá el uso de mayor cantidad de material para el llenado del percolador, al contrario de un grano con tostado oscuro. Un tostado oscuro tiende a producir partículas finas durante la molienda que dan problemas de caída de presión.

Los tostados claros, dan mayores rendimientos de extracción de solubles a menores temperaturas y un sabor más limpio en la taza, sin embargo, generalmente el tostado oscuro desarrolla mejores características de sabor y enmascara las diferencias ocurridas en este rubro por efecto de la gran cantidad de azúcares hidrolizados que se extraen durante el percolado. Utilizando un tostado oscuro, se obtiene una mayor extracción de ácidos grasos que van a reducir el problema de espuma en la taza y se favorece la formación de partículas finas durante el secado, además de mejorar el sabor y aroma del café, que se encuentra en gran medida en estos aceites.

3. Grado de molido. Un molido muy fino dá tasas de extracción altas pero causa caídas de presión por problemas de compactación. La extracción es más eficiente y favorece la salida de ácidos grasos con

las conveniencias antes señaladas. Un molido más grueso facilita el flujo del líquido extractor, aunque retarda la velocidad de extracción y la hidrólisis con respecto al molido fino, la densidad del café será menor, factor que debe tomarse en cuenta al momento de llenar el percolador.

4. Calidad del agua. Un agua ácida y desmineralizada, acelera la hidrólisis y la obtención de solubles. Un agua alcalina retarda el percolado. El agua influye también en los índices finales de pH, que pueden afectar el sabor y el color del extracto. Debe tenerse cuidado de evitar el uso de aguas con alto contenido de calcio y magnesio por el daño que pueden causar al equipo (depósito de minerales). Se recomienda usar aguas desmineralizadas y neutras. Algunos fabricantes agregan al agua pequeñas cantidades de ácidos orgánicos o minerales para mejorar los rendimientos; posteriormente el extracto puede ser neutralizado con amoníaco (84).

#### c. Técnicas de percolación utilizadas.

1. Llenado de las columnas. El llenado de una columna percoladora se verá afectado por fenómenos de segregación de las partículas, lo que significa que las partículas de mayor tamaño tienden a ir hacia las orillas del depósito y las pequeñas tienden a acomodarse en las esquinas del contenedor. Para evitar esto, el llenado deberá hacerse tan rápido

como se pueda para que unas partículas queden atrapadas con las otras. Esto se logra muchas veces con la ayuda de una pequeña corriente de aire.

Un llenado uniforme facilita el flujo del líquido extractor y mejora los rendimientos de extracción. La uniformidad del tamaño de partícula obtenido de la molienda, será de gran ayuda en esta operación.

2. Temperatura de la pared del percolador. Si esta temperatura es muy alta ( $166^{\circ}\text{C}$  o más), al momento de llenar el percolador, el café entrará en descomposición en cuestión de minutos. Es por ello aconsejable que el tiempo de residencia del café dentro del percolador antes del proceso de humidificación, sea tan corto como sea posible, o que la temperatura se mantenga abajo de la señalada.
3. Relación agua/café molido. La relación dada entre el agua alimentada al percolador respecto al café que contiene es, referida al peso, de 3/1 a 4/1. Esta relación está determinada por la concentración de sólidos del extracto así como, por la densidad del café dentro de la columna. Únicamente una quinta parte del agua que entra al percolador es la que se obtiene a la salida del sistema junto con los sólidos solubles extraídos. Las otras cuatro quintas partes salen junto con los desechos de café molido después de la extracción.
4. Sistemas de aplicación de calor. Se relacionan

principalmente con el hecho de tratar de mantener un perfil de temperaturas adecuado, que permita lograr una buena extracción. Si se utilizan sistemas en donde el agua no es recalentada en diferentes puntos del proceso, debe entrar al sistema a una temperatura tal, que al ir cediendo calor durante su trayecto, conserve un nivel que le permita trabajar adecuadamente; generalmente se introduce 160 a 180°C. Esto dependerá del tamaño de las columnas, tiempo de duración del ciclo de extracción y las pérdidas de calor que se dan a lo largo del sistema. Además, se debe tomar en cuenta la capacidad de calor del agua y del café (la del agua es 2.5 veces la del café). En este tipo de sistemas, el control de temperaturas está muy limitado.

Existen equipos que cuentan con dispositivos que calientan o mantienen la temperatura del agua de extracción, localizados entre columna y columna. En estos sistemas, se logra un excelente control de la temperatura del líquido extractor que permite mantenerlo a un nivel ideal de extracción a lo largo de todo el proceso. Este sistema llevará a obtener mejores rendimientos y calidad en el extracto de café, ya que se podrá controlar incluso, el tipo de compuestos a extraer (84).

Todas las variables citadas, se hallan interrelacionadas y dependen unas de otras en forma muy importante. Estas

variables son el fundamento del control del proceso que se lleva a cabo en esta fase de la elaboración del café soluble. En base a ellas, se eligen los análisis que habrán de hacerse al producto para efectos de control de calidad, tanto durante el proceso como al final de éste.

#### 4.3.1.2 Funcionamiento de una Batería de Percoladores.

Mediante el percolado o extracción, se pretende obtener un producto con una concentración final de sólidos solubles de 15 a 25% en peso (alrededor de un 40% de extracción de sólidos solubles del café tostado y molido), que posteriormente será concentrado aún más, para finalmente ser secado y obtener el producto en polvo (12).

El uso de una batería de percoladores como método de extracción, que es al que nos hemos estado refiriendo, es el más ampliamente utilizado en México y en todo el mundo. Aunque existen métodos de extracción conocidos en inglés como "Countercurrent Continous Screw" y el "Stage Slurry System", el método de percolado sigue siendo de los más eficientes, tanto por la obtención de altos rendimientos, como de una buena calidad de extracto. Incluso, este principio es el utilizado en los sistemas de preparación de la bebida de café a nivel doméstico. El sistema de percolado deriva de los procesos de extracción utilizados para la obtención de azúcar de la remolacha y la caña (12).

El proceso de percolación es el siguiente:

El café tostado y molido es colocado en columnas verticales (percoladores) independientes una de la otra, en donde el licor de cada percolador no se mezcla con el de otro, sin embargo, la batería se halla conectada en serie por medio de tubería. El agua caliente (a unos 180°C), fluye a contracorriente dentro de los percoladores; la alimentación es continua en la columna que contiene el café más agotado (libre ya de sólidos solubles), y sigue su recorrido hacia adelante a través de cada columna colocada en serie y que progresivamente va teniendo café más fresco (sin extraer). El extracto continúa su camino hacia adelante y comienza a llenar los intersticios de la columna con el café fresco aún sin extraer. Simultáneamente, humedece el café y desplaza los gases hacia arriba y hacia afuera. El extracto de café que sale de esta última columna (la del café más fresco), tiene una alta viscosidad, con una concentración de solubles de alrededor de 35% o incluso superior (en México se han logrado porcentajes de extracción arriba del 40%). El agua caliente de alimentación fluye continuamente dentro de la columna con el café más agotado (85).

El vaciado del extracto de la columna que en ese momento tiene el café más fresco, se hace en forma intermitente, ya que al conectarla al sistema, toma cierto tiempo el que se llene y que se lleve a cabo la extracción e hidrólisis antes de comenzar a ser descargada. El tiempo de llenado de la columna es el mismo utilizado para vaciarla (12).

Conforme cada columna es agotada, es aislada del resto e

inmediatamente son descargados los desechos de café que contiene. Posteriormente, es recargada con café fresco y conectada nuevamente al sistema. Véase el diagrama.

Durante el tiempo que duró este proceso, el café molido fue humedecido, fue sometido a la hidrólisis y fue objeto de la extracción de sus compuestos solubles. Para un sistema de 7 columnas, esto ocurre en 3 horas (85).

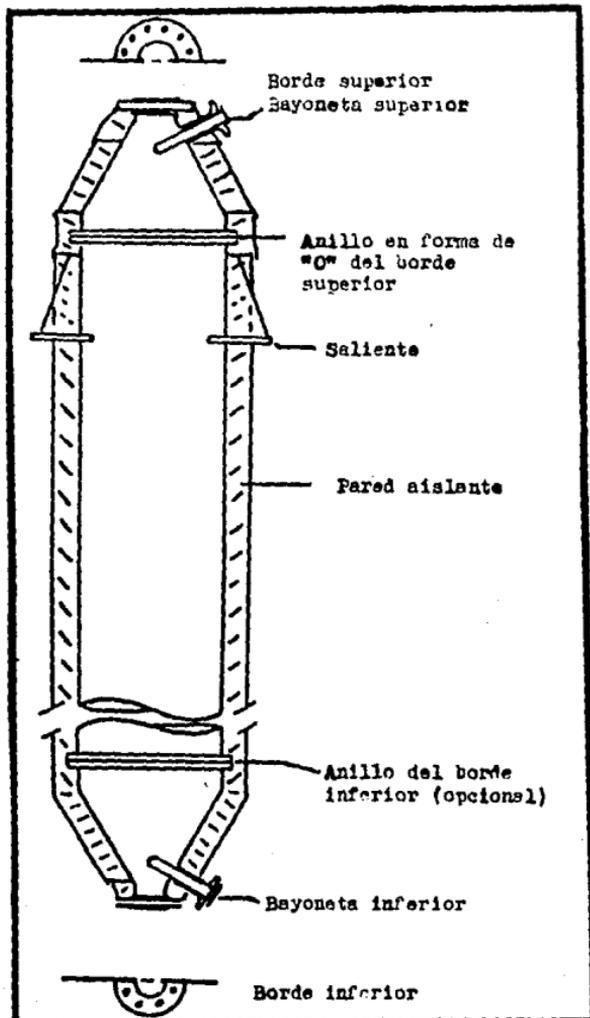


Fig. 4.1 Diagrama de un Percolador (de 85).

El número de columnas de una batería habíamos dicho que puede ser de 5 a 8. Este tipo de sistemas requiere el uso de agua a 100°C de temperatura. Se necesita entonces, contar con un adecuado sistema de aislamiento que evite la pérdida de

calor, y así mantener la misma temperatura a lo largo de todo el proceso. En la industria (como ya se ha comentado), el agua se alimenta al sistema a 180 °C, para que al llegar a la columna con el café fresco, tenga una temperatura de 100°C, ya que, casi inevitablemente, pierde calor a lo largo de su recorrido. Habíamos comentado también, que se pueden emplear sistemas de mantenimiento de la temperatura del agua, colocados entre columna y columna.

El uso de mayores temperaturas del agua de alimentación, permite obtener mayores rendimientos y concentraciones en el extracto, ya que aumenta el número de reacciones de hidrólisis, y con ello, el porcentaje de sólidos solubles extraídos.

Si se utilizan mayores temperaturas en el sistema de extracción, es necesario mantenerlo bajo presión, con el fin de conservar las condiciones hidráulicas (p.ej. el agua a 175° C requiere de una presión de 120 psig o 828 kPa). Esto implica que, tanto las columnas percoladoras como el sistema de tubería por donde corre el extracto, deben estar diseñados de tal manera, que soporten incluso mayores presiones que las necesarias.

Entonces habrá, tanto un perfil de temperaturas como uno de presiones en el sistema. Este puede estar diseñado de tal manera, que la presión a la entrada de la columna con café fresco sea prácticamente la atmosférica, mientras que la mayor presión se dé en la salida de la bomba de alimentación.

Existen dos factores clave en la operación de percolado:

el tiempo de duración del ciclo (que se considera desde que se coloca la columna con café fresco en la línea, hasta que la misma columna es vaciada o liberada del total del extracto que contiene, para comenzar a llenar una nueva columna con café fresco) o el tiempo de proceso (que comienza cuando el extracto entra a la columna cargada con el café fresco y termina cuando esta columna es descargada y desconectada de la línea). El tiempo determina otros factores que influyen en la productividad. El otro factor clave es la densidad del extracto final obtenido por ciclo y su concentración de sólidos solubles, con los cuales se determinará el rendimiento final y la eficiencia del proceso (12).

Como en toda actividad industrial, el factor económico es de suma importancia y determinará, en muchos casos, la manera como se lleve a cabo un proceso, ya que se buscará obtener los mayores rendimientos en el menor tiempo posible y al menor costo. Esta es una variable independiente que no habíamos tomado en cuenta y que está detrás de toda actividad industrial.

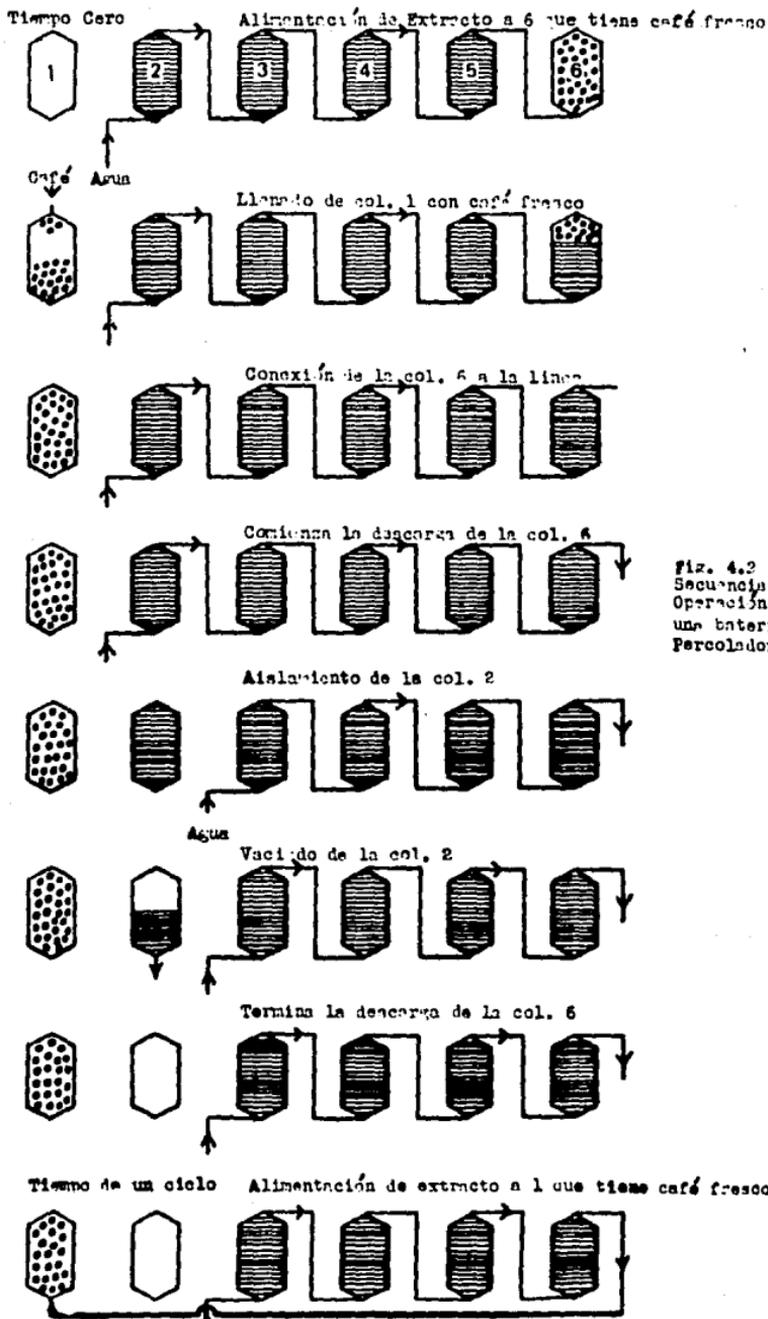


Fig. 4.2 (de 12)  
 Secuencia de  
 Operación de  
 una batería de  
 Percoladores

#### 4.3.1.3 Control de Proceso durante el Percolado.

Los controles de proceso que más comunmente se realizan en esta fase de la elaboración del café soluble en México son los siguientes:

Respecto a los sólidos solubles, se mide la concentración del extracto, ya sea por gravedad específica o por el índice de refracción. El contenido de sólidos deberá compararse con patrones establecidos de acuerdo a la mezcla y el grado de tostado utilizados, así como, el rendimiento de extracción obtenido.

En extractores discontinuos se deben de tomar muestras representativas para controlar más eficientemente las variaciones que puedan ocurrir.

Las mediciones de gravedad específica son realizadas mediante el uso de un hidrómetro y el índice de refracción, utilizando un refractómetro. Deberán realizarse estas mediciones sobre muestras a las que se les han removido los gases que tengan atrapados, para evitar obtener datos erróneos.

Es necesario que se hagan mediciones del peso del café tostado y molido que se coloca en los percoladores, tomando en cuenta su contenido de humedad para obtener las cifras de rendimiento.

Pueden también analizarse los compuestos volátiles mediante el uso de técnicas de cromatografía de gases u otros métodos.

La acidez de los extractos también suele monitorearse (pH y acidez titulable). También se suele medir el contenido de sedimentos utilizando un papel filtro y comparando contra estándares.

A lo largo del proceso, deberán verificarse continuamente la temperatura y la presión en varios puntos del sistema (12).

#### 4.3.2 Clarificación del extracto.

Una vez obtenido el extracto de café del proceso de percolación, es enfriado (mediante el uso de un enfriador de placas (intercambiador de calor) similar a los que se usan en la industria lechera p.ej.) y luego sometido a un proceso de clarificación para darle las características que requiere tener de acuerdo al método de secado a utilizar. Ya sea por aspersion (spray drying) o por liofilización (freeze drying). En México no existen plantas industriales que utilicen el secado por liofilización y básicamente se hace uso del secado por aspersion, que será el que describiremos con más detalle.

Ambos métodos de secado requieren que el extracto de café a tratar sea claro y esté libre de impurezas. Generalmente, después de la percolación, el extracto presenta impurezas alquitránicas en estado coloidal, además de algunas materias insolubles. Para retener estas impurezas, se instalan filtros sobre la misma línea de percolado, o se pueden utilizar sistemas de centrifugación para clarificar el

extracto (lo más común). Se reporta que las partículas retenidas con este método de clarificación, suelen ser portadoras de compuestos que otorgan sabor al café por lo que no se recomienda su uso, aunque es sumamente práctico. Se recomienda que el extracto se deje reposar en los tanques de almacenamiento con el fin de que las partículas pesadas se asienten y entonces, estos asientos, someterlos a una centrifugación, para recuperar de ellos el extracto que han absorbido. Cuando el extracto es obtenido de cafés robusta o cafés de Brasil, la centrifugación de todo el extracto será forzosa (85, 12).

El equipo utilizado en esta fase del proceso, es del tipo convencional, pues no presenta características especiales. Existen numerosos diseños de maquinaria de centrifugación que cumplen con las funciones requeridas.

#### 4.3.3 Concentración del Extracto.

En esta operación se pretende remover cierta cantidad de agua del extracto con el fin de aumentar su concentración de sólidos. Esta comprobado que una mayor concentración de sólidos en el extracto, incrementa la capacidad de producción de los secadores, además de que se obtiene una partícula de textura mas consistente y de mejor calidad.

El secado de un extracto más concentrado, compensa la degradación del sabor resultado de las extracciones de alto rendimiento (con gran cantidad de hidrolizados).

Mediante la concentración, se pretende llevar al extracto de un contenido de sólidos del 20 al 25% hasta un 33 al 40% o más.

Existen 3 métodos de concentración aplicables al café: la evaporación, la concentración por congelación y la ósmosis inversa siendo la primera la que se utiliza en México generalmente (11).

Para la concentración por evaporación, se prefieren los evaporadores de película. El extracto a concentrar se introduce por bombeo a un cilindro vertical con un elemento giratorio que extiende el fluido en una capa delgada sobre la pared del cilindro. El cilindro tiene una doble pared calentada por medio de vapor. El agua es eliminada en forma instantánea de la capa delgada del producto, que es separada simultáneamente de la pared del cilindro. El alimento concentrado y el vapor de agua son descargados continuamente. El producto concentrado sale por el fondo del cilindro y el vapor pasa a un condensador. La pared del evaporador en contacto con el extracto puede llegar a los 120°C, pero la permanencia es de menos de un minuto por lo cual, el daño por calor es mínimo. Estos sistemas pueden trabajar al vacío (69, 16, 93).

Existen otros equipos que trabajan bajo el mismo principio como: el evaporador Centritherm de Alfa Laval, cuyo sistema utiliza unos conos que giran a altas velocidades y que son calentados con vapor dentro de una cámara de vacío. El tiempo de contacto del extracto con el aparato se reduce a

0.1 segundos (84).

Cualquiera que sea el método de evaporación utilizado, no se puede evitar, que junto con el vapor de agua, se destilen también ciertos compuestos aromáticos.

El método de concentración por congelación, utiliza temperaturas de congelación del agua para removerla del extracto. La pérdida de compuestos volátiles es mínima y en esto reside su mayor ventaja. Este método está basado en la diferencia que existe entre el punto de congelación del agua pura y el de aquella que presenta sólidos disueltos.

Las concentraciones que pueden alcanzarse con este método son de hasta un 40% en peso puesto que existen, como en la evaporación, limitantes debidas a la viscosidad del extracto (11).

Referente al método de ósmosis inversa, no existen referencias de su aplicación para concentrar extractos de café, sin embargo, Clarke R.J. lo menciona como un método alternativo con posibilidades de aplicación en la concentración de estos extractos (11).

#### 4.3.4 Proceso de secado.

El café, una vez secado, debe tener un contenido de humedad del 2 al 5%. Para lograrlo, actualmente se utilizan dos métodos: el secado por aspersión o atomización (spray drying) mediante la remoción de agua por evaporación en una corriente de aire caliente; y el secado por liofilización

(freeze drying) en donde el agua del extracto es congelada, y el hielo obtenido es sublimado mediante la aplicación controlada de calor en una cámara de vacío.

Anteriormente se usaba el método de secado por tambor (contacto del extracto con una superficie cilíndrica caliente) pero prácticamente ya no se usa. También se utilizan métodos de secado al vacío (del tipo secador de banda), y de lecho fluidizado, que en algunas ocasiones aún se emplea para ciertos procesos finales de secado.

El producto obtenido mediante el secado, además de tener una buena calidad de sabor, deberá poseer un aspecto atractivo y una forma física conveniente y presentar estabilidad al almacenado. Deberá contar con una buena fluidez y una densidad adecuada que se desea esté entre los 18 y 25 g/100 cm<sup>3</sup>. Se busca también, que el producto sea fácilmente soluble en agua caliente.

Un café obtenido mediante el secado por aspersion, no deberá ser polvoso, con un tamaño de partícula de alrededor de 200 a 300  $\mu$  de diámetro en promedio.

Actualmente, muchos cafés en polvo son aglomerados, tanto para facilitar su solubilización, como para darles una presentación atractiva de café molido. En los cafés secados por liofilización, esta textura se obtiene directamente del proceso.

El secado por liofilización, reduce enormemente la pérdida de compuestos volátiles durante el secado por lo que, generalmente, el producto resultante es de mejor calidad que

el obtenido mediante el secado por aspersión. Como se comentó al inicio de este capítulo, el secado por liofilización, es el método más recientemente utilizado en el proceso de elaboración de café soluble. Es un proceso caro y quizá sea ese el motivo por el cuál, en México aún no se le emplee en escala comercial, predominando el secado por aspersión (11).

Existen otros métodos de secado que pueden aplicarse al café pero que no se usan aún en esta industria (57).

#### 4.3.4.1 Secado por Aspersión. (Spray Drying).

El fundamento de este proceso, es el intercambio de materia (agua) y energía (calor) que se da entre el aire caliente seco y el extracto, por lo tanto, requiere de controles estrictos de temperatura y humedad dentro y fuera del aparato. El mecanismo es el siguiente: el agua que entra con el extracto sale con el aire que al inicio entró seco. Ocurre entonces una modificación en la temperatura y la humedad de ambos flujos (84).

De acuerdo a Clarke R.J. (11), el secado por aspersión incluye cuatro etapas:

- a) La dispersión del líquido (extracto) en forma de gotitas o glóbulos mediante su aspersión dentro del secador.
- b) El contacto de estos glóbulos con una corriente de aire caliente y seco.
- c) La evaporación del agua que contienen las gotitas al

mismo tiempo que se provoca un enfriamiento del aire por efecto del calor latente de evaporación.

d) La separación del aire del producto seco.

Las 3 primeras fases deberán llevarse a cabo dentro de la cámara cilíndrica vertical del secador, mientras que la cuarta puede hacerse afuera.

Los secadores por aspersión tienden a ser construcciones monumentales, sobre todo, cuando se trata de secar partículas o gotas relativamente grandes, como sucede en el café.

Aunque el proceso de secado por aspersión es continuo, generalmente va precedido por un proceso de extracción discontinuo. El tiempo en que se lleva a cabo el secado, es de tan solo unos segundos, lo que constituye una ventaja del método. El aire que entra al secador tiene una temperatura de 205°C. Debido al enfriamiento que ocurre durante la evaporación del agua de las partículas, su temperatura rara vez excede los 83°C, además de que dichas partículas son retiradas rápidamente de las zonas calientes, evitando así, que sufran deterioro (11, 69).

Todo secador por aspersión debe incluir dentro de sus componentes: tanques de almacenamiento, una bomba de alta presión para enviar el líquido a la parte alta de la torre, una boquilla rociadora o atomizadora, una fuente de aire caliente con ventilador, un recipiente recolector del producto seco y un dispositivo a la salida del aire húmedo unido a un sistema ciclón para recuperar las partículas finas que arrastre con él. Véase el diagrama (69).

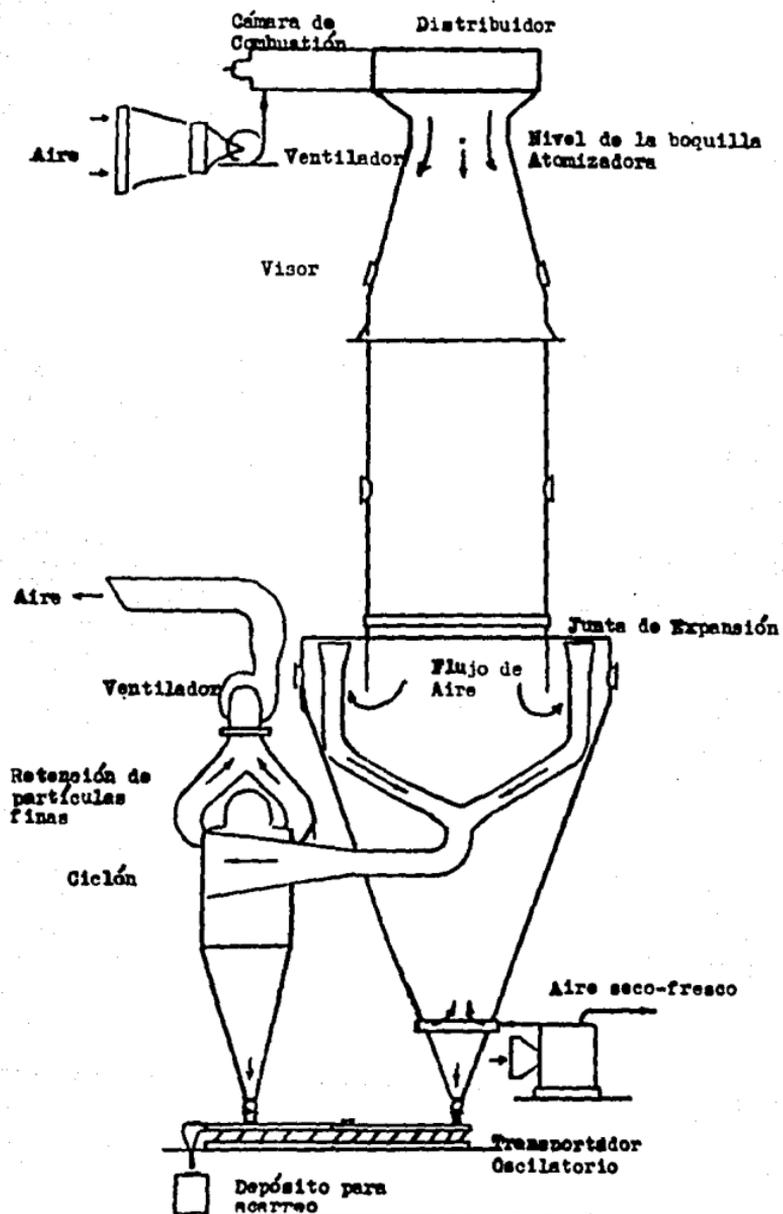


Fig. 4.3 Secador de Aspersión Vertical y sus Accesorios (de 85).

Las modificaciones del diseño de la cámara están enfocadas sobre todo, en lo referente a la forma de introducción del aire en relación a la entrada del líquido a secar: el aire y las gotitas atomizadas pueden entrar juntos a la torre por la parte superior (lo más común en café), por la parte inferior o pueden entrar por separado. Se puede lograr que las partículas descendan en línea recta o en espiral, y la cámara puede ser vertical u horizontal.

Un mayor tamaño del secador tipo vertical, con la alimentación en la parte superior, permite un mayor tiempo de permanencia de las partículas en su interior y da oportunidad para que ya secas, topen unas con otras menos secas y se unan formando racimos o aglomerados generando unidades de mayor tamaño, que se ha visto que retienen con mayor eficacia los compuestos aromáticos, dando como resultado un producto final de mejor calidad (69).

Conforme más ancho sea el secador, se podrá manejar una mayor cantidad de producto por unidad de tiempo.

La manera como se realiza la aspersion influye en las características del producto secado, así como en la geometría del secador y la dirección del aire dentro de la cámara. Existen dos tipos principales de aspersores o espreas: las boquillas rociadoras a presión y los discos o centros giratorios centrífugos. Existe otro método en donde la fuente de café a baja presión es puesta en contacto con un flujo de aire de alta velocidad que rompe el extracto en partículas muy finas. Los discos o centros giratorios funcionan

aventando las gotitas de extracto por efecto de la fuerza centrífuga generada por su movimiento rotatorio de alta velocidad (85, 11).

De los tres métodos mencionados, el más utilizado es el de las boquillas rociadoras a presión, por su facilidad de uso, instalación y relativo bajo costo.

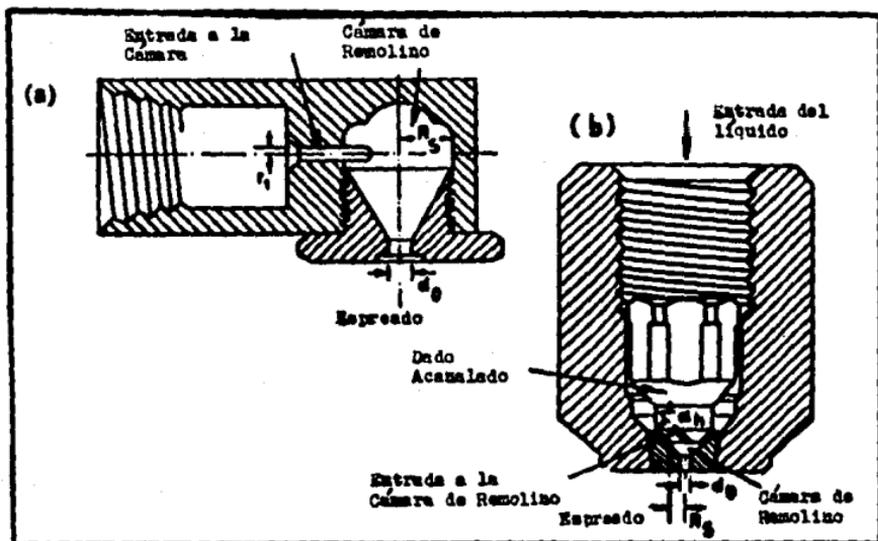


Fig. 4.4 Espreas Centrífugas de Presión con a) Cámara Interna de Remolino y de b) Corazón Acanalado (de 11).

El atomizador o esprea debe ser capaz de producir gotitas pequeñas pero sobre todo, de tamaño uniforme, para que también el secado sea uniforme. El tamaño y la trayectoria de las gotas más grandes determinan el tiempo de secado y por consiguiente, el tamaño de la cámara.

Así mismo, el tamaño de las gotitas asperjadas, fijará el tamaño final de las partículas secas, y si no existe uniformidad, ocurrirán problemas de segregación a la hora del almacenado o envasado del producto. El tamaño de partícula también ejerce una influencia importante en la solubilidad del producto (69).

Por otro lado, las partículas muy finas serán arrastradas por el aire húmedo hacia afuera del secador. Estas son recuperadas por el sistema ciclón instalado a la salida del sistema, y son mezcladas con el producto principal o redisueltas para ser secadas nuevamente, sin embargo, han perdido mucha calidad, tanto en aroma como en sabor, lo que puede perjudicar al producto final. Un secador adecuadamente diseñado y operado, no debe coleccionar más de un 10% de polvos finos en el ciclón (11).

La trayectoria de las gotitas asperjadas dentro del secador, debe evitar el contacto con las paredes de la cámara, sobre todo, en las primeras fases del secado en que las partículas están húmedas y se pegan a las paredes calientes del secador con mucha facilidad, tendiendo a carbonizarse y formar una costra. Estas partículas carbonizadas, pueden pasar a formar parte del producto final

degradando su calidad, principalmente porque son insolubles (69, 11).

Generalmente, la forma de las partículas secadas por aspersión es esférica, aunque ésto depende del tiempo que tarde en secarse la gotita que les dá origen. Si se regula correctamente el secado, se puede lograr que el vapor de agua que se escapa de las gotitas, deje huecos y vacíos en las partículas secas, obteniéndose así, un polvo de menor densidad que puede ser adecuado o no en la fase de llenado. Este es un aspecto del secado que debe controlarse cuidadosamente.

Los colectores del secador pueden ser separadores de ciclón o emplearse para el caso, tornillos transportadores sin fin, que reciben el polvo que resbala de las paredes inclinadas de la parte inferior del secador. También pueden utilizarse bandas transportadoras o válvulas rotatorias.

Existen sistemas de secado en donde al extracto, previamente a esta fase, se le inyecta aire de tal forma que se genera una especie de espuma. Al ser introducida al secador, se acelera la velocidad del secado debido a la mayor superficie de exposición de las gotitas de espuma. Este procedimiento, permite obtener un producto seco más ligero (69).

Según M. Sivetz (84), las variables del proceso de secado por aspersión son las siguientes:

Variables Independientes.

1. Relación del flujo de masa: aire/extracto.

2. Forma de aplicación del calor.
3. Forma y tamaño del secador y equipos auxiliares.
4. Tasa del flujo de aire y forma de introducción al secador.
5. Tasa de flujo del extracto y método de asperjado o espreado.
6. Humedad del aire a la entrada.
7. Temperatura del aire a la entrada y a la salida.
8. Alteración de las propiedades del extracto.

#### VARIABLES DEPENDIENTES.

1. Perfil de humedad.
2. Perfil de temperatura.
3. Propiedades del polvo obtenido: sabor, densidad, humedad, solubilidad, color, fluidez, apariencia (geometría de la partícula) y claridad de la taza (no turbia, sin sustancias flotantes, sin sedimentos, que no presente anillos en el borde y sin espuma).

Por la naturaleza de este trabajo, no podemos detenernos más en este proceso, por lo cual, se recomienda consultar a Sivetz M. (84).

#### 4.3.4.2 Secado por Liofilización. (Freeze Drying).

El secado por liofilización, no ha encontrado aún un uso tan difundido como el del secado por aspersión. En México aún no se produce ningún café soluble bajo este sistema.

En forma general, el secado por liofilización se realiza

de la siguiente manera:

Una vez que el extracto de café ha sido filtrado y concentrado, se introduce bióxido de carbono gas a la mezcla con el fin de controlar la densidad del producto final. Posteriormente, el extracto es sometido a congelación. La velocidad de congelación tendrá gran influencia en el color del producto seco final, sobre todo lo referente al tamaño y forma de crecimiento de los cristales. Esta congelación puede realizarse por varios métodos como son:

- a) Rocíando el licor sobre la superficie de un tambor giratorio refrigerado y retirando el producto con el uso de una cuchilla.
- b) Colocando el extracto en bandejas expuestas a una ráfaga de aire frío.
- c) Alimentando el extracto sobre una banda móvil de acero inoxidable que es enfriada por su parte inferior mediante una solución de etilenglicol o una salmuera, alcanzando los  $40^{\circ}\text{C}$  bajo cero (87).

Todos los sistemas de congelado son seguidos de un molido del extracto en forma de hielo, para producir pequeñas partículas del tamaño y características que se requieran en el producto final. Esta operación debe realizarse a temperaturas de  $40^{\circ}\text{C}$  bajo cero (84, 79).

El producto molido es ahora tamizado para uniformar el tamaño y la forma de las partículas, lo que permitirá un secado más homogéneo. Esta misma operación se va a repetir con el café una vez seco (87).

Posteriormente, los gránulos son colocados en charolas que son introducidas a las cámaras de vacío, que pueden trabajar en forma continua o intermitente. Dentro de las cámaras, una vez generado el vacío, el producto se somete a una radiación calorífica que provoca la sublimación del agua. Esta escapa en forma de vapor, dejando huecos vacíos en el material que la contenía, dando como resultado un producto seco, poroso, con aspecto de esponja. El vapor debe ser eficientemente retirado del sistema para evitar posibles rehidrataciones (69, 87).

Durante el secado, la temperatura del producto no excede los 50°C.

Las condiciones del secado requieren de un vacío de 0.1 a 2.0 mm Hg y una temperatura interna inicial de 50°C bajo cero (69).

El secado por liofilización dura unas 9 horas, alcanzándose un contenido de humedad en el producto seco, de un 1 a 2%, un poco menor que el obtenido mediante el secado por aspersión (de 3 a 3.5%) (84, 79).

Para conservar las cualidades del producto liofilizado, el vacío se rompe utilizando gas nitrógeno en lugar de aire. El producto impregnado de nitrógeno, se envasa también bajo esta atmósfera. La operación de envasado, debe llevarse a cabo lo antes posible, una vez retirado el producto de las cámaras de vacío, para evitar la salida de los compuestos aromáticos. Puede ser aromatizado, pero siempre bajo atmósferas de gas nitrógeno (36).

La textura del café liofilizado, le permite ser reconstituido rápidamente con agua, es decir, su solubilidad es máxima. Además, retiene una mayor cantidad de aromáticos que el obtenido del secado por aspersion. En general, se obtiene un café soluble de mejor calidad (36, 79, 37).

#### 4.3.5 Aglomerado del Café. (El secado por Aspersion).

Esta operación es exclusiva del café obtenido mediante el secado por aspersion, y se realiza con el fin de darle un aspecto de café molido que lo hace más atractivo. El sabor no se mejora en forma significativa con este tratamiento. El aglomerado del café resulta ser una operacion delicada debido a sus características de alta higroscopicidad y termoplasticidad (84, 87).

Mediante el aglomerado, se mejora también la solubilidad, pues las partículas se hacen más pesadas y tienden a ir al fondo de la taza, además de ser porosas. También evita la formación de espuma en la superficie de la taza por razones similares, así como mejora el color del producto haciéndolo más oscuro. Evita la formación de polvos finos, dando una partícula físicamente más fuerte. Aumenta la densidad general del producto, lo que permite utilizar envases mas pequeños (84, 11, 87).

Funcionalmente, la aglomeración es la fusión de muchas partículas de café seco. Esta fusión ocurre debido a calor, tiempo y humedad. Un procedimiento ideado por General Foods,

comienza por pulverizar las esferas del café secado por aspersión utilizando un molino, evitando que el aire quede atrapado, para que no haya formación de espuma cuando el aglomerado sea disuelto. Las esferas rotas (polvo) caen de un alimentador vibratorio formando una cortina, que entra en contacto con una corriente de vapor inyectado a presión con sistemas tipo jet, dando lugar a la formación de las partículas aglomeradas. Los racimos húmedos pasan luego a un secador (con una temperatura de entrada de 232°C), con el fin de retirar la humedad residual. Posteriormente, las partículas fundidas se colocan sobre una banda transportadora de movimiento oscilatorio en donde son nuevamente calentadas con aire y luego enfriadas, también con aire, antes de pasar a la fase de empaclado (44, 84).

Existe un método que utiliza vapor para humedecer las partículas (empleado por Nestlé). Estas deben pasar a través de un embudo en cuyas paredes existen orificios por las que se inyecta vapor, que entra en contacto con las partículas de café conforme éstas fluyen. En el momento en que el café circula por el dispositivo, una corriente de aire o de gas inerte fresco, es inyectada sobre el mismo fluido, con el fin de controlar la aglomeración de las partículas, ya que tiene la función de condensar el vapor sobre el polvo. Véase el diagrama (44).

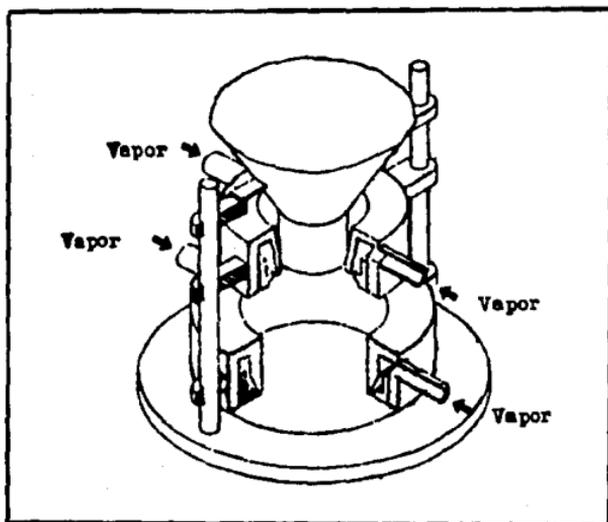


Fig. 4.5 Embudo Utilizado para aglomerar Café Soluble  
(de 44).

Otro método de aglomerado utilizado en la industria cafetalera, consiste en asperjar el polvo junto con una brizna muy fina de agua u otra solución líquida como lecitina, aceites esenciales, u otras. El asperjado del líquido se hace mediante un atomizador circular rotatorio que gira a gran velocidad y que "avienta" la solución sobre el polvo que cae. Las partículas aglomeradas caen sobre una banda vibratoria (lecho fluidizado) para ser secadas y enfriadas con aire. El producto pasa posteriormente a un tamiz donde las partículas más finas son separadas y recicladas (44).

El café soluble, en el momento de su consumo, es esencialmente idéntico a la bebida que se obtiene al preparar el café de café instantáneo. El café soluble se prepara a partir de un extracto de café que se ha sometido a un proceso de deshidratación. Este extracto se somete a un proceso de deshidratación que puede ser por evaporación o por liofilización. Las partículas de café soluble en el estado de liofilización son susceptibles por la fuerza capilar de agregarse y formar aglomerados cuando se añaden a un líquido caliente. Este proceso puede ser controlado por la adición de ciertos aditivos que se agregan al producto final.

La aglomeración puede lograrse también sobre una base de azúcar procesable, que se agrega al café sólido por evaporación a través de una serie de procedimientos de calentamiento y deshidratación. Las partículas finas forman una especie de esponja que son posteriormente granuladas de acuerdo a especificaciones, para darles la apariencia de café sólido.

Con el aglomerado, el tamaño de partícula pasa de 0.1 mm (límite por evaporación), a 3 mm (aglomerado) (84).

En México, todas las presentaciones de café soluble vendidas bajo la marca Nestlé y algunas de la competencia, se venden aglomeradas.

### 4.3.6 Control del Proceso de Elaboración del Café Soluble.

La manufactura de café soluble, ya sea en polvo o granulado (aglomerado o liofilizado), requiere de un estricto control de al menos las siguientes propiedades físicas (1),

2):

En México se realizan las pruebas correspondientes al análisis del café soluble y el café soluble aglomerado de manera muy similar a como se describen adelante. Junto con los textos, se menciona la clave de la norma correspondiente de la International Standards Organization (ISO) de los Estados Unidos, que menciona la forma de aplicación, ya que en México, estos procedimientos no están normalizados y cada compañía los realiza independientemente.

-La densidad del producto en volumen, que se determina, tanto bajo condiciones de flujo del producto como bajo condiciones de empaclado, simulando las situaciones de la máquina de empaclado mediante vibraciones. (Norma ISO 8460-1985). La densidad tiene fuerte influencia en la cantidad de café a dosificar en la taza.

- El contenido de humedad, que generalmente se mide en un horno al vacío o utilizando el método de titulación de Karl Fisher. Para la medición del contenido de humedad en cafés liofilizados, se reporta el uso de un método analítico basado en la cromatografía de gases. Este relaciona la temperatura, el contenido de humedad y el tamaño de partícula (11, 2).

- El color es medido mediante sistemas refractométricos. Se hace directamente sobre la muestra de café colocada en un plato poco profundo. No requiere un pretratamiento (11).

-El análisis granulométrico, que se realiza mediante el uso de tamices midiendo, sobre todo, la cantidad de polvos finos. La relación de apertura del tamiz respecto al porcentaje de

acumulacion de partículas de un lote dado, en los diferentes tamices, nos permite conocer el tamaño de partícula promedio. Bajo ciertas condiciones, esta prueba puede darnos idea de la dureza de los gránulos de café en una muestra dada. (Norma ISO-7532-1985). Se han hecho estudios sobre la rugosidad de la partícula de café (sobre todo el aglomerado) basados en la observación microscópica de su silueta. Esta observación está relacionada con el desgaste mecánico natural que sufren dichas partículas por el rozamiento que se dá durante su trayecto por el equipo, o al momento de ser empacadas. Este desgaste natural produce una gran cantidad de partículas finas o polvos que van a influir, tanto en la densidad del producto, así como, en su presentación final, ocasionando tal vez, problemas de solubilidad e incluso modificando el contenido de humedad. La información obtenida de estos estudios, permite elaborar los ajustes necesarios en nuestros equipos con el fin de reducir el fenómeno de rozamiento y mejorar las características del café soluble obtenido (52, 53, 67, 68).

- Determinación de la materia insoluble (Norma ISO 7534-1985) que se mide determinando los sedimentos que deje una solución de café al hacerla pasar a través de un sistema de filtros.
- Control de calidad del sabor que lo llevarán a cabo operadores entrenados para el caso, apoyados por un grupo de panelistas. Muchas veces se realizan análisis mediante cromatografía de gases, tanto del producto en proceso como del producto final, con el fin de asegurarse de que hubo una

buena retención de los compuestos responsables del sabor.

También es recomendable, la verificación continua de la concentración de sólidos solubles del extracto en las fases intermedias del proceso, utilizando los métodos ya mencionados (11).

#### 4.3.7 Aromatización del Café Soluble.

Tanto el café soluble obtenido mediante el secado por aspersión como el obtenido por liofilización, si fueron cuidadosamente procesados, tendrán un sabor razonablemente bueno al ser reconstituidos pero generalmente presentan muy poco o ningún aroma cuando se encuentran en polvo. Para aliviar esta deficiencia, los fabricantes de café soluble en México y en el mundo, "aromatizan" el producto con el fin de que presente al consumidor una rica fragancia al momento en que éste destape el frasco que lo contiene.

Justo antes del envasado final, los compuestos volátiles recuperados y fijados en algún sustrato como aceite de café p.ej., son asperjados dentro de los envases con el producto, sobre el café colocado en una banda móvil o al momento en que el producto pasa de la tolva a la llenadora. Si se utilizan medios de soporte de los volátiles como el aceite de café, deberá empacarse el producto en presencia de una atmósfera de gas inerte como el dióxido de carbono, para evitar oxidaciones durante el almacenamiento (87).

La práctica de aromatizar el café soluble, se viene realizando desde 1957 y se inició sobre todo, con el fin de estimular el consumo de este producto. El primer sustrato que se utilizó y que se emplea actualmente con más frecuencia para fijar los compuestos aromáticos es el aceite de café obtenido del café tostado y molido. Esto se logra mediante una extracción con solventes efectuada sobre el grano tostado y molido unas horas después de que el producto salió del tostador. De preferencia requiere no haber sido enfriado con agua, para que haya podido retener la mayor cantidad de aromáticos (1).

Posteriormente, se evaporarán los solventes dejando libre al aceite que es directamente rociado sobre el café soluble. El solvente puede ser dióxido de carbono líquido, dióxido de azufre líquido, amoníaco, hidrocarburos clorados de bajo punto de ebullición (freones), hidrocarburos de bajo punto de ebullición (pentano), así como alcoholes o éteres (81, 84).

El café tostado tiene alrededor de 12% de aceite de café del cual se extrae un 5%. El café soluble, después del proceso de aromatizado contendrá de un 0.5 a un 1.0% de aceite de café (84, 5).

La otra fuente de compuestos aromáticos, es la recuperación, por medio de un condensador -cuyo principio es un sistema de refrigeración y congelación convencional- que atrapa los gases a la salida de los equipos de percolado, tostado y molido, concentración e incluso del secado. Estos

productos, una vez condensados, pueden ser incorporados al extracto del café antes de que entre al secado, o pueden incorporarse al aceite obtenido mediante la extracción por solventes, ya descrita. Otra opción es la microencapsulación del condensado aromático en gelatina (u otro hidrocloide); o ser fijado en azúcares previamente fundidos (caramelos) y molidos. Estas partículas son adicionadas directamente al café soluble y ejercen su acción aromatizadora al momento de abrir el frasco, pero principalmente, al romperse o disolverse por efecto del agua caliente utilizada en la preparación de la bebida (84, 5, 81).

Los productos utilizados para aromatizar el café, en ocasiones son mezclados con sabores y aromas sintéticos o naturales que los refuerzan. El café aromatizado conserva sus cualidades hasta 7 meses después de elaborado si se encuentra adecuadamente empacado (5, 84).

#### 4.3.8 Empacado del Café Soluble.

El café soluble (secado por aspersión, aglomerado o liofilizado), requiere ser empacado convenientemente para llegar al consumidor en excelentes condiciones. El factor principal a tomar en cuenta es que el empaque evite que el producto absorba la humedad. Esta sería causante de que el café se solidificara y que su sabor fuera deteriorado (87).

Por muchos años, el café soluble fué empacado en latas de estaño, que contenían una membrana de papel aluminio como

protector bajo la tapa. Sin embargo, desde alrededor de 1960, el uso de frascos de vidrio comenzó a ser muy popular para envasar el café soluble, debido a las ventajas que ofrece ya que permite que el producto se vea haciéndolo atractivo; el frasco se puede abrir y cerrar con facilidad; el vidrio es un material totalmente inerte y aislante de la humedad y del oxígeno, además de que evita la salida de compuestos aromáticos y el vidrio es un material reutilizable (80, 5).

Los frascos de vidrio son sellados con una membrana de papel encerado o metalizado, sobre la cual, se coloca la tapa de rosca, ya sea metálica o de plástico. Estas protecciones tienen como fin, el evitar la entrada de oxígeno, sobre todo cuando el café fué aromatizado con aceite de café y envasado en atmósferas de gas inerte (87, 5).

El proceso de empaclado no difiere grandemente de un sistema de empaclado de alimentos en polvo convencional.

- a) Los frascos pasan por una inyectora de aire que elimina el polvo o suciedad que puedan traer, (si es que no requieren de un lavado previo).
- b) El llenado de los frascos se realiza utilizando una llenadora volumétrica de vacío, que genera precisamente un vacío en los frascos, para evitar que el polvo se esparza, y realizar la operación con mayor rapidez. Puede utilizarse también, una llenadora-dosificadora por peso o gravimétrica (sobre todo en aglomerados y liofilizados), que utiliza un sistema de pesado neumático, que permite un control del peso mucho más eficaz que en el método

volumétrico.

Cuando el café es aromatizado, se deben tener las precauciones ya mencionadas, es decir, que el empaçado se haga en atmósferas inertes para evitar la entrada de oxígeno. Este tipo de llenado se realiza en cámaras selladas que son parte del diseño de la máquina dosificadora-llenadora, de tal manera, que el gas inerte es forzado a entrar al frasco cruzando el polvo a contracorriente para desplazar al oxígeno del aire hacia arriba y hacia afuera. La aromatización se hace mediante el uso de boquillas aspersoras en el momento en que el café entra a la dosificadora o cuando se halla dentro del frasco de cristal, como se describió en el punto anterior (84).

- c) Sellado del frasco con la membrana de papel encerado o laminado. Esta operación se realiza dentro de una cámara cerrada en el mismo lugar donde se lleva a cabo el llenado.
- d) Etiquetado
- e) Embalado

Se utilizan también películas metalizadas para empaçar el café soluble en sobres, con dosificaciones individuales para preparar una taza de la bebida. El empaçado se hace en presencia de atmósferas inertes, de nitrógeno generalmente. Esta presentación se emplea para abastecer hoteles, restaurantes y líneas aéreas. En México se le utiliza en esas áreas con cierta frecuencia (39, 29).

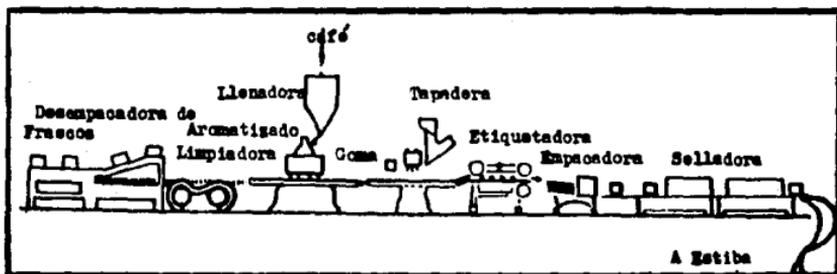


Fig. 4.6 Línea de Empacado Automática del Café Soluble.  
Proceso General (de B4).

#### 4.4 Producción de Café Descafeinado.

##### 4.4.1 Descafeinado del Café.

Muchos de los efectos fisiológicos producidos por el café, se deben a su contenido de cafeína. Este alcaloide está presente en alrededor de un 1% en las variedades arábica y de un 2% en las robustas. Esto correspondería a una cantidad promedio de 85 mg de cafeína por taza regular de café, dentro de un rango de 50 a 150 mg, según sea la forma de preparación, mezcla utilizada y tamaño de la taza. Para el café soluble se reporta un contenido de cafeína dentro de un rango de 40 a 110 mg por taza (45).

Actualmente, alrededor del 10% de la producción mundial de café, es descafeinada, lo que da una idea de la importancia que este producto ha adquirido. En México se expende café tostado y molido descafeinado, así como, café soluble descafeinado, este último por varias casas productoras (87).

Para satisfacer el mercado de los consumidores a quienes afecta la cafeína contenida en el café, se han ideado mecanismos que permiten reducir su presencia en el producto final, casi en un 100%.

El descafeinado generalmente se realiza en el café verde antes de ser tostado, para enmascarar los cambios de sabor y aroma que se puedan generar por efecto de los solventes de extracción, haciendo los ajustes necesarios en el proceso de torrefacción. Se menciona también, que la operación de

descafeinado, puede realizarse sobre el extracto obtenido del café tostado, después de la percolación (muy poco utilizado) (45, 23).

Existen 2 métodos muy comunes de descafeinado: descafeinado con solventes, y descafeinado con agua, que comentaremos a continuación.

#### 4.4.1.1 Descafeinado con Solventes.

El método consiste básicamente en humedecer los granos de café verde (generalmente con el uso de vapor sobrecalentado), hasta un 40% en peso de agua, y someterlos a la acción de un solvente que entra a contracorriente. La operación se realiza en equipos convencionales parecidos a las columnas de percolación, ya sea en forma continua o por lotes.

La elección del solvente va a depender de: su seguridad, costo, afinidad con la cafeína, facilidad de recuperación, toxicidad y reactividad química (45, 23, 49).

Cuando se inició la práctica de descafeinado del café, se utilizaba benceno como solvente, después se cambió por tricloroetileno de menor costo y toxicidad. Posteriormente, por su facilidad de obtención, se usó diclorometano que es muy afín a la cafeína y tiene un punto de ebullición bajo.

Otros solventes que se utilizan en forma comercial son: el acetato de etilo, el aceite de café y otros triglicéridos (45).

Una vez que el solvente ha extraído la cafeína, será recuperado para poder ser reutilizado (reciclado). La cafeína a su vez, será recuperada y refinada. La recuperación del solvente, según sean sus características, puede realizarse mediante una simple evaporación o con una extracción líquido-líquido con agua a contracorriente, o incluso efectuar una sublimación al vacío. La recuperación de, tanto el solvente como la cafeína, responde a factores económicos.

Curiosamente, el solvente a utilizar debe ir acompañado de cierta cantidad de agua (20% aprox.), ya que, de no hacerse, la extracción resulta poco efectiva. Las causas de este fenómeno aún no son claras.

La temperatura de operación fluctúa entre los 50 y los 120°C. Con este método se logra un 95 a 98% de descafeinización. La extracción puede durar hasta 10 horas utilizando diclorometano como solvente, a 65°C, en una relación de 4 lb de diclorometano por lb de café verde.

Una vez terminado el proceso de descafeinización, los granos son "lavados" con el uso de vapor de agua y secados (con aire), hasta que recuperen su humedad original (14%). Esta fase puede durar una hora y media aproximadamente. Para la recuperación de la cafeína, pueden utilizarse los métodos empleados en la recuperación del solvente. Este procedimiento se ampliará en el siguiente punto(45).

#### 4.4.1.2 Descafeinado con Agua.

En este método, el "solvente" a utilizar será agua. En prevención de que arrastre a su paso otros compuestos no cafeínicos solubles en ella, el agua a utilizar deberá contener un 20% en peso de sólidos solubles del café, entre los cuales puede incluirse una pequeña cantidad de cafeína (de preferencia debe evitarse su presencia).

Las ventajas de este método frente al anterior son : la obtención de mayores tasas de extracción, se evita además, la extracción de ceras y otros productos insolubles en agua pero solubles en solventes orgánicos, se obtiene una cafeína más pura después de su recuperación y se evita someter al grano a altas temperaturas, ya que no requiere "lavarse". Además de todas las ventajas referentes a la seguridad, que ofrece el emplear agua en lugar de un solvente.

El método no requiere que el grano sea humedecido previamente, pues esto lo realiza el agua misma.

Este proceso tarda unas 8 hs para remover el 98% de la cafeína.

Después de la extracción, lo granos son enjuagados con agua limpia que arrastra cierta cantidad de sólidos y que es la que se utilizará para la siguiente extracción. Posteriormente, los granos son secados con aire.

El extracto obtenido contendrá un 0.5% en peso de cafeína.

La cafeína finalmente es removida del extracto.

utilizando algún solvente afín. Se reporta el uso de adsorbentes sólidos como el carbón activado. El extracto acuoso, rico en cafeína, es centrifugado primeramente, para eliminar impurezas sólidas. Posteriormente, es puesto en contacto con un solvente inmiscible con el fin de purificarlo, para después continuar el proceso de refinación (45).

Existen otros métodos de extracción de la cafeína, como el que utiliza dióxido de carbono gas en estado supercrítico, es decir, que el gas está comprimido a presiones tan altas, que favorece la solubilidad de la cafeína. Este tipo de sistemas generalmente están diseñados en forma de ciclos cerrados. El procedimiento de extracción es similar al que emplea solventes, pero el costo de la instalación y su mantenimiento es muy caro (45).

Algunas compañías comercializadoras de café molido descafeinado, utilizan cafés de mayor calidad y un tostado más oscuro, para compensar las posibles pérdidas de cuerpo, aroma y sabor que hayan ocurrido en el producto por efecto de la extracción de la cafeína (56).

Debido a las características de este estudio, no podemos profundizar más en el tema de la cafeína. Para mayor información acerca de los efectos fisiológicos y metabólicos de este compuesto, así como de su historia, uso y reglamentación de uso por la FDA, consúltense las referencias 72, 55, 92, 64 y 51.

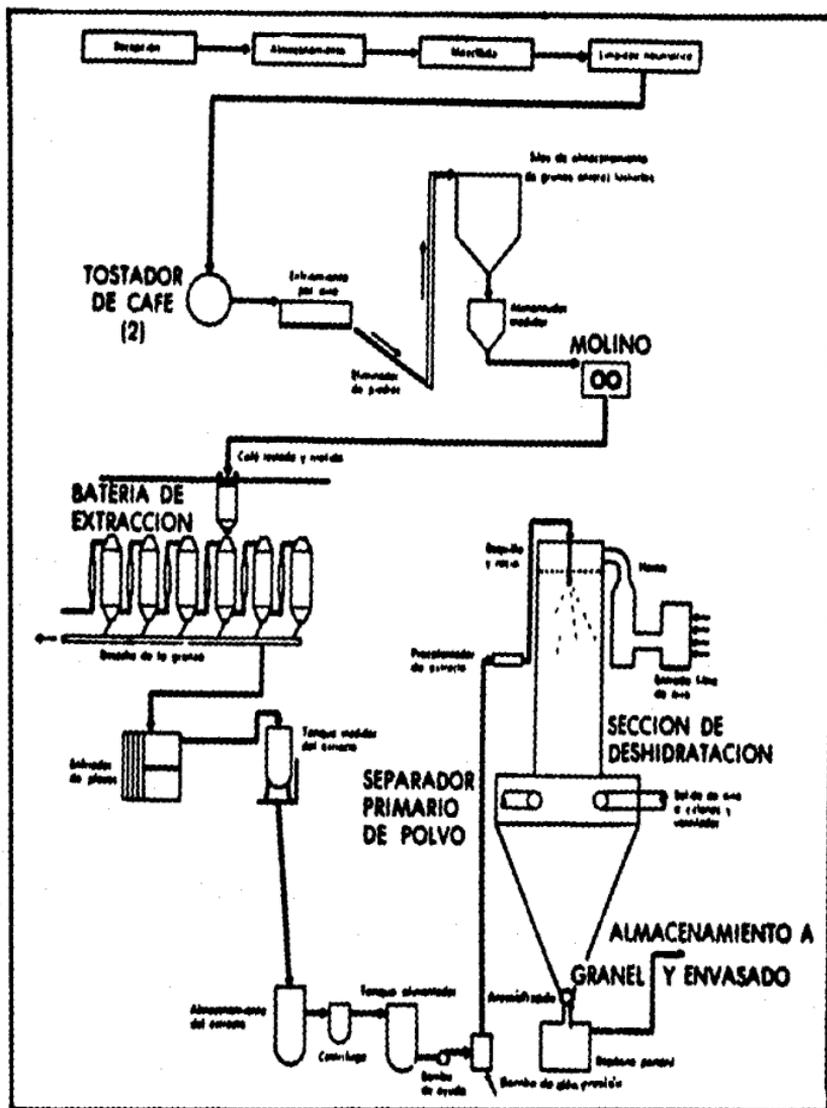


Fig. 4.10 Proceso de Obtención de Café Soluble (de 69).

#### 4.5 Composición Química del Café durante su Procesamiento y Rendimientos.

La composición química del café verde, depende de la especie y variedad en cuestión así como también, de factores como las prácticas de cultivo, grado de maduración, condiciones de almacenamiento, etc., a que el grano fue sometido.

Durante el tostado ocurren cambios considerables ya que los compuestos más lábiles son degradados y los más reactivos forman nuevos y complejos productos.

El café, de hecho, es uno de los alimentos que más alteraciones sufre durante su procesamiento, desde el punto de vista del número de compuestos formados, que se refleja en los cambios ocurridos en sus características sensoriales.

Durante la extracción, para obtener la bebida de café, también ocurren grandes cambios en la composición, ya que predominan los compuestos solubles en agua. Lo mismo ocurre en las extracciones que se realizan durante la preparación del café soluble. Sin embargo, las condiciones extremas, favorecen la presencia de ciertas sustancias antes insolubles que debido al proceso se hacen solubles y están presentes en el extracto.

Durante la descafeinización también ocurren ciertos cambios pero a menor escala.

Debido a la gran dependencia de la composición del café respecto a los procesos a que es sometido durante su

industrialización, es difícil obtener un perfil promedio de la composición de determinado tipo de café. Esto se complica aún más, si se toma en cuenta la gran variedad de métodos de análisis que se utilizan (87).

De alguna manera, a lo largo del trabajo, se han señalado los aspectos de la industrialización del café que más influyen en los cambios de su composición, sin embargo, con la presentación de la siguiente tabla se podrá visualizar fácilmente la magnitud de estos cambios.



Lo referido a ácidos volátiles, incluye al ácido clorogénico, el cafetánico y el caféico (en mínima proporción).

Los carbohidratos solubles son dextrinas, la sacarosa y otros azúcares reductores.

Los almidones y pectinas de fácil solubilidad incluyen a las pentosanas, ciertas dextrinas y almidones.

Los valores reportados en la tabla de composición presentada, deben confrontarse con los valores de composición reportados en las referencias 22, 87, 31, 12 y 25.

En la literatura consultada, se encuentra reportado que el American Council on Science and Health, organismo de los Estados Unidos, encontró que el café posee componentes altamente mutagénicos. Menciona que una taza de café tiene 50 veces mayor actividad mutagénica que la del humo absorbido al fumarse un sólo cigarrillo. Entre los compuestos mutagénicos mencionados están: diacetilo, glioxal, metilglioxal y benzopireno. Otros compuestos reportados como carcinogénicos presentes en el café son: peróxido de hidrógeno y ciertos taninos, así como también, la misma cafeína. Sin embargo, estas pruebas son realizadas generalmente con dosis muy elevadas en proporción al peso del material biológico utilizado, por lo que quizá se explique el que a pesar del consumo del café que se ha hecho durante siglos, no está comprobado que cause daño alguno (50).

Se reporta también al café, como una bebida que pudiera aprovecharse como suplemento nutricional si se le adicionaran

ciertos minerales como calcio. También se sugiere el uso de la fibra de café como alimento humano (47, 48).

Complementando lo referente a los rendimientos obtenidos de la industrialización del café, podemos decir que una libra (454 g) de café tostado y molido de la que se extraen 0.4 libras (182 g) de sólidos solubles por libra de café verde permite obtener 180 g de café soluble (que es lo que se obtiene comercialmente). Si este café se obtuvo mediante secado por aspersión permitirá preparar 90 tazas de café, y si fué liofilizado, serán 100 tazas. La misma libra de café tostado y molido de granulación intermedia permite obtener a nivel casero, unas 50 tazas de café. Se observa que el café soluble produce dos veces más tazas de café, partiendo de la misma base de materia prima tratada en casa (84).

Se atribuye al contenido de potasio, ácido fosfórico y ciertos ácidos orgánicos, la responsabilidad del valor del pH del café. La combinación de estos componentes ejerce incluso, una acción amortiguadora del pH que va a tener influencia en el sabor de la bebida en forma importante (19).

Por considerarlo fuera del alcance de este trabajo, no tratamos el tema sobre los productos que se utilizan como sucedáneos del café. Estos tuvieron un uso muy extendido cuando el café escaseó, sobre todo, en tiempos de guerra. Los más utilizados han sido: la chicoria, algunos cereales como el trigo, maíz, malta, sorgo y cebada y algunas leguminosas. Para profundizar más sobre este tema consúltese la referencia 26.

#### 4.6 Normalización del Café Soluble en México.

En relación a la producción de café soluble en México, existen las siguientes normas oficiales mexicanas:

La Norma Oficial con clave NOM-F-139-1981 publicada por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (hoy SECOFI), con título "Alimentos para Humanos-Café Soluble" define al café soluble de la siguiente manera (59):

"Se entiende por café soluble al producto resultante de la deshidratación del extracto acuoso de café obtenido de las semillas sanas, limpias, tostadas y molidas del cafeto familia de las rubiaceas (*Coffea arábica* y otras especies)."

cuyas especificaciones son:

	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Cafeína	2.0 %	---
Cenizas	---	11.0 %
Humedad	---	4.0 %
Féculas extrañas	ninguna	
pH (al 1%)	4.4	5.5

La Norma Oficial con clave DGN-F-1968 publicada por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio (hoy SECOFI), con título "Norma Oficial de Calidad para Café Soluble Descafeinado", lo define de la siguiente manera (63):

"Para los efectos de la siguiente norma, se entiende por "Café Soluble Descafeinado" al producto obtenido de la porción soluble de café tostado y molido. El extracto, con o sin concentración previa, deberá ser sometido a un un proceso de secado."

cuyas especificaciones son:

	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Cafeína	---	0.3 %
Cenizas	---	12.0 %
Humedad	---	4.0 %
pH	4.4	5.5
Féculas extrañas	n i n g u n a	
Residuos de Solventes clorados	---	10 ppm

#### 4.7 Algunas Observaciones sobre la Normalización del Café en México.

Deteniendo nuestra atención en las 5 normas que legislan la producción de café en México (presentadas a lo largo de este trabajo), podemos darnos cuenta de que existen ciertas omisiones y vaguedades en sus partes.

En principio encontramos que algunas de ellas tienen más de 20 años de haberse publicado sin haber pasado por revisiones o actualizaciones. Se ha visto que la tecnología de fabricación del café, sobre todo el soluble, es relativamente nueva, por lo que en ese periodo de años las cosas han cambiado considerablemente. Se sugiere una revisión continua de las normas oficiales digamos cada 3 o 5 años con el fin de que estén siempre dentro de un contexto real y actual. Esto debe llevarse a cabo con una estrecha cooperación de los industriales e investigadores involucrados apoyados en legislaciones internacionales, sobre todo ahora que el país ha abierto sus puertas al comercio internacional, donde esta rama industrial tiene grandes posibilidades de exportar producto elaborado y no sólo materia prima. Sin embargo, ésto implica asegurar una alta calidad de los productos y es ahí donde debemos trabajar con mayor ahínco.

En principio, un café tostado, molido y soluble de alta calidad requiere ser elaborado con materias primas de alta calidad, un obstáculo que en México tenemos salvado ya que nuestros cafés se hallan entre los mejores del mundo pero que

gran parte son exportados en verde.

Nuestra legislación clasifica al café verde y el tostado en categorías según el tipo de café empleado de acuerdo a: altura snm a que es cultivado, % de humedad, no. de defectos por 454 g (sin especificar cuales) y no. de granos vanos después del tostado (61). Estos datos proporcionan una información vaga de los tipos de café producidos en el país. Al respecto, la norma oficial encargada de clasificar al café por su origen debe incluir: forma del grano, su tamaño (expresado en cm), color (depende de la altura de crecimiento del grano y es indicativo de la manera como fue procesado), comportamiento del grano durante el tostado (en base a estándares de torrefacción, midiendo densidad, color, % de humedad p. ej.), cualidades de la bebida obtenida (sabor, cuerpo y aroma) y especificar la cantidad y el tipo de defectos permitidos para cada categoría. Deberá incluirse en la legislación un subíndice referente a las variedades de Coffea incluidas en cada categoría basado en las que se producen en el país.

Importantísimo será distinguir desde un principio si el café fue sometido al beneficiado húmedo o seco, por las implicaciones que esto tiene respecto a la calidad y tipo de defectos.

Una vez clasificada al detalle la materia prima (el café verde), se procederá a extrapolarla al café tostado-molido y al soluble. Pero antes, en relación a estos productos, es indispensable abordar el tema de las mezclas de café,

cuestión importantísima para la calidad del producto y que la legislación mexicana no menciona en ningún momento siendo de uso tan generalizado en la industria cafetalera. De las mezclas depende una gran parte de la calidad del sabor y aroma del café. Se deberá partir de la clasificación del café verde para elaborar una lista de combinaciones permitidas y en que porcentajes. Es de sugerirse que sea permitido al fabricante elevar el precio al consumidor de aquellos productos elaborados con mezclas de cafés de alta calidad bajo estricto control legal y declaración en la etiqueta. De esta manera el consumidor tendría la opción, apoyado por las instancias oficiales, de encontrar en el mercado un café de alta calidad.

Lo relacionado a las mezclas debe hacerse extensivo al café soluble. Es de hacer notar que en los Estados Unidos ciertas presentaciones de café soluble declaran en su etiqueta haber sido elaborados con tal o cual mezcla o con tal o cual grado de tostado.

Y precisamente, la calidad de una buena taza de café también va a depender del grado de tostado del grano y del grado de molido. Aunque esto resulta difícil de legislar salvo quizá en el contenido de humedad, % de granos carbonizados, tamaño de partícula de molido, p.ej., esto va a depender más del gusto del consumidor, al que el fabricante queda sometido correspondiéndole declarar el grado de tostado (claro, mediano, oscuro) y de molido (grueso, mediano, fino) en la etiqueta de sus productos. Partiendo de otra premisa,

la composición química del grano, una legislación oficial basada en la composición química del café sería sumamente difícil por la complejidad e irregularidad de los compuestos que dan sabor y aroma al café, ya que cambian notoriamente de variedad a variedad y de un tipo de café industrializado a otro. Las normas oficiales vigentes que incluyen ciertos análisis físicos y químicos (% cafeína, cenizas, humedad, féculas extrañas y pH) para el café soluble (además de reductores y extracto etéreo) para el molido, se orientan básicamente a la detección de fraudes que aunque son informaciones de gran utilidad para el consumidor, poco o nada tienen que ver con el sabor y aroma del grano, en donde reside básicamente su calidad. Ante esto, por las características del café, cuya calidad se fundamenta en el sabor y aroma, se hace necesario la evaluación organoléptica de la infusión por medio de expertos catadores. La normalización deberá regir la manera como debe realizarse el catado y los procedimientos que implica, así como indicar la institución o personas autorizadas para efectuarlo. Deberá incluir los puntos a calificar y los intervalos de aceptación y rechazo.

Únicamente falta agregar que todo lo expuesto anteriormente requiere ir acompañado forzosamente de una intensa campaña educacional y promocional dirigida al consumidor, referente a las variedades de café, las mezclas, como se prepara un buen café en casa (tipo de agua, temperatura, relación café/agua, tiempo), el porqué se hace

el catado, como se hace, porque se mide ésto o lo otro, etc. Ya que existe tan poco conocimiento al respecto en México a nivel popular que cualquier esfuerzo encaminado a elevar la calidad del café consumido en México que no contemple lo anterior sería inútil. De ésto podría encargarse algún departamento o división dependiente del Instituto Mexicano del Café que incluso podría instaurar algún premio de calidad con reconocimiento oficial a las marcas de café que lo ameritaran.

Es necesario que el gobierno por su parte, permita que el fabricante fije sus precios con base en la oferta y la demanda ya que los precios fijos tienden a ser promotores de la baja calidad.

## CONCLUSIONES

A través del presente trabajo, hemos podido conocer todos los aspectos de la industrialización a que es sometido el café en México, desde los factores de cultivo, cosecha y producción, hasta la obtención del producto tostado, molido y soluble, que se considera como el punto final de su transformación. Nos hemos podido introducir en el estudio de los factores que es necesario conocer y manejar para llevar a cabo esta industrialización.

Hemos hablado también de los cambios químicos que acompañan la transformación del café durante su industrialización, lo que nos permite comprender el porqué de las características del aromático en sus diferentes presentaciones, y el porqué cierta tecnología se lleva a cabo de cierta manera y no de otra.

La bibliografía consultada en cada capítulo, nos da una idea de donde se generó y a quién pertenece la tecnología de la industrialización aplicada en la transformación del café, como un reflejo de la situación en que se encuentra esta rama industrial.

Claramente podemos observar que los capítulos I y II referentes a los aspectos generales, cultivo, cosecha y beneficiado del café, fueron realizados con base en información generada en el país, que además, es abundante, profunda y precisa. Sin embargo, los capítulos III y IV referentes a la tecnología empleada para transformar el café

verde u oro, producto del beneficiado, en el café tostado, molido y soluble, fueron escritos basándonos principalmente en información obtenida de fuentes extranjeras, fundamentalmente norteamericanas.

Esta observación nos permite constatar hasta que punto hemos llegado en México en la generación de la tecnología de transformación del café. A pesar de que somos el cuarto productor mundial del aromático, no escapamos al esquema, tan común en otras áreas, de ser principalmente exportadores de materia prima, el café verde.

Esta es quizá la razón por la cual el conocimiento profundo, a nivel nacional, de la tecnología de industrialización del grano, solo llega hasta la obtención del café verde u oro, que es la forma como es exportado. Y no olvidemos que el café que se exporta, es el de mejor calidad producido en el país, al grado de que, muchas veces es difícil encontrar un buen café en el mercado nacional.

Esta situación obedece a muchas razones. En principio, no existe en México una verdadera cultura del café como la que se da en otros países, principalmente los europeos. Esto da como resultado, que los consumidores del grano nos "conformemos" con el producto que nos ofrecen sin poder exigir uno de mayor calidad, principalmente porque realmente no contamos con esa calidad.

Y ¿porqué esa cultura del café no se ha arraigado en México? Comenzaremos diciendo que el café fue importado al país a principios del siglo pasado por considerar estas

tierras propicias para su cultivo. Al traer el café a México, ¿se trajo también con él, la cultura que rodea a esta bebida, producto de siglos de experimentación en Europa y generada en el Medio Oriente de dónde proviene el grano?

Existe un hueco cultural que nunca fue cubierto. Comenzando por la normalización del café en el país, que requiere ser revisada profundamente.

La planta del cafeto encontró en tierras mexicanas, un lugar ideal para su desarrollo, iniciándose una industria que ha crecido en forma continua desde hace más de 100 años, impulsada principalmente por los grandes mercados consumidores como son los norteamericanos y los europeos. Es curioso observar que aún actualmente, grandes fincas cafetaleras, sobre todo del sur de la República, están en manos de europeos o sus descendientes, alemanes y españoles principalmente. No por nada, la República Federal Alemana es el segundo consumidor más importante de café en el mundo, y sin lugar a dudas, el consumidor alemán cuenta en sus mercados con el mejor café producido en el planeta.

A pesar de todo, en México se destina buena parte del café producido al consumo interno, que se destina a la elaboración del tostado, molido y soluble.

Al llegar el café a México, tuvo que enfrentarse a la bebida nacional por excelencia, el chocolate. La pelea fue ruda y el café venció. Apoyado en forma importante por la influencia extranjera, principalmente norteamericana, en el gusto y costumbres de la gente y porque, claro, el café tiene

lo suyo. Actualmente, la diferencia entre el número de consumidores de café y el de chocolate es enorme. Su facilidad de preparación, su relativo bajo costo, su efecto reconfortante, los patrones de consumo extranjeros, entre otros, han sido armas invencibles.

Sin embargo, el mexicano no gusta de las bebidas amargas, ni de sabores muy fuertes; prefiere los sabores suaves y dulzones, que lo diga el éxito de los refrescos de cola. En general, el café que se bebe en México, es de sabor suave y de baja concentración, lo que llamamos café americano (!).

A pesar del sabor suave del café, mucha gente le añade azúcar y crema o leche, con lo cual la bebida pierde muchas de sus características de sabor y aroma. Esto provoca entonces una estandarización del sabor, que no requiere de emplear cafés muy finos, ni en sabor ni en aroma.

El soluble proporciona un sabor de café razonablemente bueno y cumple con las expectativas de la mayoría del público consumidor, que además, tiene la opción de prepararlo a su gusto y en el momento que lo desee, únicamente disponiendo de agua caliente. Así, el café soluble satisface una necesidad que principalmente es la de contar con una bebida caliente, con sabor a café, mientras se descansa, trabaja o platica. Si es bueno o malo, a la mayoría de la gente no le importa mucho. Además, es curioso que a pesar de que el café es una bebida aromática cuyas características obligan a que se beba caliente, es común oír decir que en México, el primer sorbo

de café se realiza cuando la bebida está caliente y el último cuando está prácticamente helada; lo que sucedió entre ese tiempo, generalmente una sustanciosa charla o un merecido descanso, es lo que más importa al beber café.

El café soluble ha permitido también, que grandes compañías trasnacionales se establezcan en los países productores del grano con el fin de tener un mejor control sobre el abastecimiento del producto, sobre todo, a sus países de origen.

México cuenta con un gran potencial para convertirse, no solo en exportador de materia prima, sino como proveedor de productos terminados, llámese grano tostado, molido o café soluble. La tecnología con que contamos está muy rezagada, no se produce aún en el país ni el café liofilizado que tiene años de fabricarse en otros países, pero contamos con la materia prima, incluso mucho café que no tiene calidad de exportación y que podría destinarse a la producción de un buen café soluble.

Falta disponer de una tecnología de producción moderna y actualizada, mucha de la cuál, está guardada celosamente en patentes, y del equipo humano adiestrado en el área. Pero antes, tiene que existir el interés por fabricar un producto en mayor cantidad y de mejor calidad. Tal vez fomentando la educación de la gente, hacerle valorar lo que tiene en su país, pero sobre todo, ofrecerle la calidad, que aún con un alto precio, si ésta merece la pena, no tendrá problemas para venderse ya que la necesidad y el mercado están establecidos.

La compañía Nestlé por ejemplo, ha iniciado este camino introduciendo cafés solubles de mayor calidad, acompañados de una publicidad que destaca sus cualidades frente a otros productos.

Esta labor debe continuarse, el café tiene armas muy poderosas pero requiere que se le ayude.

Producimos en el país los mejores cafés del mundo, porque no hacer productos con la calidad a la altura de esos cafés, y no solo para México, sino también para el extranjero.

La calidad no tiene competencia y el primer paso, que es el de contar con materia prima de primera categoría, está dado.

A través de este trabajo, nos hemos podido dar cuenta de que la tecnología de elaboración del café tostado, molido y soluble, no es altamente sofisticada, nada que no tengamos, nosotros mexicanos, la capacidad de hechar a andar con los recursos con los que contamos. Tal vez haga falta un poco de creatividad y voluntad.

## GLOSARIO DE TERMINOS

- Café Verde:** Se dá este nombre al café que no ha llegado a su madurez. Con el nombre de verde, también se denomina al café oro antes de ser tostado, por ser de color verdoso.
- Café Cereza:** Es el café en completa madurez, de color rojo y que recibe este nombre por su semejanza con la fruta cereza. Existen variedades de café, cuyo fruto al madurar es de color amarillo, (estas variedades aún no se desarrollan en nuestro país), a este café amarillo, también se le conoce con el nombre de cereza. El café maduro también recibe el nombre de uva o capulín.
- Café Capulín:** Es el café cuyo origen es el grano verde y el maduro que no fué sometido al beneficio húmedo. Este café con su pulpa, tal como es cosechado, se seca en forma rudimentaria (por asoleo) o mediante el empleo de máquinas secadoras. En algunas zonas se conoce este café con los nombres de bola seco, cerezo y macho.
- Espumilla:** Son los granos de café que flotan en los tanques con agua en donde se recibe el café cereza; esos flotes en su mayoría se componen de granos verdes, secos con su pulpa y vanos.

que generalmente están manchados o que presentan algún otro defecto natural.

**Pulpa:** Es la envoltura carnososa que cubre a los granos de café, ésta se retira utilizando una máquina conocida como despulpadora. La pulpa se considera como desperdicio.

**Despulpado:** Es el café obtenido después de la operación de despulpe que luego es depositado en los tanques de fermentación en donde perderá su envoltura interna (endocarpio). Una vez que sucede ésto, el grano recibe el nombre de café en pergamino, que es de color marfil y de textura muy resistente.

**Mojado o Ecurrido:** Es el café en pergamino obtenido de la fermentación, que posteriormente se lavó con agua y se dejó escurrir.

**Oreado:** Es el mismo café pergamino pero que fue asoleado u oreado en máquina, para eliminar la mayor humedad posible, sin llegar al punto de secado ideal. Se dá también a este café, el nombre de seco de agua.

**Pergamino:** Es el café obtenido después del secado, ya libre totalmente del mucílago o la pulpa que lo cubría.

**Pajilla:** Es el forro (endocarpio) que cubre los granos del café pergamino. A esta cascarilla también se le conoce con el nombre de película y

cascabillo. Se considera como un desperdicio y se le utiliza como combustible. El peso de la cascarilla equivale al 20% del peso total del grano.

**Oro:** Es el café al que se ha retirado la cascarilla, se conoce también como pilado en grano y verde. Este café se clasifica de acuerdo a su calidad.

**Exportación:** Es el café oro que es clasificado como de primera, por su buen tamaño, ausencia de manchas, que presenta un color uniforme, sin impurezas y sin daños y que contiene la humedad requerida. Este café es sometido a pruebas de catación para certificar su calidad. Cuando el comprador lo desea, el grano es pulido.

**Caracol:** Se da este nombre al grano de café que presenta una forma cilíndrica con los extremos redondeados. Estos granos son producidos por plantas de cafeto que durante su desarrollo, sufrieron deficiencias nutricionales o de fertilidad, ya que solo uno de los óvulos del fruto se desarrolla ocupando la cavidad del que se atrofió. Se considera como de buena calidad.

**Mancha:** Es el café obtenido de la clasificación del café oro caracterizado por contener granos

- vanos o con algún otro defecto, para lo cual se usan máquinas catadoras o clasificadoras conocidas como Oliver. Este café es adquirido generalmente por torrefactores nacionales.
- Desmanche:** Este tipo de café presenta uniformidad en su tamaño y peso, pero está manchado parcial o totalmente. La separación de este café se hace con máquinas electrónicas. Tiempo antes, esta operación la efectuaban mujeres en forma manual. Se destina al consumo nacional, y es considerado como de buena calidad.
- Granza:** Es la pedacería de café obtenida de los granos rotos durante el procesamiento del beneficio húmedo por máquinas despulpadoras o durante el beneficio seco por máquinas morteadoras. Se vende a torrefactores del país, solo o mezclado con café mancha.
- Corriente:** Es el café molido proveniente del fruto capulín, que por no haberse beneficiado (beneficiado Húmedo), no es exportado, y se vende a nivel nacional exclusivamente. Presenta características de un café fuerte, y se le conoce con el nombre de café natural.
- Café suave:** Es catalogado como de "taza suave" cuando se efectúan los controles de calidad por catación. Es el café beneficiado y de buena calidad considerado de exportación (de 39).

APENDICE

Revisión de Patentes Relacionadas con la Producción de Café  
Soluble

US Patent, 1986, US 4594258, Vitti R.A., et al.

Product and Process using oil for producing an agglomerated instant coffee having a roast and ground appearance.

US Patent, 1986, US 4594257, Leblanc Y.N., et al.

Product and process using colloidal particles for producing an agglomerated instant coffee having a roast and ground appearance.

US Patent, 1986, US 4594256, Zemelman V.B., et al.

Product and process for producing an agglomerated instant coffee having a roast ground appearance.

European Patent, 1986, EP 0089832 B1, Silla H., Nabulsi B.E.

Process for the preparation of soluble coffee.

European Patent, 1985, EP 0151202 A1, Gehrig M.

Process for preparing decaffeinated and soluble coffee or tea extract powder.

US Patent, 1985, US 4560571, Sato J., et al.

Process for the preparation of instant coffee or the like.

US Patent, 1984, US 4474820, Hawes G.W., et al.

Process for the preparation of soluble coffee.

- US Patent, 1982, US 4368100, Fyves R.R., Jeffery J.W.  
Process for producing a spray-dried agglomerated soluble coffee product.
- US Patent, 1983, US 4374864, Hufnagel W., et al.  
Soluble coffee process.
- US Patent, 1982, US 4324808, Wertheim J.H., Mishkin A.R.  
Process for preparing freeze-dried soluble coffee.
- US Patent, 1982, US 4313265, Dwyer D.E.  
Process for preparing microporous structured soluble coffee product.
- US Patent, 1981, US 4281023, Fyves R.R.  
Soluble coffee process.
- French Patent, 1974, 2211184, Kordally G.  
Process for manufacture of soluble instant turkish coffee also known as moorish coffee.
- French Patent, 1973, 2142755, Blanchaud M.  
Process for granulation of fine particles of dehydrated, pulverulent product, e.g. soluble coffee, and apparatus for application of the said process.
- US Patent, 1972, 3656964, Mansky M.H., Pitchon E.  
Soluble coffee process.
- W. German Patent, 1970, 1902354, Clinton W.P., Pettit F.E.  
Process for improving the flavour of soluble coffee.
- W. German Patent, 1970, 1952971, Green J., Clarke R.J.  
Process for producing a soluble coffee-extract.
- W. German Patent, 1970, 1933591, Lombana C.A., Strang D.A.  
Process for producing instant coffee.

W. German Patent, 1969, 1916668, Lombana C.A., et al.

Instant coffee in flake form and process for its production.

British Patent, 1968, 1137461, Atlas A/S.

Instant coffee manufacture.

British Patent, 1968, 1118972, Struthers Scientific and I.C.

Instant coffee manufacture.

## BIBLIOGRAFIA

1. Andrade Aispuro J., Crouzet J., "Recuperation de l'arome de café en cours de torréfaction", *Café, Cacao, Thé*, 27:(3), p 209-218, (1983).
2. Apostolopoulos D., Gilbert S.G., "Frontal inverse gas chromatography as used in studying water sorption of coffee solubles", *J. Food Science*, 53:(3), p 882-884, (1984).
3. Asociación Nacional de la Industria del Café, A.C., (ANACAFE), *Comunicación Personal*, México, D.F. 31 de Julio, (1989).
4. Banco de México, "Exportación de Mercancías. Sector Público y Privado" de "Indicadores del Sector Externo", Dirección de Investigaciones Económicas, cuaderno mensual n. 120, México, p 12-15,20-23,28-31, Dic., (1981).
5. Benitez C.G., "Cambios de aroma y gusto durante el procesamiento y almacenamiento del café instantáneo", Tesis Licenciatura, Esc. de Química, Univ. La Salle, 142 p. (1987).
6. Bloch O., "Coffee Technology-How it Spreads", *Tea & Coffee Trade J.*, (2), p 12-13,15, (1985).
7. Camara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), "Rama Industrial del Café, Evolución, Situación Actual y Perspectivas", Dir. Gral. de Análisis de Ramas Económicas, México, se publica cada 10 años, Oct., (1980).

8. Castañeda V.J., "México, Quinto productor mundial de café", *Agro-síntesis*, 19:(10), p 16,18-19, (1988).
9. Castañeda V.J., Ortiz M.T., "Anatomía del café", *Agro-síntesis*, 19:(10), p 25,28-29, (1988).
10. Centro de Ecodesarrollo (CECODES), "Estrategias de Ecodesarrollo para las Regiones Cafeticultoras de México", Centro de Ecodesarrollo A.C., México, p 23-43. (1986).
11. Clarke R.J., "Drying" de "Coffee Technology", Clarke, R.J. y Macrae R. editores, Elsevier Ap. Sc. Publ., Essex, England, p 109-145, (1985).
12. Clarke R.J., "Extraction" de "Coffee Technology", Clarke R.J. y Macrae R. editores, Elsevier Ap. Sc. Publ., Essex, England, p 109-145, (1985).
13. Clarke R.J., "Grading, Storage, Pre-treatments and Blending" de "Coffee Technology", Clarke R.J. y Macrae R. editores, Elsevier Ap. Sc. Publ., Essex, England, p 35-37, (1985).
14. Clarke R.J., "Green Coffee Processing" de "Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage", Clifford M.N. y Willison K.C. editores, The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn, EUA, p 230-250, (1985).
15. Clarke R.J., "Roasting and Grinding" de "Coffee Technology", Clarke R.J. y Macrae R. editores, Elsevier App. Sc. Publ., Essex, England, p 73-107, (1985).
16. Clarke R.J., "The evaporation of heat sensitive foodstuff liquids", *J.App.Chem.Biotechnol.*, 21:(12), p 349-350, (1971)

17. Clarke R.J., "The Technology of Converting Green Coffee into the Beverage" de "Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage", Clifford M.N. y Willson K.C. editores, The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn., EUA, p 375-393. (1985).
18. Clayton J.T., "Flexible Manufacturing Systems for the Food Industry", Food Technology, 41:(12), p 66-67,70, (1987).
19. Clifford M., "What factors determine the intensity of coffee's sensory attributes?", Tea & Coffee Trade J., (9), p 34-36, (1987).
20. "Coffee Roasting. HY is dead-long live HY?", Coffee and Cocoa Int., 11:(4), p 30-31,35, (1984).
21. Confederación Mexicana de Productores de Café, "La Determinación de la Calidad del Café", Confederación Mexicana de Productores de Café, México, 45 p, (1985).
22. Coste R., "El Café", Ed. Blume, Barcelona, España, p 173-244, (1969).
23. Coste R., "Le Café Decafeiné" de "Le Café", G.P. Maisonneuve et La Rose, Rue Victor Cousin, Paris, Francia, p 257-274, (1969).
24. Daw S., "Who knows what a 'cup of coffee' is?", Tea & Coffee Trade J., (6), p 3-4, (1985).
25. Desrosier N.W., "Elementos de Tecnología de Alimentos", CECSA, 1era. Ed. en Esp., p 613-617, (1983).
26. Documentation Analytique, "Le Succédanés du Café", Café, Cacao, Thé, 26:(4), p 301-305, (1982).

27. Ephraim D., Ephraim P., "Coffee Grinding: Recent Developments", Tea & Coffee Trade J., (2), p 20-22, (1985).
28. "Flavor Industry experiencing boom with Tea and Coffee", Tea & Coffee Trade J., (1), p 92, (1987).
29. Food Packaging, "Metallized Coffee Pouch: Ten years Success", Food Engineering, (12), p 48, (1983).
30. Goicochea M.J.F., "El Café. Situación General en México", Tesis Licenciatura, Univ. Aut. de Chapingo, México, 232 p. (1971).
31. Guzmán C.R.J., "Anteproyecto de un Sistema de Control de Calidad en el Beneficiado del Café", Tesis Licenciatura, Fac. Química, UNAM, 102 p. (1987).
32. Hannigan K.J., "Coffee in an Instant: It's in the Bag!", Food Engineering, (6), p 47, (1982).
33. Hughes W.J., Thorpe T.M., "Determination of Organic Acids and Sucrose in Roasted Coffee by Capillary Gas Chromatography", J. of Food Science, 52:(6), p 1680-1683, (1987).
34. ICA S.p.A., "ICA offers hi-speed packaging", Tea & Coffee Trade J., (2), p 29-30, (1985).
35. Instituto Mexicano del Café (IMECAFE), "Beneficiado del Café", Gerencia de Producción, IMECAFE, México, 13 p., (1981).
36. Instituto Mexicano del Café (IMECAFE), "Estudio para la realización de una planta para la liofilización de 24,650 toneladas por año de café verde", Centro de Información

- Cafetalera "Matías Romero", Jalapa, Ver., México, 27 p., (1976).
37. Instituto Mexicano de Café (IMECAFE), "Industrialización Desarrollada del Café", Gerencia de Producción Industrial, Depto. de Investigación, México, 48 p., (1981).
38. Instituto Mexicano del Café (IMECAFE), "Información Básica sobre Café", Centro de Información Cafetalera "Matías Romero" compiladores, Jalapa, Ver., México, 20 p., (1989).
39. Instituto Mexicano del Café (IMECAFE), "Terminología del Café", Gerencia de Producción, México, (1982).
40. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), "Beneficio y Molienda del Café" de "Sistema de Cuentas Nacionales de México 1981-1983 Tomo II, Cuentas de Producción", Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, INEGI, Mexico, (1983).
41. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), "Valor de la Producción e Ingresos obtenidos según clase de actividad, División I: Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco" de "Encuesta Industrial Mensual, 129 clases de actividad", México, p 50,99,109, Sept. (1988).
42. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Productora Nacional de Alimentos (PRONAL), "Producción de la Industria Alimentaria" de

- "Boletín de Información Oportuna del Sector Alimentario n. 35", México, p 42-43,62-64, Nov. (1988).
43. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), "Estudio de la zona cafetalera", Informe n. I de "Estrategias de Ecodesarrollo para las Zonas Cafetaleras de México", Centro de Ecodesarrollo-Consejo Nal. de Ciencia y Tec., México, (Introducción), (1986).
44. Jensen J.D., "Some recent advances in Agglomerating, Instantizing and Spray drying", Food Technology, 29:(6), p 60-71, (1975).
45. Katz S.N., "Decaffeination of Coffee" de "Coffee Technology", Clarke R.J. y Macrae R. editores, Elsevier Appl. Sc. Publ., Essex, England, p 59-71, (1985).
46. Krug C.A., DePoerck R.A., "Estudio Mundial del Café", FAO Estudios Agropecuarios n. 76, Roma, Italia, p 468-469, (1969).
47. Lee S., "Calcium fortification advised for soluble coffee", Tea & Coffee Trade J., (1), p 5-6, (1987).
48. Lee S., "Coffee: a potential fiber source", Tea & Coffee Trade J., (4), p 3-4,6, (1987).
49. Lee S., "Decaffeinating Chemicals examined", Tea & Coffee Trade J., (2), p 3-5, (1987).
50. Lee S., "Science report indicates hazardous components in coffee", Tea & Coffee Trade J., (10), p 5-6, (1987).
51. Leviton A., "Biological effects of caffeine. Behavioral effects", Food Technology, 37:(9), p 44-47, (1983).

52. Malave-Lopez J., Peleg M., "Mechanical Attrition Rate Measurements in Agglomerated Instant Coffee", J. of Food Science, 51: (3), p 687-690, 697, (1986).
53. Malave-Lopez J., Peleg M., "Patterns of size distribution changes during the attrition of Instant Coffee", J. of Food Science, 51: (3), p 691-694, 702, (1986).
54. Menchu E.J.F., "La Determinación de la Calidad del Café", Asociación Nacional del Café, Depto. de Asuntos Agrícolas, Guatemala, 51 p., (1968).
55. Miles C.I., "Biological effects of caffeine. FDA status", Food Technology, 37: (9), p 48-50, (1983).
56. Morris B.S., "1984-Rapid Growth for Decaf-coffee", Tea & Coffee Trade J., (1), p 54-55, (1985).
57. Morris Ch., "Quality Drying at Low Cost", Food Engineering, (11), p 90-91, 94, (1983).
58. Nolasco M., "Los Agrosistemas Cafetaleros" de "Café y Sociedad en México", Centro de Ecodesarrollo, 1era. Ed., México, p 93-167, (1985).
59. Norma Oficial Mexicana, "Alimentos para Humanos-Café Soluble", NOM-F-139-1981, Dir. Gral. de Normas, Sec. de Patrimonio y Fomento Industrial, 6 p., (1981).
60. Norma Oficial Mexicana, "Café 100% Puro Tostado en Grano o Molido", NOM-F-13-S-1980, Dir. Gral. de Normas, Sec. de Patrimonio y Fomento Industrial, 6 p., (1980).
61. Norma Oficial Mexicana, "Café Crudo", DGN-F-157-1967, Dir. Gral. de Normas, Sec. de Industria y Comercio,

- publicada en el Diario Oficial del 22.03.68, p 290-291, (1968).
62. Norma Oficial Mexicana, "Café Tostado y Café Mezclado con Azúcar", NOM-F-173-S-82, Dir. Gral. de Normas, Sec. de Patrimonio y Fomento Industrial, publicada en el Diario Oficial del 20.05.82, p 10-13, (1982).
  63. Norma Oficial Mexicana, "Café Soluble Descafeinado", DGN-F-140-1968, Dir. Gral. de Normas, Sec. de Industria y Comercio, 5 p., (1968).
  64. Office of Public Affairs, "Evaluation of Caffeine Safety", Food Technology, 41:(6), p 105-111, (1987).
  65. Drellana R.R., "Influencia de las imperfecciones en el rendimiento y normalización del café verde (var. arábica)" Tesis Licenciatura, Fac. de Química, UNAM, p 5-19, 51 p. (1988).
  66. Oriandi A., "América Latina y la Economía Mundial de café", Cuadernos de la CEPAL n. 42, ONU Chile, (1982).
  67. Peleg M., Normand M.D., "Characterization of the Ruggedness or Instant Coffee Particle Shape by Natural Fractals", J. of Food Science, 51:(3), p 691-694,702, (1986).
  68. Fopplewell L.M., et al., "Quantitative Characterization of the Particle Size Distribution of Instant Coffee During Mechanical Attrition", J. of Food Science, 53:(3), p 877-881, (1988).
  69. Potter N., "La ciencia de los alimentos", Edutex, S.A., 1era. Ed., México, p 290-307, (1973).

70. Purdon M.F., McCamey D.A., "Use of a 5-caffeoylquinic acid/caffeine ratio to monitor roasting process", *J. of Food Science*, 52:(6), p 1680-1683, (1987).
71. Rindge M.R., "Is the coffee industry recovering?", *Tea & Coffee Trade J.*, (9), p 26-27,60, (1983).
72. Roberts H.R., Barone J.J., "Biological effects of caffeine. History and Use", *Food Technology*, 37:(9), p 32-39, (1983).
73. Rodríguez del C.A., "Estructura y Comportamiento de la Producción Agrícola Mundial del Café en el periodo 1961-1986", Tesis Licenciatura, Univ. Aut. de Chapingo, México, p 10-16, 142 p. (1988).
74. Schoenholt D., "Coffea arábica L. var. maragogyne", *Tea & Coffee Trade J.*, (10), p 5,60, (1985).
75. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)-CODAI, "Café. Beneficio", *Procesos Agroindustriales n. 7*, Dir. Gral. para el Desarrollo Agroindustrial, SARH, México, folleto, (1983).
76. Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), "Café Industrializado" de "Perspectivas de desarrollo para ramas seleccionadas, 1981-1985", Subsecretaría de Programación, Dir. Gral. de Análisis de Ramas Económicas, México, publicada cada 10 años, (1981).
77. Sivetz M., "Advances in agglomeration of instant coffee", *Tea & Coffee Trade J.*, (8), p 5-7, (1976).
78. Sivetz M., "Coffee Origin and Use", Sivetz Coffee Inc., Corvallis, Oregon. EUA, (1986).

79. Sivetz M., "Freeze-dried Coffee Processing: a very basic explanation of this complicated technique", *Tea & Coffee Trade J.*, (1), p 10,12-13, (1974).
80. Sivetz M., "History of the Soluble Coffee Industry", *Tea & Coffee Trade J.*, (2), p 5-8,10, (1985).
81. Sivetz M., "In Search of Coffe Aroma", *Tea & Coffee Trade J.*, (1), p 7-9,11-12,14, (1985).
82. Sivetz M., "Principles in Particle Reduction", *Tea & Coffee Trade J.*, (8), p 3-4, (1985).
83. Sivetz M., "Soluble Coffee. Its history and what lies ahead", *Tea & Coffee Trade J.*, (8), p 9-15, (1976).
84. Sivetz M., Desrosier N.W., "Coffee Technology", The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn., EUA, (1979).
85. Sivetz M., Elliote F.H., "Coffee Processing Technology Vol I", The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn., EUA, (1963).
86. Sivetz M., Elliote F.H., "Coffee Processing Technology Vol II", The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn., EUA, (1963).
87. Smith A.W., "Introduction" de "Coffee Chemistry", Clarke R.J. y Macrae R. editores, Elsevier App. Sc. Publ., Essex England, p 1-13,18-25, (1985).
88. Smith R.F., "A history of coffee" de "Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage", Clifford M.M. y Willson K.C., editores, The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn., EUA, p 1-12, (1985).

89. "Statistiques", *Café, Cacao, Thé*, 33:(1), p 68-72, (1989).
90. Villaseñor L.A., "Cafeticultura Moderna en México", *Agrocomunicación Saenz Colín y Asoc.*, Chapingo, Edo. de México, 1era. Ed., (1987).
91. Vincent J.C., "Green Coffe Processing" de "Coffee Technology", Clarke R.J. y Macrae R. editores, Elsevier Appl. Sc. Publ., Essex, England, p 1-33, (1985).
92. Von Borstel R., "Biological effects of caffeine. Metabolism", *Food Technology*, 37:(9), p 40-43, (1983).
93. Wiegand J., "Falling-Film evaporators and their applications in the Food Industry", *J. Appl. Chem. Biotechnol.*, 21:(12), p 351-358, (1971).