

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO DE REFERENCIA.....	3
1.1. Historia.....	3
1.2. Origen.....	3
1.3. Importancia.....	3
1.4. Descripción taxonómica.....	4
1.4.1. <i>Coffea arabica</i>	4
1.4.2. <i>Coffea canephora</i>	6
1.4.3. <i>Coffea liberica</i>	7
1.4.4. <i>Coffea excelsa</i>	8
1.5. Características botánicas.....	9
1.5.1. Raíz.....	9
1.5.2. Tallos y ramas.....	9
1.5.3. Hojas.....	9
1.5.4. Flor y Floración.....	9
1.5.5. Fruto.....	10
1.6. Variedades y especies.....	11
1.6.1. Variedades de café producidas en México.....	11
1.7. Composición química del café.....	13
1.7.1. Composición de la pulpa de café.....	13
1.7.2. Composición del mucílago del café.....	13
1.7.3. Composición de la cascarrilla o pergamino de café.....	13
1.7.4. Composición aproximada de granos verdes.....	13
1.8. Requerimientos climáticos y edáficos.....	13
1.8.1. Condiciones climáticas de las zonas cafetaleras en México.....	14
1.8.2. Condiciones edáficas.....	15
1.9. Proceso de cultivo.....	15
1.9.1. Propagación.....	15
1.9.1.1. Propagación por semilla.....	15
1.9.1.2. Propagación asexual.....	16
1.9.2. Establecimiento del huerto.....	17
1.9.2.1. Trazo en curvas de nivel.....	17
1.9.2.2. Apertura de hoyos.....	18
1.9.2.3. Llenado de hoyos.....	18
1.9.2.4. Trasplante.....	18
1.9.3. Manejo de la sombra.....	18
1.9.4. Manejo del suelo.....	19
1.9.5. Labores culturales.....	20
1.9.5.1. Malezas.....	20
1.9.5.2. Fertilización.....	21
1.9.5.3. Escardas.....	23

1.9.5.4. Replantes.....	23
1.9.5.5. Poda.....	24
1.9.5.6. Control de plagas.....	24
1.9.5.7. Nematodos.....	29
1.9.5.8. Enfermedades.....	30
1.9.5.9. Recolección.....	35
1.10. Producción orgánica de café.....	36
1.10.1. Clima para café orgánico.....	37
1.10.2. Factores edáficos.....	38
1.10.3. Manejo del cafetal orgánico.....	39
1.10.3.1. Distancias de siembra.....	39
1.10.3.2. Poda.....	40
1.10.3.3. La sombra en el café orgánico.....	41
1.10.3.4. Necesidades nutricionales del cafetal orgánico.....	41
1.10.3.5. Control de plagas y enfermedades.....	42
1.10.3.6. Factores de la calidad del café.....	43
CAPÍTULO II. IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA.....	46
2.1. Importancia mundial.....	46
2.1.1. Concentración de la torrefacción y comercialización en conglomerados transnacionales.....	46
2.1.1.1. Las innovaciones tecnológicas y la publicidad.....	46
2.1.1.2. Mecanismos de comercialización.....	50
2.1.1.3. Comercio justo.....	52
2.1.2. Nichos de mercado.....	54
2.1.2.1. Cafés diferenciados.....	54
2.1.2.2. Cafés orgánicos.....	57
2.1.2.3. Cafés de calidad especial o Gourmet.....	59
2.1.2.4. Cafés de conciencia.....	62
2.1.3. Los productores ante la globalización del mercado.....	66
2.1.4 Conglomerados transnacionales en el mercado del café.....	68
2.2. Importancia nacional.....	69
2.2.1. Antecedentes.....	69
2.2.2. Estados productores y superficies.....	69
2.2.3. Tipos de café producidos.....	72
2.2.3.1. Los cafés lavados.....	72
2.2.3.2. Los cafés naturales.....	72
2.2.3.3. Los cafés semilavados.....	72
2.2.4. Calidades mexicanas de los cafés verdes.....	72
2.2.5. Impacto económico de la producción y comercialización de café.....	74
2.2.5.1. Comercialización del café.....	74
2.2.5.2. Exportaciones de café.....	77
2.2.6. Consumo de café.....	77
2.2.7. La calidad del café y su comportamiento en el mercado.....	78
2.2.8. Escalas y normas de clasificación.....	80

1.9.5.4. Replantes.....	23
1.9.5.5. Poda.....	24
1.9.5.6. Control de plagas.....	24
1.9.5.7. Nematodos.....	29
1.9.5.8. Enfermedades.....	30
1.9.5.9. Recolección.....	35
1.10. Producción orgánica de café.....	36
1.10.1. Clima para café orgánico.....	37
1.10.2. Factores edáficos.....	38
1.10.3. Manejo del cafetal orgánico.....	39
1.10.3.1. Distancias de siembra.....	39
1.10.3.2. Poda.....	40
1.10.3.3. La sombra en el café orgánico.....	41
1.10.3.4. Necesidades nutricionales del cafetal orgánico.....	41
1.10.3.5. Control de plagas y enfermedades.....	42
1.10.3.6. Factores de la calidad del café.....	43
CAPÍTULO II. IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA.....	46
2.1. Importancia mundial.....	46
2.1.1. Concentración de la torrefacción y comercialización en conglomerados transnacionales.....	46
2.1.1.1. Las innovaciones tecnológicas y la publicidad.....	46
2.1.1.2. Mecanismos de comercialización.....	50
2.1.1.3. Comercio justo.....	52
2.1.2. Nichos de mercado.....	54
2.1.2.1. Cafés diferenciados.....	54
2.1.2.2. Cafés orgánicos.....	57
2.1.2.3. Cafés de calidad especial o Gourmet.....	59
2.1.2.4. Cafés de conciencia.....	62
2.1.3. Los productores ante la globalización del mercado.....	66
2.1.4 Conglomerados transnacionales en el mercado del café.....	68
2.2. Importancia nacional.....	69
2.2.1. Antecedentes.....	69
2.2.2. Estados productores y superficies.....	69
2.2.3. Tipos de café producidos.....	72
2.2.3.1. Los cafés lavados.....	72
2.2.3.2. Los cafés naturales.....	72
2.2.3.3. Los cafés semilavados.....	72
2.2.4. Calidades mexicanas de los cafés verdes.....	72
2.2.5. Impacto económico de la producción y comercialización de café.....	74
2.2.5.1. Comercialización del café.....	74
2.2.5.2. Exportaciones de café.....	77
2.2.6. Consumo de café.....	77
2.2.7. La calidad del café y su comportamiento en el mercado.....	78
2.2.8. Escalas y normas de clasificación.....	80

2.2.9. Programas implementados para apoyo de la cafecultura.....	81
2.2.10. FODA: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del café en México.....	83
2.2.10.1. Fortalezas.....	84
2.2.10.2. Oportunidades.....	84
2.2.10.3. Debilidades.....	84
2.2.10.4. Amenazas.....	85
CAPÍTULO III. VALOR AGREGADO INMEDIATO.....	86
3.1. Valor agregado en la industria de transformación primaria.....	86
3.1.1. Beneficiado húmedo del café.....	86
3.1.1.1. Problema del agua en los beneficios húmedos del café.....	88
3.1.1.2. Esquema general del beneficiado húmedo.....	89
3.1.1.3. Beneficiado ecológico.....	91
3.1.1.4. Café artesanal.....	93
3.1.1.5. Integración en módulos de beneficiado de bajo impacto ambiental para medianos productores.....	93
3.1.1.6. Tecnología avanzada en el beneficiado húmedo del café cereza para la obtención de café oro.....	94
3.1.1.6.1. Consideraciones sobre la tecnología avanzada en el beneficio húmedo del café cereza.....	96
3.1.1.6.2. Operación del proceso de beneficio húmedo con tecnología avanzada.....	97
3.1.1.6.3 Disponibilidad de sub-productos base anual (16 hr de operación)....	99
3.1.1.6.4 Calculo de rendimientos.....	100
3.1.1.6.5 Manejo de los productos secundarios del beneficiado húmedo con tecnología avanzada.....	103
3.1.1.6.6. Ventajas del proceso con tecnología avanzada.....	107
3.1.1.6.7. Aspectos que intervienen en el costo del beneficio húmedo con tecnología avanzada.....	108
3.1.1.6.8. Conclusiones.....	109
3.1.1.7. Aprovechamiento de subproductos del beneficiado húmedo.....	109
3.1.1.7.1. Aprovechamiento de la pulpa del café.....	109
3.1.1.7.2. Aprovechamiento de las aguas residuales.....	112
3.1.2. El beneficio seco.....	113
3.1.2.1. El proceso del beneficiado seco del café.....	114
3.1.2.2. Subproductos del beneficiado seco.....	116
3.1.2.3. Los subproductos de los beneficios seco y húmedo.....	117
3.2. Aprovechamiento maderable en sistemas cafetaleros tradicionales.....	119
CAPÍTULO IV. VALOR AGREGADO INDUSTRIAL.....	120
4.1. Industria de la torrefacción.....	120
4.1.1. Proceso de tostado y molido del café.....	120
4.2. Industria del café soluble.....	123
4.2.1. Proceso de solubilización del café.....	124

4.2.1.1. Características del producto envasado.....	126
4.2.1.2. Empaque del café soluble.....	126
4.2.2. Proceso de descafeinización por intercambio iónico.....	129
4.3. Aprovechamiento de los subproductos del café.....	131
4.3.1. Pergamino o cascarilla de café.....	131
4.3.2. Mucílago.....	131
4.3.3. Los efluentes del beneficiado húmedo.....	132
4.3.3.1. Tratamientos de las aguas residuales del café.....	132
4.3.4. Pulpa del café.....	134
4.3.4.1. Para el cultivo de microorganismos.....	134
4.3.4.2. Para la extracción de cafeína.....	135
4.3.4.2.1. Usos de la cafeína en la farmacología.....	135
4.3.4.2.2. Origen comercial de la cafeína y producción.....	136
4.3.4.2.3. Métodos de descafeinización.....	136
4.3.4.3. Obtención de alcohol y vinagre.....	138
4.3.4.4. Obtención de licor de café.....	138
4.3.4.4.1. Proceso de preparación.....	138
4.3.4.5. Obtención de gas biológico.....	142
4.3.4.6. Obtención de materiales curtientes.....	142
4.3.4.7. Obtención de hongos comestibles sobre la pulpa de café a nivel semindustrial.....	142
4.3.4.8. Obtención de forraje o abono a partir de los residuos del cultivo de los hongos.....	143
4.3.4.9. Otros productos obtenidos de la pulpa del café.....	143
4.4. Estrategia de la modernización agroindustrial.....	146
4.4.1. La integración de valor agregado con un enfoque de mercado.....	149
4.4.2. Diversificación de productos e integración de servicios para las grandes industrias.....	149
CAPITULO V. INTEGRACIÓN DE CADENAS DE VALOR.....	150
5.1. Cereza a pergamino.....	150
5.2. Café verde.....	151
5.3. Industria final.....	151
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES.....	155
6.1. Recomendaciones de reconversión productiva.....	155
6.2. Para la agregación de valor.....	161
6.3. Cambios a la Normatividad.....	162
6.3.1. Norma de Café Sustentable.....	162
6.3.2. Cambios a la Norma de café verde, tostado y soluble.....	163
6.3.3. Norma de café verde.....	163
6.3.4. Revisar la norma café tostado y soluble.....	163
6.4. Para el control de calidad.....	164
6.4.1. Laboratorio de control de calidad de alimentos.....	165
6.4.1.1. Diferenciación entre arábicas y robustas.....	165

6.4.1.2. Análisis de café verde almacenado.....	165
6.4.1.3. Análisis químico de cafés de origen.....	166
6.4.1.4. Análisis de mezclas.....	166
6.4.1.5. Laboratorio de catación.....	167
CAPÍTULO VII. LITERATURA CONSULTADA.....	168
CAPÍTULO VIII. ANEXOS.....	172
8.1. Maquinaria para procesar café.....	172
8.1.1. Maquinaria para el beneficiado húmedo del café.....	172
8.1.2. Maquinaria para el beneficio seco.....	179
8.2. Equipo para procesar café.....	185

INDICE DE CUADROS

	PAG.
Cuadro 1. Importancia de las variedades de café por regiones y tipo de productor.....	12
Cuadro 2. Dosis de fertilización.....	22
Cuadro 3. Fertilización para café producido sin sombra.....	23
Cuadro 4. Características químicas de diferentes subproductos agroindustriales..	42
Cuadro 5. Factores que inciden en la calidad del café.....	44
Cuadro 6. Ejemplo de algunas organizaciones nacionales reguladoras de la producción y comercialización del café.....	51
Cuadro 7. Sobreprecio en café con base en el sistema de producción	62
Cuadro 8. Municipios, localidades, superficies y productores de café en México...	70
Cuadro 9. Producción por estado y ciclo (miles de sacos de 60 kg).....	70
Cuadro 10. Estructura de las explotaciones de café en México.....	71
Cuadro 11. Indicadores de la cafeticultura orgánica en México.....	74
Cuadro 12. Generación de divisas de las exportaciones recientes de café.....	77
Cuadro 13. Participación del café en la exportación reciente de productos en México.....	77
Cuadro 14. Consumo interno de café en México.....	78
Cuadro 15. Calculo de los materiales recuperables del café sobre una base de 1'168,696 toneladas de café cereza (Cantidad de café cereza procesadas en México en 1994), utilizando el proceso húmedo con tecnología avanzada.....	104
Cuadro 16. Composición química de la pulpa de café deshidratada.....	105
Cuadro 17. Compuestos orgánicos B.S. %.....	105
Cuadro 18. Contenido de carbohidratos del cascabillo.....	105
Cuadro 19. Composición química del mucilago de café base seca.....	106
Cuadro 20. Composición química de la pajilla.....	106
Cuadro 21. Contenido de humedad inicial versus equilibrio de humedad relativa, en el envasado del café soluble.....	126
Cuadro 22. Algunas de las fuentes naturales de cafeína.....	136
Cuadro 23. Eficiencia de extracción de la pulpa de café con diferentes procedimientos.....	137
Cuadro 24. Ingredientes para preparar un litro de licor	140
Cuadro 25. Modernización en beneficio húmedo.....	147
Cuadro 26. Modernización del beneficio seco.....	148
Cuadro 27. Modernización industrial (tostado y molido).....	148
Cuadro 28. Rendimiento de solubles y cafeína, en café arábica y robusta.....	164
Cuadro 29. Equipo y precio laboratorio de catación.....	167
Cuadro 30. Modelos de despulpadoras de disco.....	172
Cuadro 31. Despulpadoras de cilindro horizontal.....	173
Cuadro 32. Modelos de despulpadoras verticales.....	173
Cuadro 33. Modelos de bombas lavadoras.....	174
Cuadro 34. Modelos de desmucilagador.....	175
Cuadro 35. Modelos de unidades de beneficiado compactos.....	176
Cuadro 36. Modelos de oreadoras.....	177

Cuadro 37. Modelos de secadoras..... 178

Cuadro 38. Generadores de calor..... 179

Cuadro 39. Modelos de prelimpiadoras..... 179

Cuadro 40. Modelos de morteadoras..... 180

Cuadro 41. Modelos de catadoras..... 181

Cuadro 42. Modelos de clasificadoras por tamaño y forma..... 182

Cuadro 43. Modelos de clasificadoras vibroneumáticas..... 183

Cuadro 44. Modelos de clasificadoras por color de café..... 183

Cuadro 45. Modelos de unidades compactas de beneficiado seco..... 184

ÍNDICE DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1. Gastos de publicidad de las principales transnacionales en mercadotecnia y publicidad de café.....	47
Figura 2. Cálculo del valor agregado de la cadena industrial del café.....	49
Figura 3. Desarrollo histórico del porcentaje del mercado del café que abarcan los principales conglomerados transnacionales.....	50
Figura 4. Crecimiento de las exportaciones de café de todos los países productores (nótese los casos de África y Asia a partir de 1980).....	52
Figura 5. Proporción que comparten los cafés especiales del total del mercado...	56
Figura 6. Tendencias de mercado de café.....	57
Figura 7. Porcentaje del mercado orgánico por país productor.....	58
Figura 8. Precios final pagado por país productor en la década 1990-2000.....	60
Figura 9. Crecimiento del café de calidad especial (Specialty Coffee) en Estados Unidos.....	61
Figura 10. Factores considerados muy valiosos para los negocios de café sostenible.....	63
Figura 11. Principales países productores de cafés no convencionales (2001).....	64
Figura 12. Crecimiento del mercado justo del café en Suiza.....	66
Figura 13. Importaciones de café a Estados Unidos y precios promedio de café..	67
Figura 14. Importaciones de café por 58 países no desarrollados y precios de los arábigas.....	67
Figura 15. Porcentaje del PIB por ingresos del café.....	68
Figura 16. Comercialización del café vía intermediarios.....	75
Figura 17. Comercialización del café vía organizaciones de productores.....	77
Figura 18. Porcentaje de beneficios con inversión en cuatro aspectos de operación.....	87
Figura 19. Diagrama del esquema general del beneficiado húmedo del café.....	91
Figura 20. Rendimientos de café cereza en el beneficiado húmedo con tecnología avanzada.....	101
Figura 21. Diagrama de bloques del beneficiado húmedo con tecnología avanzada en café cereza.....	102
Figura 22. Valor agregado de la pulpa de café.....	110
Figura 23. Valor agregado del mucílago.....	111
Figura 24. Formas de aprovechamiento de las aguas residuales.....	112
Figura 25. Alternativas para el café verde (oro).....	113
Figura 26. Proceso de beneficiado seco del café.....	115
Figura 27. Diagrama de beneficiado seco del café en industria automatizada.....	116
Figura 28. Alternativas de uso del pergamino.....	117
Figura 29. Diagrama de procesamiento del grano de café y sus subproductos.....	118
Figura 30. Diagrama de proceso de tostado y molido del café.....	122
Figura 31. Valor agregado industria final.....	123
Figura 32. Diagrama del proceso de la solubilización del café.....	128
Figura 33. Proceso continuo de descafeinización, tratamiento del café tostado molido.....	130

Figura 34. Diagrama de flujo del proceso del licor de café.....	141
Figura 35. Modelo de uso integral de los residuos agroindustriales en una finca cafetalero-ganadera, mediante el cultivo de un hongo comestible y con la obtención de forraje y abono, además de biogas, a partir de estiércol.....	145
Figura 36. Diagrama de modernización industrial.....	147
Figura 37. Cadena agroindustrial café cereza a pergamino.....	152
Figura 38. Cadena de café pergamino a café verde (oro).....	153
Figura 39. Cadena de café tostado a industria final.....	154
Figura 30. Despulpadoras de disco.....	172
Figura 31. Despulpadoras de tambor horizontal.....	173
Figura 32. Despulpadoras de tambor vertical.....	173
Figura 33. Bomba lavadora.....	174
Figura 34. El desmucilagador.....	174
Figura 35. Las unidades compactas de beneficiado.....	175
Figura 36. Las secadoras de cilindro o tambor rotatorio denominadas del tipo “Guardiola”.....	177
Figura 37. Secadoras verticales (tipo silo).....	177
Figura 38. Unidades generadoras de calor.....	178
Figura 39. Prelimpiadoras.....	179
Figura 40. Morteadoras.....	180
Figura 41. Catadoras.....	181
Figura 42. Clasificadoras por tamaño y forma.....	182
Figura 43. Clasificadora por densidad.....	182
Figura 44. Clasificadora por color.....	183
Figura 45. Unidades compactas de beneficiado seco.....	184
Figura 46. Sistemas de transporte y almacenamiento son totalmente mecanizados.....	184

INTRODUCCIÓN

Desde su adición como cultivo agroindustrial en la economía de nuestro país, a principios del siglo XIX, el café ha jugado un papel primordial en la generación de divisas, la integración de cadenas productivas, el modo de subsistencia de muchos grupos indígenas y como proveedor de vitales servicios ambientales como el fingir como refugio de especies animales y vegetales en peligro de extinción. Así, la importancia económica, social, cultural y ambiental, convierten a la cafeticultura en un sector clave del desarrollo sostenible del país.

Uno de los aspectos cruciales en el sector, es la conversión de la materia prima (los frutos maduros de la planta del café conocidos como “cereza”) en café *verde* u *oro* listo para tostarse y molerse, lo que representa la primera parte de la cadena agroindustrial. Asimismo, la utilización de ese café oro para la obtención de una serie de productos derivados con un valor agregado más alto, representa una tendencia muy reciente donde la diversificación de usos del café oro, diferentes al consumo directo como bebida, conforma una segunda parte de la cadena agroindustrial, con amplias perspectivas, pero al mismo tiempo con una mayor complejidad.

Una de las premisas de las que parte este estudio, es que las formas de valor agregado que tradicionalmente se han dado al café verde están cambiando rápidamente, debido a las fuertes modificaciones que la cadena agroindustrial del café ha experimentado en los últimos quince años, a nivel nacional e internacional. Estas transformaciones repercuten en la forma en que estas cadenas funcionan, obligando a una serie de ajustes que se pueden detectar desde la producción del café en el campo, hasta las formas de organización que los diferentes actores de la cadena han tenido que adoptar para enfrentar dicha situación. Un resumen de tales modificaciones incluye:

- La desaparición de la cláusula económica de la Organización Internacional del Café, que regulaba las cuotas de exportación por país;
- La reconfiguración de los mercados con base en la calidad;
- La aparición de nuevas tecnologías de producción en campo como las técnicas amigables con el ambiente, la biotecnología aplicada a la cafeticultura y los nuevos productos de la agricultura química convencional;
- El desarrollo de nuevos nichos de mercado de café verde como el orgánico, justo o solidario, sostenible, gourmet, de sombra, amigo de los pájaros, por mencionar los más recientes;
- La importancia ambiental dada a los sistemas de cultivo bajo sombra;
- Desregulación del sector en México y la federalización de los recursos económicos para el campo; la importancia, cada vez mayor, del café en los mercados financieros a costa de los mercados físicos, y
- La reorganización política y social de los productores.

Estas nuevas características del sector están permeadas por la crisis de sobreproducción que se vive a nivel mundial, con la entrada de países como

Vietnam, que en diez años se ha convertido en el cuarto productor mundial, y con la cosecha récord de Brasil, pronosticadas para el año 2002 con aproximadamente 50 millones de sacos, y la incursión de este país con cafés lavados a un mercado altamente competido.

Todos estos cambios y sus repercusiones apenas empiezan a estudiarse y, en este sentido, este trabajo es una de las primeras actualizaciones al respecto. En el caso de México, la característica de su sector cafetalero donde el 95% de los productores tiene menos de 5 ha y prácticamente no tiene acceso a los procesos de valor agregado, plantea dificultades adicionales a las iniciativas de incrementar este valor tomando en cuenta la diversidad de opciones que existen y la creatividad de las estrategias que se tienen que adoptar para incursionar con éxito en dicho propósito.

Este diagnóstico del valor agregado del café toma en cuenta todas estas nuevas características a un nivel de gran visión, marcando las tendencias, cuellos de botella y posibles alternativas para los productores, desde una perspectiva de conservación de los recursos naturales que hacen posible la cafecultura, aunada a una mayor equidad social para los productores menos favorecidos del sector, quienes están viviendo en estos últimos tres años una catástrofe económica y social.

CAPÍTULO I

MARCO DE REFERENCIA

1.1. Historia

El vocablo café se deriva del árabe *kahwah* (cauá), llegando a nosotros a través del vocablo turco *kahweh* (cavé), con distintas acepciones, según los idiomas, pero conservando su raíz.

Arabia y las zonas cercanas fueron las únicas fuentes de abastecimiento para el café hasta 1658, cuando los holandeses introdujeron la *C. arabica* a Ceilán y, en 1699, a Java. Unos veinte años después de establecerse en Java, los embarques de *C. arabica*, vía París, a la Martinica y otros países, proporcionaron el núcleo para una gran cantidad de café arábigo ahora bajo cultivo, incluyendo casi todas las plantaciones del Nuevo Mundo.

1.2. Origen

Se trata de un arbusto siempre verde originario de Etiopía. Es sin duda hoy uno de los vegetales más conocidos en el mundo entero. Una versión dice que el cafeto o café fue descubierto casualmente por un pastor al ver que sus cabras, que habían comido el fruto de esta planta, se ponían nerviosas e intranquilas. Otra versión, en cambio, afirma que el café lo descubrieron unos monjes que lo utilizaban para proporcionarse insomnio en sus horas de oración nocturna. Sea como fuere, el caso es que se conocen unas 30 especies de café.

1.3. Importancia

La especie económicamente más importante de café es *Coffea arabica* la cual produce aproximadamente el 80-90% de la producción mundial, *C. canephora* cerca del 20% y *C. liberica* sobre un 1%.

El café, la familiar bebida que se hace hirviendo los granos tostados y molidos de *Coffea arabica* L. y otras especies de *Coffea*, ha sido por mucho tiempo una de las bebidas más importantes en el mundo, siendo rivalizado sólo por el té, la cocoa y el mate. Durante el siglo XVII, el café se producía en áreas localizadas en Arabia y los países vecinos, para su consumo en toda la región musulmana. La popularidad de la bebida fue tal que su uso por los mahometanos fue prohibido por algún tiempo. Aunque fue introducido a los mercados europeos del sur por los comerciantes árabes, a fines de la Edad Media, el café no fue ampliamente conocido en Europa sino hasta que las rutas marítimas hacia el Oriente fueron abiertas por los navegantes holandeses e ingleses en el siglo XVII. Gran cantidad de cafés, los cuales en muchos casos estaban destinados a volverse centros renombrados de actividad social, literaria y política, se establecieron en Inglaterra, Holanda y otros lugares del norte de Europa, más o menos hacia 1650 y posteriormente en las colonias americanas.

1.4. Descripción taxonómica

El género *Coffea*, consta de 25 a 40 especies en Asia y África tropical, de las cuales la más cultivada y apreciada es la *Coffea arabica*, pero en México también se cultiva la especie *Coffea canephora* (robusta); pertenece a la tribu *Coffeoideae* de la familia *Rubiaceae*. Géneros relacionados con ella y de valor económico u ornamental incluyen la *Quina*, *Ixora*, *Pavetta* y *Gardenia*, siendo la primera la fuente para la obtención de quinina.

Las semillas de algunas especies salvajes se usan localmente, siendo algunas de estas especies las siguientes:

C. bengalensis Heyne ex Willd: crece en Bengala, Burma y Sumatra, es ocasionalmente cultivada en la India.

C. congensis Froehn: nativa del Congo, posiblemente una forma de *C. canephora*, *C. eugenioides* S. Moore: nativa del lago Kivu, en la frontera entre Zaire y el oeste de Uganda y Tanzania.

C. excelsa A. Chev. (sinónimo *C. dewevrei* De Wild & Th. Dur. Var. *Excelsa* A. Chev): nativa del oeste de África, crece como un gran árbol, hojas largas, frutos y semillas pequeñas. Se encuentra en el oeste de África, las Filipinas y Java. Algunas veces es incluida dentro de *C. liberica* pero las semillas y frutos son mucho más pequeñas que esta última.

C. racemosa Lour: nativa de Mozambique, donde es usada localmente.

C. stenophylla G. Don: nativa de Sierra Leona, ocasionalmente cultivada en el oeste de África. Las semillas son más pequeñas que en *C. arabica*, y de menor aroma.

C. zanguebariae Lour: nativa de Tanzania, donde es ocasionalmente cultivada y usada, los frutos y semillas son semejantes a *C. arabica*.

Existen cuatro especies que a nivel nacional son las más importantes, las cuales se describen a continuación:

1.4.1. *Coffea arabica*

El café arábigo (*C. arabica* L.; syn.: *C. vulgaris* Moench, *C. laurijolia* Salisb.) es nativo de las tierras altas de Etiopía, en elevaciones que oscilan entre los 1,350 y los 2,000 m. Es posiblemente nativo de África y Arabia en el Asia.

Se trata de un arbusto o árbol pequeño liso, de hojas lustrosas. Las hojas son relativamente pequeñas, pero varían en anchura, promediando de 12-15 cm de largo y más o menos 6 cm de ancho, de forma oval o elíptica, acuminadas, cortas, agudas en la base, algunas veces un tanto onduladas, siempre vivas. Flores fragantes, de color blanco o cremoso, subsésiles o muy cortamente pediceladas, varias en cada axila de las hojas, de 2-9 o más, juntas en racimos

axilares muy cortos o laterales bracteolados; las bractéolas son ovadas, los más internos connatos en la base de los pedicelos, cayéndose pronto del cáliz-limbo poco profundo, subtruncado u obtusamente 5-denticulado; la corola es de cinco lóbulos, éstos son ovales, obtusos o puntiagudos, igualando o excediendo el tubo, extendiéndose; las anteras más cortas que los lóbulos-corola, completamente salientes, fijos un poco abajo de la mitad de los filamentos los que son más o menos de la mitad de su largo. El disco liso. El estilo más o menos igualando a la flor extendida, bifido, lóbulos lineales, más angostos hacia la punta. La baya oblonga - elíptica, más o menos de 1,5 cm de largo, al principio de color verde, después de color rojo y con el tiempo de color azul - negro. Las semillas varían en tamaño de 8,5 a 12,7 mm de largo.

En la literatura científica se han descrito numerosas variedades botánicas y hortícolas de *C. arabica*.

Esta especie posee dos variedades botánicas que son: *Coffea arabica* var. *arabica* y *C. arabica* var. *bourbon*. De estas dos especies se han producido numerosas mutaciones y existen además un gran número de cultivares. La primera es la más común de las dos, habiendo sido introducida al cultivo por los holandeses en el Lejano Oriente. Fue llevada a la Martinica por los franceses y posteriormente a Brasil, donde aún es la variedad más ampliamente cultivada. La var. *arabica* pronto se vuelve un árbol robusto si no se poda. Las principales ramas salen casi perpendiculares del tronco volviéndose después colgantes cuando se forman las ramas secundarias y producen fruta. Las hojas son elípticas, acuminadas y acunadas; ellas y las ramitas que las soportan generalmente son de punta bronceada cuando están jóvenes. Según los estudiosos la var. *bourbon* es una mutante recesiva. Fue importada a la isla de Reunión directamente de Arabia por los franceses y más tarde fue llevada a las Indias Occidentales; de allí fue llevada a Centro y Sudamérica. La var. *bourbon* constituye un árbol más o menos delgado, cuyas ramas principales salen del tronco a un ángulo más o menos de 45 grados, volviéndose más tarde casi horizontales y colgantes. Las hojas son más anchas y las puntas bronceadas, por lo general están ausentes.

Como se ha mencionado antes, una característica de *C. arabica* y también de las otras especies, es la frecuente aparición de mutantes distintivas de reproducción verdadera, algunas de las cuales son más o menos no fructificantes mientras que otras son superiores en cuanto al vigor y a la calidad del grano. Tres de estas especies cultivadas, clasificadas anteriormente como variedades, son el café Maragogipe (*C. arabica* cv. *maragogipe* = *C. arabica* var. *maragogipe* Hort.) que fue descubierta en Brasil en 1870; también se encontró en Brasil en 1871 el "amarella", "Botucatú" o "Golden drop coffee" (*C. arabica* cv. *amarella* = *C. arabica* var. *amarella* Hort. ex Froehner) y "el café angustifolia" (*C. arabica* cv. *angustifolia* = *C. arabica* var. *angustifolia* (Roxb.) Miq, el cual apareció por primera vez en la provincia de Menado, de las Célebes (Sula Wesi). Las dos primeras están plantadas comercialmente. Otras plantas cultivadas de interés comercial son la bien conocida "mocha" (anteriormente *C. mokkae* Cramer), "laurina" (syn.: *C. arabica* var. *laurina* [Smeathman] D. C.), "caturra", una variante del café bourbon, y "Kent's" notable

por su resistencia a la roya por *Hemileia* por sus grandes rendimientos de excelente café. Otras mutantes son "cera", "anomala", "carlycanthema", "goiaba", "semperflorens", "crespa", "erecta", "fasciata", "columnaris", "bullata", "variegata", "monosperma", "polysperma", "murta", "nana" y "purpuarascens". La mayoría de éstas son curiosidades hortícolas, aunque una gran cantidad de ellas se han venido utilizando en estudios citológicos y genéticos.

Innumerables variedades hortícolas, o sea cultivadas de *C. arabica* son conocidas; cada país, región o localidad posee sus propias razas especialmente seleccionadas y adaptadas. Por ejemplo, el "Blue Mountain coffee" es famoso en Jamaica; el café "Kent's", en la India; y el East, en Africa: los cafés "Kenya" y "Kilimanjaro", en el este de África; los cafés Menado, Malang, Padang, Preanger y Bungi, en Indonesia; el café "Nacional" (*var. arabica*), en Brasil; el bourbon (*var. bourbon*) y maragogipe, en el norte de América del Sur, Centroamérica, México y las Indias Occidentales; y el café "Porto Rican", en Puerto Rico, entre otros. En muchos casos, como en los referentes a Kilimanjaro, Nacional de Brasil y Bourbon de la América Central, etc., los nombres realmente se refieren a grupos de variedades o razas.

1.4.2. *Coffea canephora*

El café Robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner) es nativo de los bosques ecuatoriales de África, desde la costa oeste hasta Uganda y la parte sur del Sudán, lo mismo que de la parte de África occidental, entre las latitudes de 10° norte y 10° sur, en elevaciones desde el nivel del mar hasta más o menos 1000 metros de altura. Haarer da la siguiente descripción de *C. canephora*: Se trata de un árbol o arbusto liso, con hojas anchas que a veces adquieren una apariencia corrugada u ondulante, oblonga – elíptica, cortas, acuminadas, redondeadas o ampliamente acunadas en su base, de 15-30 cm de largo y 5-15 cm de ancho; la nervadura media es plana por arriba, prominente por debajo, las nervaduras laterales son de 8-13 pares; el peciolo es fuerte de 8-20 mm de largo; las estípulas interpeciolares son ampliamente triangulares, largas puntiagudas, connatas en su base, semipersistentes. Tiene flores blancas, algunas veces ligeramente difusas con rosa, en dos racimos axilares, sésiles, con o sin brácteas con hojas. La corola de 5-7 lóbulos, el tubo sólo un poco más corto que los lóbulos. Los estambres y el estilo bien salidos. Las bayas ampliamente elipsoides, más o menos de 8-16 mm, estriadas cuando secas. La planta es muy variable en su estado silvestre.

El café robusta fue utilizado por los nativos de toda el área de donde proviene, mucho antes que los europeos llegaran al África Ecuatorial. Los primeros colonizadores, al movilizarse al interior de esta parte de dicho Continente, encontraron árboles de café en parcelas alrededor de las villas, o en las junglas cercanas, que eran cosechados regularmente. Aún hoy, una parte importante del café robusta producido en África, proviene de pequeñas propiedades. La aparición del brote de roya por *Hemileia*, en 1,800 y años posteriores, y varios otros problemas, principalmente la falta de entendimiento en cuanto a las condiciones apropiadas de suelo y clima, forzaron a los productores en el Lejano Oriente a abandonar el cultivo del café arábigo.

Se importaron semillas de "Kouilou" y otras razas, de plantaciones en el área de la Cuenca del Río Congo. Los tipos robusta probaron estar mucho mejor adaptados para las tierras bajas, cálidas y húmedas de Indonesia, Ceilán, la India y otras regiones donde había fallado la *C. arabica*. Aunque pronto se descubrió que la calidad del grano robusta es bastante inferior a las variedades arábicas, con la desventaja adicional de ser extremadamente variable de una planta obtenida por semilla a otra, sin embargo, el café robusta y sus híbridos con otras especies manifestaron características decididamente favorables:

- a) Inmunidad o gran resistencia a la roya por *Hemileia*,
- b) Baja cantidad de fruta para la proporción de grano seco (3-5:1 en comparación de 5-6:1 para el café arábigo),
- c) Gran capacidad productora y
- d) Capacidad para retener la fruta en el árbol por algún tiempo después de su plena madurez.

El café robusta aún se cultiva en localidades del Lejano Oriente y en aquellas localidades que son demasiado cálidas para que prospere el café arábigo. Esta área y el África proporcionan la mayor parte del café robusta producido en el mundo.

1.4.3. *Coffea liberica*

Café liberiano (*C. liberica* Bull ex Hiern) es nativo de los alrededores de Monrovia en Liberia. Según los investigadores, éste ha escapado del cultivo en la mayoría de los países a lo largo de la costa oeste de África. El café liberiano es un árbol sumamente ornamental y pronto fue conocido en muchas otras partes del mundo, después de su descubrimiento en 1872. Su descripción botánica es la siguiente:

Es un arbusto o árbol liso. Las hojas son más bien grandes, brillantes; la vaina ampliamente acunada en su base, ampliamente elíptica-ovalada, corta, acuminada, un tanto ondulada, delgada, coriácea, tiene más o menos 20 cm de largo y 10 cm de ancho, las nervaduras laterales de las hojas son de 7-10 pares, con huecos en las axilas de las nervaduras; el pecíolo es de 10-16 mm de largo, las estipulas ampliamente ovadas, apiculadas, connatas en su base, más cortas que el pecíolo, tienen de 3-4 mm de largo. Las flores blancas, en cantidad de 6-7, subsésiles, reunidas varias en racimos, axilares, alcanzan más o menos de 3-5 cm de largo; las bractéolas son connatas, caliculadas, deprimidas, deltoides, subtruncadas, todas más cortas que el cáliz que es subtruncado, algunas veces se produce una bractéola oval arriba de las otras. El limbo del cáliz es anular, muy corto. Los lóbulos de la corola son de 6-8, lóbulos ovales, obtusos, más o menos, tan largos como el tubo y extendidos. Las anteras de 6-7, completamente salidas, tienen 1.27 cm de largo; los filamentos, 6.4 mm. El estilo es salido, bifido. La baya, oval, más o menos de 2,5 cm de largo, al principio roja después negra cuando está madura, arrugada cuando está seca. La semilla es de 1,27 cm o un poco más.

El vigor del café liberiano, y su supuesta resistencia a la roya por *Hemileia*, lo llevó a la popularidad en Indonesia entre 1880 y 1905, pero más tarde se le sustituyó por otras especies. Este árbol crece hasta 10 a 15 m de altura, soporta la exposición al sol mejor que la mayoría de los otros miembros del género y tiene una buena retención de sus frutos maduros; también produce granos de baja calidad y tiene una proporción promedio de fruta fresca en relación con los granos secos de más o menos 10 a 1.

En la Costa de Marfil son conocidas diversas variedades de café liberiano, entre ellas podemos mencionar *ivorensis*, *liberiensis* e *indeniensis*, siendo la última la que más se encuentra en cultivo.

1.4.4. *Coffea excelsa*

El café excelsa, (*C. excelsa* A. Chev), fue descubierto en la región semiárida, del Lago Chad en 1905. Se parece al café liberiano en el tamaño del árbol y las hojas, y en la consistencia de cuero de sus frutos, pero difiere de él en que tiene flores, frutos y granos más pequeños (estos últimos de regular calidad). Su descripción botánica es la siguiente:

Se trata de un árbol con hojas grandes, de 6-15 m y hasta 20 m de altura, con la corteza grisácea y rayada longitudinalmente. Las hojas varían en tamaño pero son más o menos ovaladas-lanceoladas, algunas veces ovaladas-espatuladas con la punta angosta y aguda en el ápice. Las vainas son de 18-28 cm de largo, de 9-12 cm de ancho; las nervaduras laterales en 6-9 pares; las flores son pequeñas, de color blanco o rosado, fragantes, dispuestas de una a cinco en racimos en cada nudo; cada racimo con, 2-4 flores que persisten por bastante tiempo, después de marchitarse. La corona es de 5-6 lóbulos; los tubos, de 2-8 mm de largo mucho más cortos que los lóbulos; los lóbulos, de 10-12 mm de largo por 6 mm de ancho. Los estambres son de color verde y el estilo, bien salido. El cáliz sumamente reducido o ausente, es más corto que el disco; las bayas son ovoides y un poco comprimidas, de 17-18 mm de largo, de 15 mm de ancho.

En el comercio, el café excelsa constituye, un nombre de grupo aplicado a una gran cantidad de especies estrechamente relacionadas. Los cafés del grupo excelsa se han cultivado en plantaciones de prueba, pequeños lotes comerciales y campos genéticos en varios países y por muchos años debido a su vigor y resistencia a la enfermedad. En el comercio se encuentra muy poco café excelsa verdadero, debido a que los árboles cuando están completamente desarrollados son demasiado altos para poder recolectar la fruta con facilidad. En vez de ello, los frutos secos se recogen, a medida que caen. Este café es de baja calidad.

1.5. Características botánicas

1.5.1. Raíz

El sistema radical es extremadamente superficial, la mayor proporción de raíces absorbentes se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad y próximos al tallo, es decir, el cafeto se nutre en la superficie del suelo y la raíz pivotante puede llegar a más de 1 metro.

1.5.2. Tallos y ramas

El cafeto presenta dos formas de crecimiento (dimorfismo), el crecimiento ortotrópico o vertical constituido por los tallos leñosos con longitud variable (2-5 m), así como brotes jóvenes denominados “chupones” y “jinetes”, los tallos jóvenes presentan hojas. El crecimiento plagiotrópico u horizontal se expresa en las ramas conocidas como “bandolas” o “crinolina”, los cuales son productivos. Las ramas pueden ser primarias, secundarias y terciarias; las primarias son no renovables. El conocer la estructura de los cafetos es importante para realizar las podas.

1.5.3. Hojas

Los cafetos tienen hojas en el crecimiento plagiotrópico y en el ortotrópico, las hojas están alternas y opuestas, la lamina es delgada con longitud de 7-17 cm y ancho de 3-8 cm. Su forma es variable, elípticas, oblongas o lanceoladas. El haz es verde oscuro brillante y el envés de color verde claro (Escamilla, P.E. 2000). Las hojas nuevas presentan una coloración bronceada o verde claro y después toman su coloración definitiva.

1.5.4. Flor y Floración

La flor se localiza en las axilas de las hojas de las ramas plagiotrópicas, la corola es blanca y formada por cinco pétalos fusionados en su base, dando origen al tubo de la corola; el cual se encuentra inserto en la parte superior del ovario. El ovario normalmente con dos lóculos, contiene un óvulo por lóculo, tiene cinco estambres con anteras lineales que se abren longitudinalmente; el estilo es largo, de color blanco y bifurcado en el estigma.

La floración del café arábigo es marcadamente estacional, efectuándose generalmente sólo con la presencia de tiempo húmedo, pero la periodicidad puede ser mucho menos distinta donde las condiciones climáticas son relativamente estables en todo el año. La cantidad de flores producidas y su tamaño dependen de las relaciones de agua prevalecientes. Las condiciones extremadamente húmedas pueden ocasionar la formación de distintas flores estériles de color verdoso, las llamadas “flores-estrella”. Las lluvias en la época de la polinización pueden reducir el cuaje de los frutos en forma considerable.

Otras especies de café son mucho menos estacionales en sus periodos de floración y también menos sensibles a las lluvias que evitan la polinización.

Las flores del café son polinizadas por el viento y otros agentes; hay aparentemente un elevado porcentaje de polinización entre las plantas adyacentes. Las variedades de *Coffea arabica* pueden amarrar fruta con la autopolinización, mientras que las del *Coffea canephora* no lo logran. Se dice que las flores del *Coffea liberica* se autopolinizan en el estado de botón, pero esto no evita que sean polinizadas en cruz por el polen extraño y de germinación más rápida después de que las flores han abierto. La tendencia hacia la heterostilia, que se observa con frecuencia en toda *Rubiaceae*, se ha presentado, según se informa, en varias especies de café, particularmente en el grupo robusta. Las variedades de café arábigo y los híbridos de las formas arábigo y liberiana, son casi autocompatibles; mientras que la autoesterilidad es común en el grupo robusta.

El café presenta uno de los pocos casos de xenia, o sea, el efecto inmediato del polen en el endospermo, como resultado de una doble fertilización en los géneros dicotiledóneos. El color del endospermo de las almendras de *C. arabica* es verde-azuloso, mientras que los de *C. liberica* es amarillo; los híbridos de estas dos especies muestran una mezcla de los dos colores, dependiendo de la proporción del progenitor masculino. Por otra parte, los cruces, incluyendo *C. liberica* y *C. stenophylla*, no exhiben esta característica.

Recientes experimentos de campo tratan de averiguar la influencia de la temperatura en el crecimiento vegetativo y en la floración. Dichos ensayos revelan que existen unas temperaturas óptimas para la floración, que oscilan entre los 28 y 33° C en verano, potenciándose tanto el crecimiento vegetativo como el número de nudos florales. Cuando las temperaturas invernales oscilan entre los 18 y 23° C, se ha visto que éstas favorecen el desarrollo posterior de la planta, así como la sincronización de la floración para desarrollar el máximo número de inflorescencias por nudo (Drinnan y Menzel, 1995). Otros ensayos tratan de ver el efecto del estrés hídrico en la sincronización de la antesis floral, los experimentos son bastante reveladores y prometen el uso de la irrigación y estrés hídrico en las últimas etapas del desarrollo floral para sincronizar la floración (Drinnan y Menzel, 1994).

1.5.5. Fruto

El fruto es una drupa de superficie lisa y brillante, de pulpa delgada fácilmente desprendible del pergamino. Cuando maduran los frutos son rojos o amarillos, con dos semillas. En ocasiones sólo uno de los óvulos se fecunda y se desarrolla originando una semilla de forma redonda que se le conoce como café caracol.

Las fracciones anatómicas del fruto son: el grano de café propiamente dicho o endospermo, la cáscara o endocarpio, una capa mucilaginosa o mesocarpio y la pulpa o exocarpio. La semilla del café presenta una superficie plana que se encuentra con otra parte igual dentro del fruto. Cada mitad está cubierta por una película. Estas dos fracciones se sostienen dentro del endocarpio, membrana conocida con el nombre de pergamino o cascarilla de café que rodea a cada una de las fracciones que constituyen un grano. La cascarilla está

cubierta por una capa de células esponjosas que forman la pulpa. Esta capa tiene un espesor aproximado de 5 mm.

En el café, la pulpa es la parte de la cereza, formada por el epicarpio o película roja exterior y casi la totalidad del mesocarpio o capa de tejido blando, que rodea el endocarpio o pergamino (Raya, M.S., 1987).

1.6. Variedades y especies

Las especies y variedades de café que caracterizan al género *Coffea* están mal definidas, no bien entendidas y sumamente confusas desde el punto de vista frutícola. Quizá no hay dos botánicos que estén de acuerdo en cuántas especies válidas existen. Gran parte de la dificultad surge del hecho de que los cafés, como los cítricos y algunos otros cultivos frutales, son sumamente polimórficos. Numerosas formas, tipos y variedades son nativos del África y Asia tropicales, mientras que muchos otros existen en plantaciones cultivadas.

Las mutaciones son frecuentes, tal como son las adaptaciones ecotípicas, inducidas por las variaciones en las condiciones del medio ambiente. Muchas, si no todas, de las especies hibridan fácilmente, ya sea en forma silvestre o bajo cultivo. Los frutos maduros tienen una cubierta dulce mucilaginosa alrededor de las semillas, la cual gusta a los pájaros y animales pequeños, por lo que uno puede encontrar plantas de café que se han vuelto silvestres y que provienen de semillas diseminadas por agentes naturales a distancias apreciables de las áreas cultivadas. Una complicación posterior es la falta de una exploración concienzuda por parte de los botánicos, en gran parte de la región cafetalera, especialmente en África, de donde son nativas las distintas especies. Con el fin de obtener uniformidad, aquí se seguirá el tratamiento de las especies y variedades *Coffea* sugeridas por A. E. Haarer, quien ha estado trabajando muchos años con el café en África.

Hay cuatro especies, grupos o formas principales que se cultivan ampliamente y constituyen los cafés del comercio: café arábigo (*C. arabica* L.), café robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner), café liberiano (*C. liberica* Mull ex Hiern) y café excelso (*C. excelsa* A. Chev.); además, existe una gran cantidad de otras especies llamadas económicas, que se plantan en escala local y normalmente no entran a los canales comerciales.

1.6.1. Variedades de café producidas en México

El café que se produce en México es de la especie *Coffea arabica* L., que constituye el 97% de la producción nacional, representada por las variedades Typica (criollo, nacional o arábigo), Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catuaí, Pluma Hidalgo y Maragogype, el 3% de la producción (185 000 sacos) corresponde a la especie *Coffea canephora* Pierre ex Frohener, conocida como robusta, cultivada en zonas bajas de Veracruz (principalmente en los municipios de Tezonapa y Tepatlaxco), Chiapas (sobresale el municipio de Cacahoatán) y Oaxaca (regiones de Tuxtepec y Valle Nacional). Sin embargo, otras fuentes estiman en 300,000 quintales la producción de robusta, con un

considerable incremento en el estado de Chiapas. (Vásquez M., F. 2002, Nestlé México, comunicación personal).

La producción en México se concentra en tres variedades arábigas, Typica cultivada por el 33% de los productores, seguida por Caturra por el 26% y Bourbon por el 17%. Otras variedades menos importantes son Mundo Novo con el 10%, Garnica con 6%, Catuaí con 3%, Catimores (Oro Azteca, Colombia, Costa Rica 95, T5175, etc.) con el 2% y con menos del 0.5%, los Maragos (Maragogype y Pacamara) (Solís, 2001).

En el caso del café, el proceso de introducción, promoción, cambio y expansión de nuevas variedades está muy relacionado con las regiones cafetaleras, la modificación de los sistemas de cultivo, las condiciones ambientales, los problemas fitosanitarios, el tipo de productor y la estrategia de comercialización (Cuadro 1).

Cuadro 1. Importancia de las variedades de café por región y tipo de productor

Región	Variedades utilizadas en orden de importancia		Observaciones y/o tendencias
	Pequeños productores (hasta 5 ha)	Productores medianos y grandes (más de 5 ha)	
Xicotepec de Juárez, Pue.	Caturra Rojo Mundo Novo Garnica	Caturra, Mundo Novo Garnica, Catuaí Catimor y Pacamara	Los grandes productores promueven Catuaí y Garnica
Cuetzalán, Pue.	Typica, Caturra, Mundo Novo y Bourbon	Caturra, Garnica, Pacamara y Garnica enano	Difundir Pacamara entre los grandes productores a través de viveros
Zona Central de Veracruz	Typica, Caturra, Garnica, Bourbon y Mundo Novo	Typica, Caturra, Garnica, Bourbon Mundo Novo	Durante la crisis los pequeños productores demandaron más la Typica
Selva Lacandona y Norte de Chiapas	Bourbon, Mundo Novo, Typica, Caturra y Garnica	Caturra, Garnica Bourbon, Mundo Novo y Typica	Los grandes productores que se ubican en Yajalón comienzan a introducir Caturra y a ampliar Garnica
Soconusco, Chiapas	Bourbon, Catuaí, Caturra, Mundo Novo y Typica	Catuaí, Caturra Bourbon y Catimor	En zona alta Catuaí amarillo y Catimor producen madurez irregular del grano
Istmo, Oaxaca	Typica, Bourbon y Garnica	Caturra, Mundo Novo Typica y Bourbon	Los pequeños productores introducen Typica sobre todo para producir café orgánico
Pluma Hidalgo y Pochutla, Oaxaca.	Typica, Caturra Bourbon y Mundo Novo	Pluma Hidalgo, Caturra, Catuaí, Mundo Novo, Garnica y Pacas	Entre los grandes productores mejorar la variedad Pluma Hidalgo en cuanto a marca y técnica de producción
Atoyac de Álvarez, Guerrero	Typica, Garnica, Bourbon y Caturra	No se obtuvo información.	Predominan los sistemas de cultivo rusticano y tradicional; la superficie de pequeños productores en algunos casos rebasa las 5 ha.

Fuente: Santoyo *et al.*,1994.

1.7. Composición química del café

1.7.1. Composición de la pulpa de café

La pulpa de café está compuesta en un porcentaje del 70-85% por agua, 2.1-2.4% proteínas, 3% oligosacaridos, entre 3 y 6% celulosa, 1.4% pectinas, 0.4% lípidos, 0.2% cafeína, 1% taninos y entre 0.8 y 1.6% cenizas.

1.7.2. Composición del mucílago del café

El mucílago del café está constituido en un 84.2% de agua, 8.9% de proteína, 4.1% azúcares, 0.91% ácido péptico y 0.7% cenizas.

1.7.3. Composición de la cascarilla o pergamino de café

El pergamino de café está compuesto en el 92.2% de materia seca, un 7.8% de agua, extracto libre de Nitrógeno en el 18.09%, 0.6% de grasa, 0.4% de Nitrógeno, 0.5% de cenizas y 70.4% de fibra cruda.

1.7.4. Composición aproximada de granos verdes

La composición aproximada de granos verdes (% de peso seco) de *Coffea arabica* es de entre 50 a 55% proteína, 2% aminoácidos, de 11 a 13% proteínas, azúcares simples entre 6 y 8%, lípidos entre 12 y 18%, cafeína entre 9 y 1.2%, minerales entre 3 y 4%, triglonelina entre 1 y 1.2%, ácidos clorogénicos entre 5.5% y 8% y ácidos alifáticos entre 1.5 y 2%.

En cuanto a la variedad robusta, su composición aproximada de granos verdes (% de peso seco) fue de entre 11 y 13% de proteínas, 2% de aminoácidos, carbohidratos complejos de entre 37 y 47%, azúcares simples entre 5 y 7%, lípidos entre 9 y 13%, cafeína entre 1.6 y 2.4%, minerales entre 4 y 5%, triglonelina de 4 a 4.5%, ácidos clorogénicos de 7 a 10%, y ácidos alifáticos de 1.5 a 2% (Clifford M. 1985).

1.8. Requerimientos climáticos y edáficos

C. arabica es una especie de las tierras altas con un periodo de floración que es marcadamente susceptible al exceso de tiempo lluvioso. Las plantas continúan su desarrollo vegetativo durante la temporada seca, pero entran en plena floración dentro de unos cuantos días o semanas después de que se ha iniciado la temporada de lluvias. Más o menos el 60% del gasto requerido en la producción de café, lo constituye el costo de la recolección de las cerezas; consecuentemente, una sola cosecha anual como la que se podría obtener en las áreas que tienen una temporada húmeda, es menos costosa para el productor, que dos cosechas anuales en aquellas áreas que tienen dos períodos cortos de lluvia.

C. canephora es nativa de altitudes bastante bajas y de las regiones más húmedas de la Costa Occidental de África, lo cual debe dar cierta indicación en

cuanto a sus exigencia climáticas. El mejor café robusta de Tanzania se produce a una elevación de 1200 m, con una lluvia anual distribuida uniformemente y de más o menos 3000 mm, con temperaturas que varían entre un mínimo de 17° C, hasta un máximo de 27° C en el año.

Además, la respuesta fotosintética y síntesis bioquímica de la planta se ve muy influida por el periodo climático del año. Así, los diferentes niveles de clorofilas, carotenóides, etc., se ven modificados en función de las temperaturas y de la intensidad luminosa (Damatta *et al*, 1997).

1.8.1. Condiciones climáticas de las zonas cafetaleras en México

El café se cultiva fundamentalmente en las vertientes de las cadenas montañosas del centro y sur del país, bajo la cubierta de un dosel de árboles. En México el café se cultiva bajo sombra en un 99% de los predios cafetaleros y más del 70% con sombra diversificada (sistemas rusticano y policultivo tradicional), condición privilegiada que le confiere una enorme importancia ambiental por ayudar a conservar la biodiversidad y ofrecer diversos servicios ambientales al país.

Desde el punto de vista biológico, las áreas cafetaleras coinciden con las regiones más ricas y diversas en flora y fauna. Los tres estados más importantes para la producción de café, Oaxaca, Veracruz y Chiapas, son sitios de altísimo valor para la conservación de la biodiversidad (Moguel y Toledo, 1999). Entre los servicios ambientales más importantes del café están: protección de cuencas hidrológicas, conservación de suelos, protección y conservación de biodiversidad (en particular las aves), retención de carbono, producción de oxígeno, baja o nula contaminación por agroquímicos y, la belleza y estabilidad del paisaje cafetalero.

La distribución del cultivo del café es muy amplia, es posible encontrarlo desde los 100 msnm hasta casi los 2000 msnm, sin embargo, la zona óptima para su desarrollo y producción se ubica entre los 700 a 1300 msnm, principalmente en zonas cerriles y montañosas. El 63% de los productores mexicanos se ubica arriba de los 600 msnm, mientras que un 29% de los productores se localiza en altitudes superiores a los 900 msnm.

La producción presenta diferencias importantes en las vertientes del Golfo de México y el Pacífico, siendo la primera más húmeda y la segunda más seca, con temperaturas medias de 16 a 28° C y precipitaciones que van de 1000 a 5000 mm anuales, en climas Af, Ac, Am y Cfm, como predominantes.

En un análisis eco geográfico de los municipios donde se produce café en México, realizado por Moguel y Toledo (1999), se encontró que el 40% de la superficie corresponde a áreas con selvas altas y medianas (zona tropical húmeda), el 23% con bosques de pino y encino, el 21% con selvas bajas caducifolias y el 15% con bosque mesófilo de montaña.

Las condiciones ambientales que predominan en la mayor parte de las zonas cafetaleras permiten considerar alrededor de 530 mil ha con características óptimas, ésto aunado al cultivo bajo sombra, confirma el potencial enorme para producir cafés de buena y excelente calidad.

1.8.2. Condiciones edáficas

La mayoría de las regiones cafetaleras se ubican en suelos de origen volcánico, desarrollados probablemente sobre depósitos recientes, comúnmente cenizas volcánicas como por ejemplo los de la región de Huatusco, Veracruz, pero pueden encontrarse totalmente intemperizados, como sucede con los de la región del Soconusco, Chiapas y, en menor medida, en los desarrollados sobre material sedimentario. De acuerdo con la clasificación FAO-UNESCO, las cuatro principales unidades de suelo y su participación respecto a la superficie cafetalera nacional son: luvisoles (52%), rendzinas (14%), ferrosoles (12%) y regosoles (11%).

El café prospera bien en suelos ligeramente ácidos y con cualidades físicas que permitan la penetración de las raíces, es decir, suelos profundos. La predominante ubicación de los cafetales mexicanos en terrenos con topografía accidentada, implica una alta susceptibilidad de los mismos a la erosión hídrica (Santoyo *et al.*, 1994).

El café prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser más bien ácida. Una variación del pH de 4.2 a 5.1 se considera lo mejor para el café arábigo en Brasil y para café robusta en el África Oriental.

1.9. Proceso de cultivo

Aparte de las diferencias en los sistemas de poda que se discutirán más tarde, el cultivo del café arábigo y robusta, sigue el mismo patrón general en la mayoría de las áreas donde se cultiva.

1.9.1. Propagación

1.9.1.1. Propagación por semilla

El café se propaga en gran escala por medio de plantas obtenidas de semilla, o vegetativamente, por medio de injertos o estacas.

Para el caso de la utilización de semillas existen algunos datos sobre el adecuado almacenamiento de las mismas, para impedir su deterioro. Así, para *C. arabica* el almacenamiento bajo aire seco se hace a una temperatura de 10° C, con un contenido de humedad del 10-11% (Hong y Ellis, 1992).

El sistema actual de propagar el café por medio de plantas obtenidas de semilla en las plantaciones cafetaleras, incluye el sembrar las semillas en almácigos especiales, donde las plantitas serán cuidadas hasta que se les

trasplante al campo. El vivero es una plantación típica; está situado en el mejor terreno disponible. Si es posible se utiliza tierra virgen para minimizar las enfermedades. Cada almácigo se prepara para ser el sostén del vivero limpiándolo de piedras, nivelándolo, etc. Además, se sitúa bajo una ligera sombra de hojas de palma o tira de bambú. Dentro del almácigo se disponen hileras espaciadas unos 15 cm, a lo largo de los surcos. El material de siembra se selecciona cuidadosamente en cuanto a su adaptabilidad a las condiciones locales, lo mismo que por su capacidad de alto rendimiento, resistencia a las enfermedades y demás criterios. Cuando las plantas alcanzan una altura de 15 a 20 cm, o sea aproximadamente de seis a ocho meses después de la siembra, los arbolitos están listos para su trasplante.

1.9.1.2. Propagación asexual

Cuando la propagación es por estaquillado se pueden utilizar auxinas, IBA y/o NAA para fomentar la aparición de raíces. Las concentraciones recomendadas oscilan entre las 200 ppm de NAA junto con Boron, o la combinación de IBA y NAA a 200 ppm más Boron (Ono *et al*, 1994).

Los arbustos de cafeto son intolerantes a la perturbación de sus raíces, por lo que se les debe trasplantar con cuidado.

Además, estudios recientes sobre la influencia del sustrato utilizado en los viveros, así como el grado de micorrizas asociadas a las plántulas de café, señalan que estos dos factores influyen notablemente en el éxito del trasplante. Se ha demostrado la importancia de la calidad de la mezcla del suelo, el estado de micorrización por hongos y las condiciones del suelo tras el trasplante. Dichas condiciones pueden acelerar o retrasar el proceso de adaptación al nuevo medio de cultivo de las plantas jóvenes de café (Siqueira *et al*, 1995).

Las plantaciones clonales de café se obtienen ya sea injertando las plantas de semilla por hendidura en los viveros, sembrando las plantas por semilla en maceta o por medio de estacas. A las plantas obtenidas de semilla que se han de utilizar como patrones se les permite que crezcan hasta el grosor de un lápiz, antes de que se les corte. Las varetas de yema para injertos siempre se toman de las ramas erectas. Cuando las yemas han crecido hasta 15 a 20 cm, 12 a 18 meses después de la siembra, los cafetos se sacan del campo. Las estacas también se pueden enraizar y utilizarse como patrones, pero la práctica general consiste en tomar varetas del clon que se desee en el campo. El porcentaje que vive ha sido satisfactorio, en aquellos lugares en donde se han usado las hormonas inductoras del enraizado, en el material de propagación con madera suave. Los estacados también se pueden enraizar sin gran dificultad, en las camas de propagación bajo rocío. Todos los métodos de propagación vegetativa son mucho más costosos que el uso de semillas, por lo tanto rara vez se les utiliza cuando se deben plantar áreas extensas.

1.9.2. Establecimiento del huerto

Los cafetos jóvenes deben tener sombra continua desde la época en que se les trasplante, consecuentemente, resulta necesario trasplantar los árboles de sombra con uno o dos años de anticipación. El espaciado que se da a los cafetos se determina principalmente por la altitud de la plantación. La distancia comúnmente usada en la siembra del café arábigo es de 2.0 x 2.5 m, lo cual da más o menos 2,000 árboles por ha. Otro método de siembra consiste en el doble trasplante al principio. Después los árboles alternos se eliminan cuando empiezan a resultar demasiado aglomerados y los rendimientos empiezan a bajar.

La densidad de plantación influye, según estudios recientes, en las propiedades físico-químicas del suelo, modificándolas en gran medida. Así al aumentar esta densidad, se incrementa el pH del suelo, el Ca, Mg y K intercambiables, el P y carbón orgánicos disponibles, y se reduce el Al disponible. Incrementando la superficie cubierta por los árboles, decrece la erosión del suelo por las lluvias, disminuye el lixiviado de nutrientes, y en general, el ciclo de nutrientes en el suelo se ve favorecido, afectando todo ello al mejor manejo de la plantación (Pavan *et al*, 1996).

1.9.2.1. Trazo en curvas de nivel

En este diseño se trazan líneas matrices, para lo cual se localizan éstas en la cantidad que la misma pendiente lo aconseje. Si esta aparece demasiado uniforme, probablemente una línea matriz localizada en la parte media del predio sea suficiente. Se rectifica la o las líneas matrices para evitar ángulos agudos.

Mediante una cadena con marcas en la separación de calles convenida, y colocada en forma perpendicular a la línea matriz, se recorre la faja del terreno y se ponen estacas para señalar las líneas paralelas correspondientes a los surcos o líneas en los que se plantaran los cafetos. Las líneas paralelas se rectifican para evitar ángulos muy cerrados, y sobretodo cornejales.

Sobre las líneas paralelas se marcan, también con una cadena, la distancia de plantación de los cafetos. Se prosigue en forma semejante hasta recorrer todo el terreno por trazar.

Los trazos paralelos a la pendiente deben ser cosa del pasado, ya que propician la erosión y hacen penoso el trabajo de los operarios, sobretodo en época de cosecha.

Al trazo de curvas de nivel se le atribuye el defecto de tener los surcos irregulares, lo cual dificulta la cosecha. El problema se supera si el corte de café se hace por fajas paralelas a la pendiente, en este caso cada cosechador contará con una porción de surco semejante.

1.9.2.2. Apertura de hoyos

Primeramente se despalma o nivela el surco para que el hoyo quede sobre una pequeña terraza. Esto ha de cuidarse más si la pendiente del suelo pasa del 10%.

El tamaño del hoyo tiene importancia a medida que el suelo es pobre y su textura arcillosa. De cualquier manera hay un impedimento, que es su costo. En términos generales, para suelos pobres y arcillosos un tamaño de 40x40x40 cm es muy recomendable. En suelos arenosos el tamaño puede ser de 30x30x30 cm y en suelos nuevos se pueden plantar a “boca de azadón” y el hoyo se puede reducir a 25x25x30 cm.

1.9.2.3. Llenado de hoyos

Nuevamente, si el suelo es pobre y arcilloso, importa que el llenado se realice con la anticipación necesaria, usando suelo superficial y con algún contenido de materia orgánica.

Al llenar el hoyo, con anticipación ha de agregarse tanto suelo como lo requiera su capacidad, afín de contar con suficiente para hacer un buen trasplante. En suelos pobres conviene depositar en el fondo del hoyo hasta un kilogramo de superfosfato simple de calcio.

1.9.2.4. Trasplante

Al estar el hoyo debidamente acondicionado se toma una planta sana sin síntomas de marchitamiento y se le corta cualquier porción de raíz pivotante que sobresalga del suelo. Una vez colocada la planta en el hoyo se rasga la envoltura y se retira para luego colocar una capa de 5 cm alrededor y apretarla normalmente con la mano.

1.9.3. Manejo de la sombra

Si bien todavía existe alguna discusión entre los expertos sobre la necesidad de la sombra para el cultivo del café, es preciso indicar que la tendencia moderna es hacia la no utilización de plantas de sombra, y la inmensa mayoría de las nuevas plantaciones son efectuadas sin ésta. Es un hecho comprobado que el café produce invariablemente mayores rendimientos sin plantas de sombra. Hay que hacer notar, por otra parte, que en el caso particular de utilizar plantas de sombra tendrían que: a) ser productivas, b) poseer similares necesidades de agua y nutrientes ya que de otro modo se originaría un desequilibrio entre el café y estas plantas.

En el caso de utilizar sombra debemos anotar que, en general, el café necesita menos sombra cuando el suelo es mejor y cuando la humedad del aire es más alta. El efecto de la sombra es indirecto, pero está de acuerdo con el comportamiento ecológico de las plantas de café. Por esta razón es necesario que la poda de los árboles de sombra, en aquellas regiones en donde las

condiciones del tiempo cambian apreciablemente a través del año, se regule de tal manera que haya más sombra durante los meses secos y menos durante aquellos meses más húmedos. Esto generalmente significa que la operación de la poda siempre se debe llevar al cabo varias veces al año. En una buena finca cafetalera la primera poda o sea la poda principal, se puede dar al principio de la temporada húmeda, con ligeras podas posteriores, de acuerdo con la intensidad de la lluvia y tomando en consideración los nublados imperantes.

Las plantaciones de café arábigo en elevaciones altas, invariablemente requieren menos sombra que las que se sitúan más abajo. De hecho, se pueden obtener regularmente buenos rendimientos de café en suelos ricos que se encuentren en altitudes elevadas sin sombra, excepto en los lugares donde existe la posibilidad de heladas, en cuyo caso resulta necesaria una cubierta protectora relativamente densa.

Una revisión del aspecto de la sombra del café revela que no hay base razonable o hecho observado para la creencia de que la sombra es una necesidad general para la planta de café, aún cuando se le cultive en altitudes bajas. Por el contrario, es probable que los efectos benéficos que resultan de la sombra estén a parte de la sombra proyectada sobre el árbol de café mismo, sino que más bien consisten en una protección contra la sequía, la erosión y el viento. La plantación de árboles de sombra en aquellas regiones en que los árboles de café no están sujetos a condiciones climáticas perjudiciales, está justificada por la fertilidad aumentada impartida al suelo por medio de los procesos de fijación del Nitrógeno llevados al cabo por los nódulos de las raíces de los árboles leguminosos generalmente plantados.

El espaciado y la cantidad de poda dada a los árboles de sombra en las plantaciones de café depende en particular de la especie y de la localidad consideradas. Generalmente los árboles más grandes se deben espaciar a una distancia de 10 a 12 m, mientras que los más pequeños, como *Leucaena*, se siembran mucho más cerca. Donde se necesita la protección del viento, se pueden plantar setos vivos.

1.9.4. Manejo del suelo

El problema más difícil en el cultivo del café, especialmente en las regiones tropicales de las tierras altas, es la conservación del suelo. Es esencial al establecer una plantación de café, proteger al suelo de la acción erosiva de las lluvias tropicales, torrenciales, tan pronto como se realice el desmonte. En las áreas montañosas y en las pendientes más inclinadas, se pueden plantar a lo largo de los contornos, setos vivos de *Leucaena*. El deshierbe selectivo, eliminando aquellas plantas que pueden competir con los árboles de café junto con los arbustos leguminosos de crecimiento erecto, y/o las hierbas para enriquecer y proteger al suelo, se pueden utilizar con ventaja en las pendientes más inclinadas.

El mantenimiento de las reservas adecuadas de humedad del suelo, es importante para el bien del café. En tanto que es benéfico, desde el punto de

vista de la floración y la cosecha, que las capas superficiales del suelo se sequen hasta cierto grado antes de la presencia de la temporada lluviosa, al mismo tiempo las raíces más profundas, buscadoras de humedad, que algunas veces penetran a profundidades de 4 a 5 cm, deben abastecerse con una cantidad de agua.

1.9.5. Labores culturales

1.9.5.1. Malezas

El control de las malas hierbas es muy importante para el buen desarrollo de las plantas en el cultivo del café. La competencia que establecen las plantas por los nutrientes, el agua y el espacio vital que necesitan resulta determinante, si tomamos en cuenta que las malas hierbas son de más fácil multiplicación y propagación. En trabajos de campo se han estimado hasta 5.7 millones de malezas por hectárea de cafetal, las cuales compiten con el café principalmente por espacio, luz, agua y nutrimentos. La competencia de las malezas es tanto mayor cuanto más pequeño es el café.

Las especies de malas hierbas en los cafetales mexicanos son muy abundantes, lo cual hace desear que se hagan investigaciones a nivel de regiones cafetaleras para determinar las especies más persistentes y nocivas, así como para conocer sus hábitos de crecimiento y los sistemas más eficientes de combate.

Los principales controles de las malas hierbas son: la limpia manual, el empleo de químicos y el control biológico.

La limpia manual es uno de los métodos más empleados, pero con una pésima calidad, utilizando machetes. En muchos casos sólo se realiza durante la cosecha y en otros sólo se limpian las periferias del campo, lo que origina notables pérdidas.

El control químico se utiliza más durante la preparación de tierras. En México con el Glifosato (Faena), herbicida sistémico, en dosis de 1 litro por 200 de agua, se asperja a la hierba al inicio del ciclo, cuando ésta se haya en pleno crecimiento, a no más de 25 cm de altura y en ausencia de sequía. Posteriormente se dan una o dos aplicaciones más si se requiere; si la aplicación fue buena probablemente se gastara tres litros de Faena y seis jornales por hectárea. La mezcla Paracuat y 2,4-D amina en proporción 2:1 se usa con éxito cuando en las malezas predominan bejucos. El Paracuat es un herbicida de contacto y su dosis es de 2 litros por 200 de agua por hectárea.

Mientras que el control biológico, además de resultar muy económico es uno de los métodos más aceptables debido a sus contribuciones con la conservación del medio ambiente, ayudando a detener la erosión de los suelos, retiene la humedad y sirve como habitat natural a insectos depredadores. Una de las especies que mejor se adapta para usarse como cobertura viva es la *Zebrina pendula* o cucaracha, que no entra en competencia con la planta, de fácil

manejo y no es trepadora, también se usa kudzú tropical (*Pueraria javanica*), Canavalia (*Canavalia ensiformes*), añil (*Indigofera endecaphylla*), etc.

El combate de malezas mediante el establecimiento de coberturas vivas requiere de mucha paciencia para eliminar todas aquellas plantas dañinas. Es más, el uso de dicho sistema quedará supeditado a cafetales sin sombra, ya que la mayoría de las especies de cobertura crecen mejor en plena luz que a la sombra

1.9.5.2. Fertilización

Está demostrado que los fertilizantes son absolutamente necesarios en los cultivos de café al sol, en los suelos de todo el mundo, pero especialmente en aquellos de fertilidad media-baja. En los últimos años han aparecido en el comercio fertilizantes líquidos o foliares que, aplicados por aspersión a las hojas de las plantas, le suministran los nutrientes complementarios, igual como lo hacen los fertilizantes sólidos aplicados al suelo.

La fertilización foliar tiene innegables ventajas sobre la aplicación de fertilizante al suelo. La principal ventaja es que el fertilizante aplicado a las hojas es absorbido en una elevada proporción, no inferior al 90%. Por el contrario, los fertilizantes aplicados al suelo se pierden en un 50% o más, por diferentes motivos. Otra ventaja de la fertilización foliar es que se pueden aplicar funguicidas en la misma solución. Al mismo tiempo que nutrimos estamos controlando las enfermedades. Así por ejemplo, aplicaciones de uno por ciento de urea y de medio por ciento de Manzate, u otro funguicida similar, en aspersiones quincenales en almácigos o siembras recientes en el campo, para la fertilización nitrogenada y al mismo tiempo el control de la mancha de hierro, enfermedad fungosa de gran difusión en las plantaciones de cafetos al sol.

Otra ventaja de la fertilización foliar es la aplicación por este medio, de micronutrientes o elementos menores cuando se comprueba que hay deficiencia de ellos. Así, se recomiendan dos aspersiones de bórax al 1 por ciento, al año, cuando se presentan deficiencias de boro, o aplicación de 20 gramos de bórax al suelo, por cafeto.

Como desventajas de la fertilización foliar se apuntan un mayor número de tratamientos o fertilizaciones para asegurar un suministro suficiente de nutrientes a la planta. Finalmente, según estudios de costos y, a pesar de las ventajas antes citadas, parece que el empleo de fertilización foliar en cafetales en producción no es recomendable, pues comparando la efectividad entre la aplicación al suelo y la aspersión foliar, con el alto costo de los fertilizantes foliares, ésta es una práctica totalmente antieconómica en aquellos lugares donde los precios de dichos productos son elevados.

Ocasionalmente se pueden presentar deficiencias en boro, calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo, potasio y cinc. Sirva como ejemplo el caso del calcio, cuya deficiencia tiene una gran importancia sobre la eficiencia fotoquímica, teniendo un papel importante en la estabilización de la clorofila (Ramalho *et al*, 1995).

Además, se ha demostrado que existe una relación muy estrecha entre la capacidad de adaptación de los cafetos para producir con menos sombra, si los cultivos disponen de niveles adecuados de nitrógeno. La facilidad con la que se produce la transición de plantación con sombra a otra sin árboles de sombreado dependerá en gran medida de la calidad de la fertilización nitrogenada (Fahl *et al*, 1994). Otros ensayos sobre el efecto de la radiación directa sobre cultivos de café muestran que los daños que se producen, cuando las plantas son sensibles a su cultivo en dichas condiciones, son menores cuando se les aplica una adecuada fertilización nitrogenada (Nunes *et al*, 1993).

De los seis elementos mayores, con frecuencia escasean en los suelos cafetaleros el nitrógeno, el fósforo, y el potasio, por lo que el cafeticultor se ve obligado a buscarlos en el mercado en forma de compuestos químicos de fórmula y presentación muy variada.

Las principales fuentes son:

- Nitrógeno: Sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea.
- Fósforo: Superfosfato simple de calcio y superfosfato triple de calcio.
- Potasio: Sulfato y cloruro de potasio.

Por otra parte existen fórmulas, resultado de la experimentación cafetalera, como la 10-10-5, que se usa para plantas en edad preproductiva, y la 18-12-6 para cafetos en producción.

Cuadro 2. Dosis de fertilización

Edad de la planta	Fórmula y gramos por café y año	
	10-10-5	18-12-6
1	50	
2	150	
3	300	
4		400
5		600
6		750

Recientemente en cafetales al sol, con 3000 sitios por hectárea, 2500 plantas en producción y con rendimientos comprendidos entre 60 y 70 quintales por hectárea, se siguió con buenos resultados el programa que aparece en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Fertilización para café producido sin sombra

Año	18-12-6
2	600 kg.
3	900 kg.
4	1,200 kg.
5	1,800 kg.
6(a)	2,400 kg.
7(a)	2,700 kg.

(a) 18-12-16-0.4. Para mejorar la adición de potasio y de boro ya que el análisis foliar comprobó la carencia de dichos elementos.

La aplicación del fertilizante se debe realizar en la época de máximo crecimiento de la planta, que generalmente se presenta de marzo a septiembre. En dichos períodos ocurre la floración por eso debe aplicar un mes antes de la primera floración, de inicio de lluvias y de uno a dos meses del inicio de la cosecha.

1.9.5.3. Escardas

La escarda es una práctica poco común en México y en los demás países cafetaleros del mundo, a excepción de Brasil; tiene por objetivo eliminar malezas, airar el suelo, incorporarle materia orgánica y conservar el agua del suelo, ya que rompe la capilaridad. Esta práctica tiene su mayor justificación en suelos de textura arcillosa, porque su dureza no ayuda al buen desarrollo radicular de la planta.

En áreas accidentadas, como es el caso de la mayoría de las zonas cafetaleras mexicanas, la escarda se hace mediante el uso del biello-pala. En suelos con pendiente apropiada puede hacerse mediante una cultivadora tirada por animales. Los tractores pequeños equipados con los implementos adecuados también pueden servir para este trabajo.

Es recomendable realizar esta práctica los primeros tres años de vida del cafeto, cuando la planta no tiene aun un sistema radicular muy desarrollado.

1.9.5.4. Replantes

En algunas regiones cafetaleras esta práctica se conoce con el nombre de resiembra, y tiene por objetivo reponer las unidades faltantes.

El trasplante de un cafeto debe ser cuidadoso para asegurar su prendimiento, en el replante los cuidados deben extremarse por tratarse de un ser pequeño que se pone a competir en un medio poco propicio, ya que las de más plantas ya están establecidas.

El replante de cafetales es muy importante ya que un porcentaje muy elevado de estos anualmente mueren por muy diversos motivos: escasez de vigor, mala

extracción del vivero, mal manejo de plántones, mal trasplante y falta de cuidados apropiados dentro de la plantación.

1.9.5.5. Poda

Existen dos aspectos principales que hay que tomar en consideración en cuanto a la poda del café: primero, la formación de los árboles jóvenes para construir una estructura vigorosa y bien balanceada con buenas ramas de fructificación, y segundo, el rejuvenecimiento periódico de las ramas de fructificación, a medida que envejecen y dejan de producir.

La formación se empieza poco después de que las plantas obtenidas de semilla o las clonales, se trasplantan en el campo. Con el café arábigo existen dos tipos de formación, como árboles de un solo tallo o como árboles de tallos múltiples. Un sistema mixto permite que crezca un solo tallo principal hasta una altura de 1.35 a 1.50 m, altura a la cual se poda para evitar su posterior extensión hacia arriba. Las ramas secundarias y terciarias que empiezan desde el tallo principal y las ramas principales laterales se podan para proporcionar el espaciado uniforme y para que la luz llegue a toda la superficie productora.

El método general más usado para la formación del café en África y en todo el resto del mundo es uno de los sistemas de tallo múltiple. Casi cada país ha desarrollado una o más variantes sobre dos patrones generales. Los árboles se pueden cortar cuando tienen más o menos 30 cm de altura, de nuevo a una altura mayor, de tal manera que haya de 3 a 4 tallos erectos de aproximadamente igual tamaño y fuerza formando la estructura básica del árbol. Los otros dos sistemas generales consisten en doblar la punta del tallo hasta que crezcan ramas erectas y el tallo principal haya crecido lo suficiente para retener su forma doblada. Se retienen dos, tres o cuatro de las mejores ramas rectas, y el resto se corta. La punta de la guía principal se puede cortar o se puede dejar crecer. En el invernadero es una práctica común el sembrar las semillas cerca para que las plantas crezcan altas y delgadas. Los mejores árboles se producen si las plantas con más o menos seis pares de hojas se doblan.

Tanto con el sistema de formación de un solo tallo o uno múltiple, es necesario el rejuvenecimiento periódico de los árboles, para mantenerlos en condiciones de producción vigorosa.

La mejor época del año para podar a los árboles de café es poco después de la cosecha, puesto que la mano de obra es abundante entonces y las plantas así tienen tiempo de recuperarse antes de la siguiente temporada de floración.

1.9.5.6. Control de plagas

La incidencia de plagas en el cafeto es muy variada, las palomillas, escamas y nematodos atacan el sistema radical; los cortadores y taladradores, el tallo y las ramas; los cortadores y chupadores, las hojas y la broca, algunos frutos.

Estas plagas presentan muchos rangos de variación. Por ejemplo, el minador de la hoja es más común en la época de sequía, mientras que los cóccidos radicales lo son en la época de lluvias. La edad de la planta tiene su influencia, las plantas jóvenes posiblemente son más susceptibles a las escamas que las adultas. Otra relación son las características varietales; así, los arábigos compactos son más susceptibles a las escamas, áfidos, palomillas y nematodos, mientras que el robusta ha demostrado cierta tolerancia a plagas del sistema radical.

La amenaza de la broca demandará una mayor eficiencia y tecnificación de las plantaciones, haciendo necesario que el cultivo sea más rentable, de tal manera que permita cubrir los gastos ocasionados por el control fitosanitario. A continuación se describen las principales plagas del café.

a) Broca del grano de café (*Hypothenemus hampei* F.)

La broca vive exclusivamente en y de los granos de café, y muere en ausencia de ellos. Se trata de un coleóptero que se reproduce y desarrolla en el interior de la almendra y tiene cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto.

Daño

La hembra adulta perfora el fruto generalmente por la corona; hace una galería a través de la pulpa, y llega así al interior de una de las semillas. Después agranda la galería transformándola en una cámara en donde deposita sus huevecillos. Al nacer las larvas se alimentan del grano, con lo cual la galería se ensancha.

Tanto las larvas como los adultos destruyen parcial o totalmente los granos de café. En algunas partes del mundo causan daños tan severos, que llegan a reducir la cosecha hasta en 80%.

Control

En el campo, después de la cosecha, se recogen todos los frutos secos que hayan quedado en las ramas y en el suelo, e inmediatamente se espolvorean 20 kg. de Tiodan al 4%. Cuando la cereza está maciza pero en estado lechoso, se asperja el cafetal con Tiodan 35% CE, en la proporción de 0.8 litros en 300 litros de agua. La aspersión se repite si se presume que se ha iniciado una nueva generación y se observan hembras perforando nuevas cerezas. Para ello, son indispensables las inspecciones sistémicas del cafetal.

En los beneficios, los flotes (frutos vanos) deben recogerse en sacos para enterrarlos en fosa, con una aplicación de Tiodan al 4% antes de taparla. También se pueden sumergir en agua hirviendo por cinco minutos; este tratamiento tiene la ventaja de que posteriormente se puede beneficiar el café para su aprovechamiento. El café pergamino conviene deshidratarlo en secadoras mecánicas, ya que la temperatura de 50 a 60 °C mata a los

insectos. El café oro se puede fumigar con bromuro de metilo: 454 gramos son suficientes para tratar un volumen de 25 m³.

Los mejores resultados en el combate de la broca se logra cuando, mediante una campaña, se sincronizan esfuerzos para reducir el potencial biótico de la plaga. Los esfuerzos aislados resultan ineficaces.

b) Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*)

La plaga se presenta más en áreas bajas y poco sombreadas, en comparación con las altas y con sombra adecuada. Sin embargo, en cualquier altitud se pueden dar brotes violentos si concurren un periodo de temperaturas comprendidas entre 24 y 26° C y una baja precipitación.

Daños

Los daños se manifiestan por la reducción del área foliar activa y por la caída de las hojas cuando el ataque es severo. Este repercute en la reducción de la cosecha en 30 y 40 %.

Combate

El minador tiene algunos enemigos naturales, los que, sin embargo, por si solos no pueden controlarlo, razón por la cual para combatirlo se usan productos químicos.

Las larvas se combaten con Disystón 10% granulado en la proporción de 30 gramos por cafeto, o con Thimet 10% granulado en la dosis de 40 gramos por plántula. Estos insecticidas se aplican al suelo, ligeramente enterrados, alrededor del cafeto y en la zona radical, para que sean absorbidos por la planta.

Los adultos se combaten con Paratión metílico 50% CE, a razón de 1.5 cm³ por litro de agua, empleando 300 litros de solución por hectárea.

Cuando se encuentran larvas y adultos se recomienda aplicar Paratión metílico 50% CE, en la proporción de 1.5 cm³ por litro de agua, en 300 litros de solución por hectárea.

c) Piojo harinoso del follaje del cafeto (*Planococcus citri*)

Este insecto se encuentra diseminado en casi todas las regiones cafetaleras de México. Cuando las condiciones climáticas le son favorables (baja precipitación, cafetales al sol o baja regulación de la sombra) ocurren ataques muy graves.

Bajo condiciones propicias las poblaciones se incrementan al inicio de la época de secas y alcanzan su mayor propagación entre febrero y marzo.

Daños

El insecto se reproduce en generaciones superpuestas. Su descendencia generalmente forma agrupamientos a lo largo de las puntas de las ramas jóvenes, a las que cubre totalmente; afecta los entrenudos, los botones florales y principalmente los frutos desde que éstos se empiezan a formar. La presencia del insecto se conoce fácilmente por una secreción lanígera sobre las ramas, que le sirve para proteger la masa de huevecillos que lleva adherida a su cuerpo.

Los daños los produce por la continua succión de savia. Ocasionando debilitamiento e incluso la muerte de las ramas.

Combate

Para su combate se recomienda la aplicación de insecticidas fosforados, como el Paratión metílico, a la dosis de 2 cm³ por litro de agua.

Los insecticidas sistémicos están limitados en su acción debido a que la circulación de la savia se reduce durante la época en que se presenta la plaga.

En cuanto al control biológico, algunos neurópteros, probablemente del género *Chysopas*, devoran piojos. Sin embargo, no hay suficiente información para considerar a estos insectos como eficientes en el control.

d) Araña roja (*Oligonychus ilicis*)

Es una plaga propia de cafetales que se localizan a altitudes elevadas y su severidad esta íntimamente ligada a la falta de sombra con prolongados períodos de sequía.

Daño

En infestaciones fuertes, las hojas afectadas toman una coloración café cobriza sin brillo, y sobre ellas aparece un polvillo blanquecino formado por los residuos de las mudas que sufren las arañas durante su desarrollo. Los ataques severos originan la caída de las hojas con grave perjuicio de la producción.

Combate

Los cafetos afectados deberán asperjarse con cualquiera de las soluciones siguientes:

- Paratión metílico 50% CE, 2 cm³ por litro de agua.
- Akar 388, 2 cm³ por litro de agua.

Dos aplicaciones con intervalos de 20 días pueden ser suficientes para controlar la araña roja.

e) Chacuatete del cafeto (*Idiarthron subquadratum*)

Esta plaga es característica de áreas demasiado sombreadas y frecuentemente enyerbadas. En cafetales normalmente cultivados no constituye ninguna preocupación para el productor.

Daños

Tanto las ninfas como los adultos destruyen las hojas, las ramas tiernas y la pulpa de los frutos.

En el primer caso “hojas y ramas tiernas” se reduce el área foliar del cafeto y disminuye la actividad fotosintética.

Cuando las condiciones ambientales son favorables para el insecto, en tres ataques sucesivos, puede originar daños directos en la cosecha del orden del 40%.

Combate

Antes de iniciar el combate, es recomendable reducir la sombra, combatir eficazmente las malezas. Posteriormente al inicio de las lluvias y cuando la población de ninfas emergidas es abundante, se recomienda realizar espolvoreos con Tiodan al 4%, Aldrin al 2.5 % y Dieldrin al 2%.

Los insectos adultos se combaten con aplicaciones de 8 litros por hectárea de cualquiera de las siguientes soluciones nebulizables.

- Diazinón 30% NL, 1 litro.
- Malatión 50% NL, 1.5 litros.

Generalmente dos aplicaciones son suficientes para reducir la población de insectos a nivel tolerable.

Existen otras plagas de importancia económica las cuales se enlistan en seguida:

- Palomilla blanca (*Monoflata pallescens*).
- Piojo blanco de la raíz (*Pseudococcus* sp).
- Mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*).
- Gorgojo del grano de café almacenado (*Araecerus fasciculatus*).
- Barrenador de los tallos tiernos del cafeto (*Xylosandrus morigerus*).
- Barrenador del tronco (*Xylotrechus quadripes*).

1.9.5.7. Nematodos

En cafetales se han detectado: *Meloidogyne exigua*, *M. coffeicola*, *M. incognita*, *M. hapla*, y *Pratylenchus brachyurus*. En México se han observado daños de *M. incognita* vulgarmente llamada nigua, y de *Pratylenchus sp.*

Son plagas localizadas principalmente en suelos de textura arenosa de los grupos andosoles y fluvisoles, pobres en materia orgánica. En las delegaciones del INMECAFE en Tapachula, Córdoba, y Huatusco, se conocen daños de nematodos en semillero, viveros y plantaciones.

Daños

Las plántulas de los semilleros afectados presentan en las raíces unas pequeñas nodulaciones. Estas van haciéndose cada vez más grandes y numerosas. En ataques graves pueden presentarse también en el tallo de las pesetillas (plantas de vivero), en donde fácilmente se nota la hipertrofia de los tejidos causada por los hábitos de las hembras. Esto sucede con poblaciones de *Meloidogyne* de 300 o más larvas por 100 gramos de suelo. En esta situación, la planta dura unos días en proceso de marchitamiento y después muere.

En las plantas de vivero, las nodulaciones se hacen más numerosas y visibles. Las raíces primarias y secundarias son escasas en las zonas afectadas; sin embargo, la planta tiende a emitir nuevas raíces cerca del cuello o nudo, por lo que las plantas tardan más tiempo en manifestar, en la parte aérea, los efectos de la infestación. El desarrollo del cafeto en esta etapa se vuelve deficiente y, en ocasiones, no logra emitir la primera cruz.

Las plantas afectadas presentan clorosis general, flacidez de las hojas en horas calurosas, y disminución de la producción en forma considerable cuando las poblaciones de nematodos en el suelo son elevadas. Las plantaciones nuevas hechas en suelos infestados producen cuatro o cinco cosechas normales, y a partir de ahí la producción empieza a disminuir hasta que las plantas mueren.

Los nematodos por si solos se desplazan a penas unos cuantos centímetros en el periodo que pasan en el suelo, de manera que su diseminación ocurre por otros medios.

En los semilleros infestados, la diseminación hacia el vivero ocurre cuando se hace sin cuidado la selección de pesetillas, que pueden llevar hembras a punto de completar su ciclo de vida.

De los viveros, los nematodos se propagan hacia las plantaciones por no examinar debidamente el cepellón de la planta y no observar el sistema radicular, en el cual se encuentran las hembras que, como en la etapa anterior, empezarán un nuevo ciclo.

Dentro de un cafetal la diseminación ocurre por medio de los implementos de trabajo: al fertilizar, limpiar, hacer hoyos, etc., o por corrientes de agua que trasladan suelo de un lugar a otro.

Prevención y combate

En el semillero se deben seleccionar perfectamente las plantas libres de nematodos para evitar la diseminación a suelos libres de ellos.

Para el combate en semillero se puede usar el Bromuro de metilo en proporción de 0.7 gramos en 15 m² de parcela. Esta debe permanecer cubierta por 48 horas, y la siembra se hará 20 días después.

El Namacur al 10% es útil a razón de 45 kg por hectárea.

1.9.5.8. Enfermedades

Dentro del problema de enfermedades, las más importantes por la severidad de las infecciones son: la roya, llaga negra, antracnosis, *Phoma* y otras como ojo de gallo y mal de hilachas que están ligadas a las condiciones ambientales. Recientemente fue señalada la mancha rosada.

Conviene indicar que el uso de productos químicos en los controles fitosanitarios rompe el equilibrio biológico del medio ambiente. Existen microorganismos e insectos benéficos que contribuyen al control natural, por lo que se debe hacer un uso mínimo de productos químicos.

a) Roya anaranjada del cafeto (*Hemileia vastatrix*)

Todas las plantas de café son atacadas por este hongo en mayor o menor grado, así como un buen número de especies silvestres.

Síntomas

El patógeno produce en el envés de la hoja unas pequeñas manchas redondas amarillo-anaranjadas de aspecto polvoriento; el color varía de acuerdo con las condiciones ecológicas del lugar y con la raza del hongo. Al iniciarse la infección, las pequeñas manchas son circulares, con un diámetro de tres mm, pero conforme la enfermedad avanza, alcanzan hasta dos cm o más. En fases tempranas se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja. Uno o dos días después de su primera aparición, la mancha adquiere un color anaranjado y la superficie se vuelve polvorienta. Luego se hace visible gradualmente en el haz una mancha amarillenta, aunque más pálida, que en el envés, pero como no se producen esporas, la superficie no se torna polvorienta. Cuando las áreas de las hojas atacadas se hacen más viejas, su centro muere, se vuelve oscuro y se seca. Si la invasión de esta pústula es severa las hojas caen y el cafeto pierde gran parte del follaje, lo que afecta gravemente la producción. Las lesiones pueden presentarse en el fruto, retoños jóvenes o en hojas cotiledonales de plántulas nacidas espontáneamente.

Actualmente se considera que las infecciones más frecuentes se dan en el envés de la hoja, generalmente durante las primeras horas de la noche.

La liberación y dispersión de las esporas se realiza por medio del hombre, el aire, la lluvia, los insectos y los animales.

En una misma planta, el agua ejerce el papel definitivo para la infección, tanto por las salpicaduras de gotas de una hoja a otra, como por el escurrimiento del haz al envés arrastrando el inóculo.

Control

Introducida la enfermedad, es muy difícil erradicarla. El único antecedente que hay en el mundo es el de Papua Nueva Guinea, donde al ser detectada la enfermedad, mediante la quema de cafetos, se liberó de tan grave enfermedad.

Al aparecer por primera vez el hongo en un cafetal, son uno o unos cuantos cafetos los que presentan pústulas, síntoma inconfundible de la enfermedad. En estos momentos el productor debe de hacer los más grandes esfuerzos a su alcance para evitar la dispersión del patógeno y la infección de otros cafetos. Este control se logra con aspersiones de funguicidas y en determinadas ocasiones, se puede llegar a la destrucción del follaje con la aplicación de herbicidas desecantes, como el Paracuat.

Por las razones expuestas el productor debe preocuparse por revisar periódicamente su plantación para detectar focos con la oportunidad debida.

Los focos deben de ser asperjados con una solución curativa o protectora, según sea el caso, ésto es mucho más económico que asperjar todo el cafetal.

La solución curativa o erradicante se compone de:

- Bayleton, 1Kg.
- Oxidloruro de cobre, 3 kg.
- Adherente, 90 cm³.
- Agua 300 litros.

La solución protectora es una mezcla de:

- Oxidloruro de cobre, 3 kg.
- Adherente, 90 cm³.
- Agua 300 litros.

Al aplicar la solución, ésta debe dirigirse al envés de las hojas, preferentemente cuando el follaje esté libre de rocío y cuando no haya amenaza de lluvia, por lo menos una hora antes; la solución no debe gotear al suelo.

La roya del cafeto puede prevenirse mediante el cultivo de variedades resistentes, en este caso los replantes deben de hacerse con este mismo material, así como las plantaciones nuevas.

b) Podredumbre húmeda “Damping off” (*Rhizoctonia solani*)

Esta enfermedad propia de semillero y del vivero en sus primeras semanas de crecimiento, se conoce también como mal negro del talluelo.

Síntomas

Inicia con una mancha oscura en la base del tallo que aumenta de tamaño longitudinalmente y transversalmente hasta rodearlo por completo. El tallo se adelgaza, toma un color negro, pierde resistencia y termina por doblarse.

El hongo ataca al café desde que emerge la plántula hasta la aparición de tres o cuatro pares de hojas verdaderas y casi siempre aparece en forma de manchones aislados que crecen rápidamente hasta causar grandes pérdidas. Al paralizar la circulación de la savia, el patógeno ocasiona la muerte de la plántula.

Control

Se recomienda prevenir la aparición de la enfermedad seleccionando el suelo, desinfectándolo adecuadamente y manejando bien el semillero. Cuando se llega a detectar en el semillero se recomienda eliminar el manchón de plántulas afectadas y a su alrededor asperjar con Benlate en dosis de 0.7 gramos por litro de agua, tratamiento que se repite dos veces con intervalos de tres a cuatro semanas.

c) Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Es una enfermedad muy importante en plantaciones localizadas arriba de 700 msnm, muy sombreadas, con alto grado de humedad en el ambiente y temperaturas frescas comprendidas entre 19 y 23° C.

Síntomas

Inicialmente aparecen en el envés de las hojas manchas circulares de color café oscuro con el centro claro, distribuidas irregularmente.

Estas manchas aumenten de tamaño hasta alcanzar diámetros de 6 a 18 mm, bien definidas, más o menos redondeadas y de color amarillo grisáceo claro. El número de manchas en las hojas varía según la intensidad del ataque el hongo, pero también puede atacar a ramillas y frutos.

El daño depende de las manchas de las hojas, si son numerosas o afectan a la nervadura central, causan su caída. Las infecciones intensas provocan la

defoliación completa del cafeto, lo cual debilita la planta y reduce el crecimiento y la cosecha.

Control

Se recomienda reducir la sombra, y si conviene, podar los cafetos para mejorar su ventilación y abatir la humedad en el ambiente, posteriormente se pueden hacer aspersiones con Cupravit 2.5 g por litro de agua más adherente.

Las aplicaciones deben hacerse de julio en adelante y repetirse cada 30 días, hasta septiembre.

d) Mal de hilachas (*Corticium koleroga*)

Se localiza principalmente en plantaciones situadas a menos de 700 msnm, con altas temperaturas, abundante precipitación y exceso de sombra.

Síntomas

Las infecciones pueden presentarse en las hojas y tallos jóvenes, así como en las ramas. El hongo se desarrolla en la parte inferior de las ramas y avanza de la base hacia las puntas en forma de hilos o cordones hasta llegar a las hojas, donde se ramifica abundantemente en el envés e invade la totalidad de la superficie en forma de película blanquecina, y semitransparente. De este micelio emergen los haustorios, que atraviesan la epidermis para alimentarse absorbiendo los jugos celulares. Las hojas se marchitan, oscurecen, secan y se desprenden de la rama, pero no caen por que quedan sujetas por el micelio del hongo.

Los frutos también son afectados en cualquier etapa de desarrollo, la enfermedad aparece y se desarrolla durante el periodo de lluvias, principalmente de julio a septiembre.

El daño consiste en la defoliación y la pérdida de la cosecha, pero los efectos pueden afectar el ciclo siguiente.

Combate

Preventivamente la sombra debe regularse para eliminar excesos que propicien el desarrollo del hongo. Si se requiere curación se pueden hacer los tratamientos siguientes:

- Caldo bordelés 1-1-100.
- Arseniato de plomo a razón de tres gramos por litro de agua.
- Agrymicín 500, seis gramos por litro de agua.
- Difolatán, tres gramos por litro de agua.

Los tratamientos se inician cuando se hayan establecido las lluvias, y se efectúan tres veces con intervalos de 30 días.

e) Mal rosado (*Corticium salmonicolor*)

Esta enfermedad es propia de zonas cafetaleras bajas, muy lluviosas y calientes donde causa grandes daños a la variedad Mundo Novo.

Síntomas

El hongo ataca principalmente los tallos y las ramas vigorosas; al principio aparece una lesión deprimida, de color café oscuro. Posteriormente el micelio forma una capa semejante a una nata de color rosa pálido en el centro y salmón en los bordes. La corteza afectada se seca y, al ser rodeado el tallo, la circulación de savia se vuelve deficiente, por lo que el follaje de la parte superior de la porción afectada se marchita y termina por secarse.

Control

Se recomienda podar las partes afectadas y hacer aspersiones con Troxil o Cupravit, en proporción de tres gramos por litro de agua. Asimismo, son recomendadas tres aplicaciones con intervalo de 30 días. La primera se hace al inicio de las lluvias.

f) Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*)

Esta enfermedad es frecuente en enfermedades al sol o mal sombreadas. Atacan a cafetos en cualquier estado de desarrollo.

Síntomas

Al inicio de la enfermedad, las hojas terminales de las ramas toman un color amarillo y luego se secan. Este secamiento de hojas y ramas va descendiendo de las puntas a la base, hasta que las ramas quedan completamente defoliadas y de color negro, en ocasiones se observan manchas en hojas y ramas irregulares de color pardo oscuro, los daños pueden llevar a la pérdida de ramas, follaje e inclusive cosecha.

Control

Es conveniente combatir eficazmente las malezas, fertilizar adecuadamente, y también hacer aspersiones de Difolatán a razón de 3 gramos por litro de agua con el adherente correspondiente.

g) Roya harinosa del cafeto (*Hemileia coffeicola*)

Síntomas

Esta roya no produce manchas. Las uredosporas se dispersan en el envés de la hoja a manera de un polvillo amarillo o amarillo-anaranjado; por esta

característica ha tomado el nombre de polvorienta o harinosa. Este es el primer síntoma visible de la enfermedad.

Al principio las hojas conservan su color verde normal, luego adquieren un amarillamiento discreto, sin necrosis visible; pero avanzado el ciclo toman una coloración amarilla y caen.

La caída de las hojas reduce el área fotosintética lo que repercute en el debilitamiento del cafeto y en la reducción de la producción.

Control

En algunas partes se controla la enfermedad con aspersiones de cobre y se efectúan un mes después de que se establecen las lluvias y luego cada 30 días hasta completar tres. Esta enfermedad no se encuentra en México.

Existen otras enfermedades de menor importancia económica pero que se deben de tomar en cuenta cuando se presenten, éstas son:

- Mancha mantecosa (*Colletotrichum sp*).
- Moteado de las hojas (*Colletotrichum sp*).
- Enfermedad de la cereza (*Colletotrichum coffeanum*).
- Resecamiento del talluelo (*Fusicoccum sp*)
- Requemo (*Phoma costarricensis*).

1.9.5.9. Recolección

La temporada en la cual las bayas de café maduran y están listas para la cosecha varía de acuerdo con las condiciones del clima y el suelo, con las prácticas de cultivo y, por supuesto, con la especie. Donde existe un solo periodo seco más o menos bien definido, el café puede madurar como una sola cosecha, si la temporada de lluvias está bastante bien distribuida, pero pueden generar de dos a tres cosechas con intervalos durante el año si hay dos o tres períodos de lluvia. La temporada puede extenderse desde unas cuantas semanas a varios meses, aun dentro de un medio ambiente ideal para el cultivo del café.

La calidad comercial de los granos de café resulta profundamente influida por la forma en que se cosechan y benefician los frutos. Mientras más maduros sean los frutos cuando se recolectan, más elevada será la calidad del grano. En forma ideal, las bayas de café se deben cosechar cuando están de color rojo oscuro, sin vestigio alguno de restos verdes. Donde hay disponible suficiente mano de obra y se desea café de calidad selecta, los árboles se recolectan varias veces, recogándose sólo las bayas plenamente maduras. Desgraciadamente el café arábigo y, en cierto grado el robusta, tienen la desventaja de tirar su fruta después de que ha madurado más allá de cierto punto.

Los rendimientos varían según los países, entre los 2,400 y los 21,500 kg de café de baya por hectárea.

1.10. Producción orgánica de café

Efectivamente, la caficultura moderna que se utiliza obliga al productor a aplicar altas dosis de fertilizantes químicos, muchos de los cuales van a contaminar los ríos y mantos de agua subterráneos, que surten a los habitantes de nuestras ciudades.

Por otra parte, la inapropiada utilización de plaguicidas químicos que ponen en riesgo la salud de los campesinos y obreros agrícolas, afecta la vida de organismos benéficos que son controladores de plagas, contamina el ambiente (agua, suelo y aire) al igual que la flora y la fauna; y finalmente crea resistencia en los insectos y otras plagas obligando a los agricultores a usar productos más tóxicos o en mayores dosificaciones.

Se puede apreciar que en muchos de los cafetales tecnificados de alta productividad, no se utilizan árboles de sombra; no hay frutales que permiten la alimentación de aves y otras especies animales; los suelos están compactados por el abuso de herbicidas y las mismas plantas de café tienen una vida útil muy corta. Por todos estos factores se tiene la obligación de buscar alternativas o soluciones.

La agricultura alternativa, es aquella que proporciona un medio ambiente balanceado, rendimiento y fertilidad del suelo sostenidos, así como control natural de plagas mediante el empleo de tecnologías auto-sostenidas.

Aquí se introduce un nuevo concepto que es el de sostenibilidad y se define como: El manejo y conservación de los recursos naturales promoviendo el cambio tecnológico e institucional que asegure la continua satisfacción presente y futura de las necesidades humanas.

Desde ese punto de vista, no es aceptable que un caficultor esté logrando buenas cosechas, pero deje de herencia a sus hijos una finca con suelos estériles por la erosión o el abuso en la aplicación de plaguicidas.

Ante esas circunstancias, el café orgánico se presenta en la actualidad como mejor alternativa para intentar resolver esos problemas. El café orgánico ha sido definido como un sistema productivo que utiliza diversas tecnologías de fertilización, control de malezas y plagas, sin usar fertilizantes o plaguicidas de origen químico sintético. Desde esa perspectiva no es café natural o abandonado, sino más bien un enfoque tecnológico o ciencia de la agricultura que trabaja en armonía con el ambiente.

El marco general de la agricultura orgánica está determinado por los siguientes factores:

- Producción sostenible.
- Protección de la salud.
- Producción suficiente.
- Trabajo humano agradable.
- Ingreso razonable.
- Protección del ambiente, y
- Bienestar animal (según Elzakker, Bo van. Comp.).

En lo que se refiere específicamente a caficultura orgánica, se citan las siguientes características:

- a) Utilización de leguminosas como árboles de sombra. Estos proveen regulación del microclima, protección contra la erosión y prevención contra plagas y patógenos.
- b) Control natural de "malezas" o utilización de control físico o mecánico. Lo mismo que aprovechamiento de "malezas nobles".
- c) Uso de recursos naturales disponibles en el entorno para la producción de fertilizantes y control de plagas.
- d) En la medida de lo posible, asociación con especies frutales, y
- e) En condiciones ideales, participación de especies animales menores para cerrar los ciclos tróficos.

En resumen, la caficultura orgánica podría ser el elemento que contribuya a contrarrestar las deficiencias de la producción cafetalera, logrando menor dependencia de insumos importados y competir con éxito en los mercados internacionales.

En esta propuesta, consideramos el cafetal como un agro ecosistema artificial donde el manejo adecuado de todos sus recursos garantiza una producción eficiente y sostenible, económica, social y ambientalmente.

Desde el punto de vista anterior, declaramos que un sistema "orgánico", basado en la sustitución de insumos, preservando la propuesta convencional de nutrición y protección de cultivos, carece de sostenibilidad económica, social y ambiental. Solo reafirma los mecanismos de dependencia tecnológica, descapitalización y empobrecimiento sostenido de nuestros agricultores.

1.10.1. Clima para café orgánico

Las temperaturas altas inhiben el crecimiento del cafeto, ya que arriba de 24° C comienza a disminuir la fotosíntesis neta, tornándose insignificante a 34° C. El cafeto no tolera variaciones muy amplias de temperatura, donde los promedios abajo de 16° C y sobre 23° C no son adecuados, y el óptimo está comprendido entre 18° C y 21° C (Maestri y Barros).

La influencia de la sombra en la reducción de la temperatura se da al interceptar la energía radiante que incide sobre las plantas, calentando sus tejidos y reduciendo la fotosíntesis neta durante el día. También influye en la reducción de la temperatura nocturna del cafetal, esto ocurre al reducir la energía radiante directa sobre el suelo, impidiendo su absorción que luego sería liberada, en forma de calor, elevando la temperatura nocturna, aumentando la tasa de respiración del cultivo y reduciendo el índice asimilación/respiración.

De igual manera, dejar los residuos de podas y deshierbas en el suelo reduce la temperatura del huerto. Como los cultivos de cobertura, los residuos de poda teóricamente reducirán la cantidad de radiación solar que alcanza la superficie del suelo. Entonces, la ausencia de cultivo de cobertura y residuos de poda pueden aumentar el almacenamiento de calor diurno en el suelo.

Alegre, citado por Maestri y Barros (1978), sugiere que la precipitación anual óptima está entre 1,200 a 1,800 mm anuales. En gran parte de la región cafetalera, la precipitación supera los 2,000 mm anuales. Hay indicios de que el cafeto puede soportar bien un periodo con deficiencia hídrica de hasta 150 mm, en especial cuando ella no se extiende hasta la fase de floración.

Una buena distribución de la lluvia y la existencia de un periodo seco corto favorecen el crecimiento del café. Los periodos secos son importantes para el crecimiento de la raíz, para la maduración de las ramas formadas en la estación lluviosa precedente, para la iniciación floral y la maduración de los frutos.

En los periodos secos (enero a abril) los árboles de sombra, y otros asociados, compiten por humedad. En los periodos de precipitación alta (septiembre y octubre) los árboles de sombra y asociados, colaboran con el cafeto extrayendo agua del suelo.

1.10.2. Factores edáficos

Las recomendaciones de abonamiento generalmente se basan en las propiedades químicas, pero la cantidad de nutrientes extraída por las plantas depende también de la influencia de las propiedades físicas y biológicas del suelo.

En las relaciones del cafeto con el suelo, siempre se debe tener presente que las raíces de café carecen de pelos radicales, por lo cual es muy dependiente de las buenas características físicas y microbiológicas del suelo en que crece.

La profundidad efectiva de un suelo para café orgánico es de alrededor de 120 cm, con textura media a arcillosa, que no tenga más de un 15% de piedras y posea una estructura granular o semigranular, con media a buena estabilidad en agua de los agregados. Por estar desprovista de pelos radicales, la raíz del café es extremadamente exigente en la buena aireación del suelo, de su

textura, estructura y la cantidad y relación entre los macro y microporos (Küpper, 1981).

Se acepta en forma muy general que la mayor densidad de raíces absorbentes del cafeto, cerca del 90% del total, se presentan en los primeros 30 cm de profundidad del suelo (Malavolta, 1981).

Un suelo ideal para el cultivo del cafeto debería tener, en volumen, alrededor de 50% de porosidad, 45% de sustancia mineral y 5% de materia orgánica. El espacio poroso se compone de macro y microporos. El agua contenida en los macroporos es fácilmente drenada y su espacio ocupado con el aire. El agua contenida en los microporos es el agua disponible a las plantas. Un suelo bien drenado y con buena permeabilidad tiene alrededor de 1/3 de espacio poroso en la forma de macroporos y 2/3 con microporos (Suárez de Castro, 1982).

Las características físicas estructurales de los suelos son mejoradas por la incorporación de la materia orgánica y sus contenidos, y por la actividad biológica de los microorganismos y fauna menor, como las lombrices, que mejoran la estabilidad en agua de los agregados, reducen la densidad aparente, aumentan los espacios porosos y la humedad disponible (Sánchez, 1976).

La pérdida de materia orgánica, la acidificación, el aumento de la solubilidad del hierro y aluminio, y la presencia de arcillas de baja actividad en los suelos tropicales, reducen la capacidad de intercambio de aniones, y los suelos reducen su fertilidad.

1.10.3. Manejo del cafetal orgánico

1.10.3.1. Distancias de siembra

Depende de la variedad, de las condiciones de clima y del sistema de poda que se vaya a seguir, se recomienda lo siguiente:

- 1.0 m entre plantas y 2.0 m entre calles para Catuaí.
- 0.9 m entre plantas y 1.8 m entre calles para Caturra y otras variedades.

No hay duda de que las siembras densas dan productividades mucho mayores de las convencionales, aspectos que compensan en mucho las dificultades de manejo del cultivo, en términos de poda, cosecha, atomización y otros. Hay evidencias de que la población de 5,000 plantas/ha, que corresponde a los espaciamientos de 0.8 entre planta y 2.5 m entre calles, está próxima a la ideal para las variedades de porte pequeño.

Rena y Maestri (1986) citan a Kumar quien presenta tres razones por las cuales las densidades altas no causan un desbalance hídrico desfavorable:

- a) El sistema radicular tiende a ser más profundo, con mayores densidades, permitiendo el aprovechamiento del agua de las capas más profundas del suelo.
- b) A causa del sombreado mutuo, la temperatura foliar y del suelo son menores, resultando en menor transpiración y evaporación de la humedad del suelo.
- c) Hay menor desarrollo de malezas en la base del dosel, a causa de la baja luminosidad, lo que contribuye aún más a la economía del agua.

En resumen, la siembra densa permite la captura más eficiente de la energía luminosa para la síntesis de carbohidratos, mejora la utilización del agua y de los minerales y logra control natural de la floración, evitando la superproducción por árbol y la consecuente muerte descendente de las puntas.

1.10.3.2. Poda

La podas en café son necesarias para la renovación de los tejidos y mantener un alto potencial de producción.

Conforme la planta crece, después de su quinta cosecha, la productividad declina, porque el índice parte aérea/raíz aumenta por la acumulación de madera en los tallos, en detrimento del sistema radical. La poda elimina madera y el balance es favorable para el sistema radical.

Además, las plantas entran en competencia por espacio y luz, con lo que la cosecha se suspende, en las ramas más altas. La poda regula entonces la distribución de la luz, conforme la plantación envejece, para mantener una productividad adecuada. Se recomienda el siguiente proceso:

- a) Apenas termina la cosecha, se descumbra la sombra, e inicia la poda de las plantas de café.
- b) La poda se hace con serrucho curvo de hoja fuerte, bien afilado. También hay motosierras pequeñas.
- c) Primero se hace un arreglo: Se saca las ramas y chupones prensados, o que crecen por dentro (al centro), para abrir la planta.
- d) Se dejan solo tres o cuatro ramas bien colocadas, que crecen hacia fuera. Esta selección se hace por su posición y no por su grosor. Se observa la condición de la planta. Si tiene buena preparación se deja así y se hace solo un arreglo.
- e) Hecho lo anterior, sigue el segundo paso: Si la planta está completamente agotada, se cortan todas las ramas a igual altura, a la altura de la rodilla (a 40 ó 50 centímetros del suelo). Las bandolas permanecen. Si hay buenas bandolas, se corta más alto, a la cintura o al pecho, para estimular dos cosechas, antes de podar otra vez abajo.

- f) El corte es recto, no en bisel, para que cicatrice rápido y no entren enfermedades al tronco.

Este es el sistema de poda por planta. Es el que estimula mayor producción.

Una variante es la poda por parches. En este caso, se poda varias plantas vecinas para abrir espacios de luz y eliminar focos de Ojo de Gallo y Koleroga.

1.10.3.3. La sombra en el café orgánico

En un sistema de café orgánico, la sombra cumple tareas más importantes aún que el de modificar el microclima y regular el crecimiento. Cuando los árboles de sombra asociados son leguminosas, estas favorecen la fijación simbiótica de nitrógeno en cantidades considerables y sus raíces recuperan, y reciclan, otros nutrimentos que son puestos a disposición del cultivo, reduciendo las necesidades de compra de fertilizantes.

Los trabajos de investigación conducidos por MAG-ICAFE costarricense en los años 80 con fertilización en cafetales con sombra y al sol indican que en suelos fértiles entre 1,000 y 1,150 metros de altitud, con un periodo seco normal y suficientes lluvias, sin limitaciones de clima y suelo, el cafeto produce más al sol que a la sombra.

En suelos con algunas limitaciones de fertilidad o exceso de humedad y temperatura, el cafetal a la sombra produce más que el cafetal al sol.

Los árboles de sombra y forestales influyen modificando el ambiente dentro del cafetal refrescando el aire y aumentando su humedad. También, producen residuos orgánicos que mejoran la fertilidad del suelo y mejoran la calidad de los frutos porque éstos son más grandes y sanos.

1.10.3.4. Necesidades nutricionales del cafetal orgánico

Dentro del agrosistema cafetal, las pérdidas de nutrimentos ocurren constantemente, por la acción de la lixiviación, la escorrentía y los productos que son extraídos. La pérdida de elementos nutritivos para las plantas pueden ser recuperados por medio de prácticas de cultivo adecuadas y abonamientos, que mantienen el suelo en estado saludable. La pérdida de suelo es irreparable y lleva a la degradación del sistema.

Además de las prácticas señaladas anteriormente, de manejo del suelo y del cafetal para mantener su productividad potencial eficiente, se debe complementar con elementos nutritivos para compensar las pérdidas del sistema, y mantener una buena productividad, sin agotamiento.

El empleo de abonos orgánicos tiene como objetivo la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo y la liberación de nutrientes para el cultivo. Para una mejora significativa de las propiedades físicas del suelo a

través de la elevación de su contenido de materia orgánica, es necesario el empleo de grandes cantidades de abonos, de preferencia no muy ricos en nitrógeno y que no sean de descomposición muy rápida.

Las plantas de proceso de diferentes productos agroindustriales y las explotaciones pecuarias, producen gran cantidad de materiales residuales sólidos, muy ricos en nutrientes. Por los grandes volúmenes producidos y por su alto costo de transporte, estos materiales se convierten en un problema de disposición.

La recuperación de estos materiales, y su conversión en un recurso útil, para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos y para el aumento de las cosechas, es uno de los aspectos más importantes que fundamentan la razón del desarrollo de la agricultura orgánica. El destino lógico de todos estos materiales es su reincorporación en las explotaciones agrícolas.

El cuadro siguiente ofrece un listado de diferentes subproductos agroindustriales, y sus contenidos de elementos químicos, de interés agrícola para la producción de abonos orgánicos, mediante procesos adecuados.

Cuadro 4. Características químicas de diferentes subproductos agroindustriales

Material	N	P	K	Ca	Mg
	%				
Broza de café fresca	2,24	0,14	2,51	0,51	0,13
Cachaza de caña	2,27	1,26	0,21	2,98	0,22
Bagazo de caña	0,36	0,05	0,12	0,56	0,08
Granza de arroz	0,46	0,08	0,17	0,18	0,08
Semolina de arroz	1,67	2,03	1,30	0,12	0,70
Gallinaza	3,26	1,83	2,04	7,36	0,44
Cáscara de piña	0,92	0,11	1,71	0,33	0,16
Cáscara de yuca	0,33	0,05	0,29	0,23	0,04
Cáscara de plátano	1,13	0,28	5,10	0,25	0,16
Paja de arroz	0,42	0,12	1,18	0,20	0,10

1.10.3.5. Control de plagas y enfermedades

Actualmente en el mercado existen un sin numero de productos destinados al control de plagas y enfermedades de forma orgánica, la mayoría de estos productos son de origen natural o biológico. Es recomendable el uso dichos productos basándose en un plan integral de control, así como en un programa de aplicación.

La mayor cantidad de productos empleados en este sistema cuentan con un rango de eficiencia, pues cada uno requiere de condiciones apropiadas para ser aplicados y expresar así su efectividad. Se cuenta actualmente con toda la gama de productos para el buen manejo fitosanitario del cultivo, con el fin de no

caer en el error de mezclar químicos con orgánicos cuando la tendencia es a la reconversión orgánica del cafeto.

Es recomendable evitar el uso de cualquier insumo químico si el destino de la producción es orgánica, puesto que existen rangos de tolerancia para partículas químicas que una vez superadas el producto pierde todo origen orgánico.

1.10.3.6. Factores de la calidad del café

Como muchos otros productos agropecuarios, las características que confieren cualidades organolépticas apreciadas al café se generan desde el momento de la producción misma en la finca, y de los manejos subsecuentes dependerá la conservación o el deterioro de ellas. De esta forma, las condiciones de producción y los factores ambientales que las rodean, determinan la calidad del café que llega a la taza del consumidor después de múltiples procesos de beneficiado. A continuación, se ofrece una breve revisión sobre el estado actual de la discusión sobre el origen de la calidad del café en la finca:

Uno de los factores más reconocidos que influyen en la calidad del café es la altura sobre el nivel del mar y, por ello, la Norma Mexicana pone como primer criterio de clasificación este factor. Sin embargo, ya desde los años sesenta, se han mencionado otros factores que muy recientemente se han empezado a investigar. Haarer (1980), menciona las condiciones fisiográficas de las fincas de café, la exposición geográfica de las laderas donde se cultiva, las variedades plantadas, el uso de la sombra y las condiciones del suelo y clima. De los pocos trabajos de investigación que existen al respecto se pueden citar los siguientes: Muschler (2001), comparó la calidad de dos variedades de café arábica en una zona de baja altitud bajo diversos tratamientos de sombra y concluyó que ésta indujo mejoras en la apariencia del café verde y tostado, así como en la acidez y cuerpo de la taza. Malavolta (1986), encontró que fertilizaciones muy elevadas de Nitrógeno y deficiencias de fósforo pueden provocar disminuciones en la calidad del café. Robinson (1960), menciona que la deficiencia de fierro en el suelo causa baja acidez en la bebida. En cuanto a variedades, Puerta (1998), detectó diferencias significativas en taza entre la variedad Colombia y la Typica en cuanto a fragancia, acidez y sabor. Guadarrama y Trujillo (2001) encontraron diferencias de calidad en taza entre variedades a la misma altitud y respuestas diferenciales por variedad a la presencia de aluminio y deficiencias en fósforo, calcio y magnesio.

En resumen, de acuerdo a estos estudios, se puede inferir que los factores que están influyendo en la calidad del café en el nivel de finca son:

- El estado nutricional del suelo: excesos en fertilización y deficiencias por agotamiento de los suelos están afectando varias propiedades de la calidad.
- El tipo de variedad plantado: aunque existe todavía discusión al respecto, hay una tendencia a revalorar las variedades antiguas de porte alto como

Typica y Bourbon y revisar algunas muy modernas como las provenientes de la línea Catimor (Costa Rica 95, Colombia, Oro Azteca).

- El uso de la sombra: se fortalece la hipótesis de que la sombra promueve una maduración más lenta y uniforme de los frutos, lo que permite la formación de los compuestos químicos que otorgan las mejores características en taza.

Cuadro 5. Factores que inciden en la calidad del café

Etapa	Factores controlables	Factores no controlables
Durante la producción	Fertilización adecuada	Clima. Se relaciona con la altitud sobre el nivel del mar y latitud
	Manejo del cultivo	Altitud. La latitud influye en la acidez y dureza del grano
	Control de plagas	Fenómenos naturales, principalmente heladas y fenómenos como “el niño”
	Sistema de cultivo (sol o sombra)	Suelos
	Edad del cafeto	Variedad cultivada
	Podas	
	Control de malezas	
Cosecha	Recolección sólo del fruto maduro pues en este estado se han desarrollado todos los compuestos de aroma y sabor	Proceso natural de descomposición gracias a las enzimas naturales. Es por eso que se realiza inmediatamente el beneficiado húmedo o se seca al sol
Beneficiado húmedo	Beneficiado en un lapso no mayor a ocho horas	
	Despulpe adecuado con maquinaria bien ajustada para no rasgar el mucílago y/o pergamino	
	Fermentación enzimático	
	Uso de agua limpia	
	Tiempo de fermentado adecuado	
Vía natural y beneficio seco	Remoción del café secado al sol para obtener una humedad del 12%	
	Tiempo de exposición al sol	
	Influencia de la máquina secadora en cuanto a temperatura e intercambio de olores extraídos al café	
	Ajuste de máquinas trilladoras y seleccionadoras	
	Buena selección de los granos por tamaño, densidad, color, humedad etc.	
Almacenamiento	Equilibrio entre el agua del grano y la humedad del ambiente	
	Control de microorganismos y plagas	
	Intercambio de olores	
Tueste y almacenamiento	Uniformidad de los granos	
	Distribución del calor y temperatura interna del tostador adecuada	
	Enfriamiento	
	Envasado adecuado al tiempo de consumo	
	Almacenado en condiciones óptimas de humedad, temperatura y luz	

Preparación	Utilización del molino adecuado para obtener un tipo de partícula ideal para el tipo de máquina en la que se prepara el café	
	Agua sin cloro, potable y caliente, pero no hirviendo	
	En el caso de expreso, presión del agua en la máquina	
	Limpieza del equipo	
	Cantidad de café en relación con el agua empleada	
	Tiempo adecuado de extracción	
	Consumo del café en un lapso no mayor a 1 hora	

Fuente: Consejo Mexicano del Café A.C.

CAPÍTULO II

IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA

2.1. Importancia mundial

El colapso real de los acuerdos y funcionalidad de la Organización Internacional del Café (OIC) en 1989, fue la inauguración oficial de la globalización del mundo del café. Esto significó el fin de la regulación del mercado y el surgimiento del libre comercio, no sólo en sus aspectos de oferta y demanda, sino también de su valor financiero y especulativo. Este hecho, implicó la reorganización del sector agro industrial y productivo en torno a las tendencias del mercado, las cuales se pueden sintetizar en:

- Concentración de la torrefacción y comercialización en conglomerados transnacionales.
- Fragmentación y diferenciación del productor de materia prima y del consumidor final.

2.1.1. Concentración de la torrefacción y comercialización en conglomerados transnacionales

El crecimiento del mercado de masas desarrollado después de la Segunda Guerra Mundial, conllevó no sólo a la modificación del consumo, el cual se vinculó a la adquisición de mercancías con las que el consumidor “identificara” sus valores como la identidad nacional, la familia, etc., sino que llevó incluso a crear acuerdos internacionales que permearon las estructuras de organización para la producción y sus tecnologías.

El mercado del café, que se había distinguido por su heterogeneidad, al ser comercializado por pequeños torrefactores, se uniformiza al crearse los cafés de consumo masivo, por ejemplo las marcas que el consumidor identificaba como “suyas” como “representantes de su país” eran Folgers, Hill Brothers y Maxwell House en Estados Unidos; Chat Noir en Bélgica; Légal en Francia, etc. La necesaria homogeneidad de la materia prima y de formas industriales, que garantizaran el mismo producto a través del tiempo, repercutieron en las innovaciones tecnológicas industriales y sus formas de comercialización.

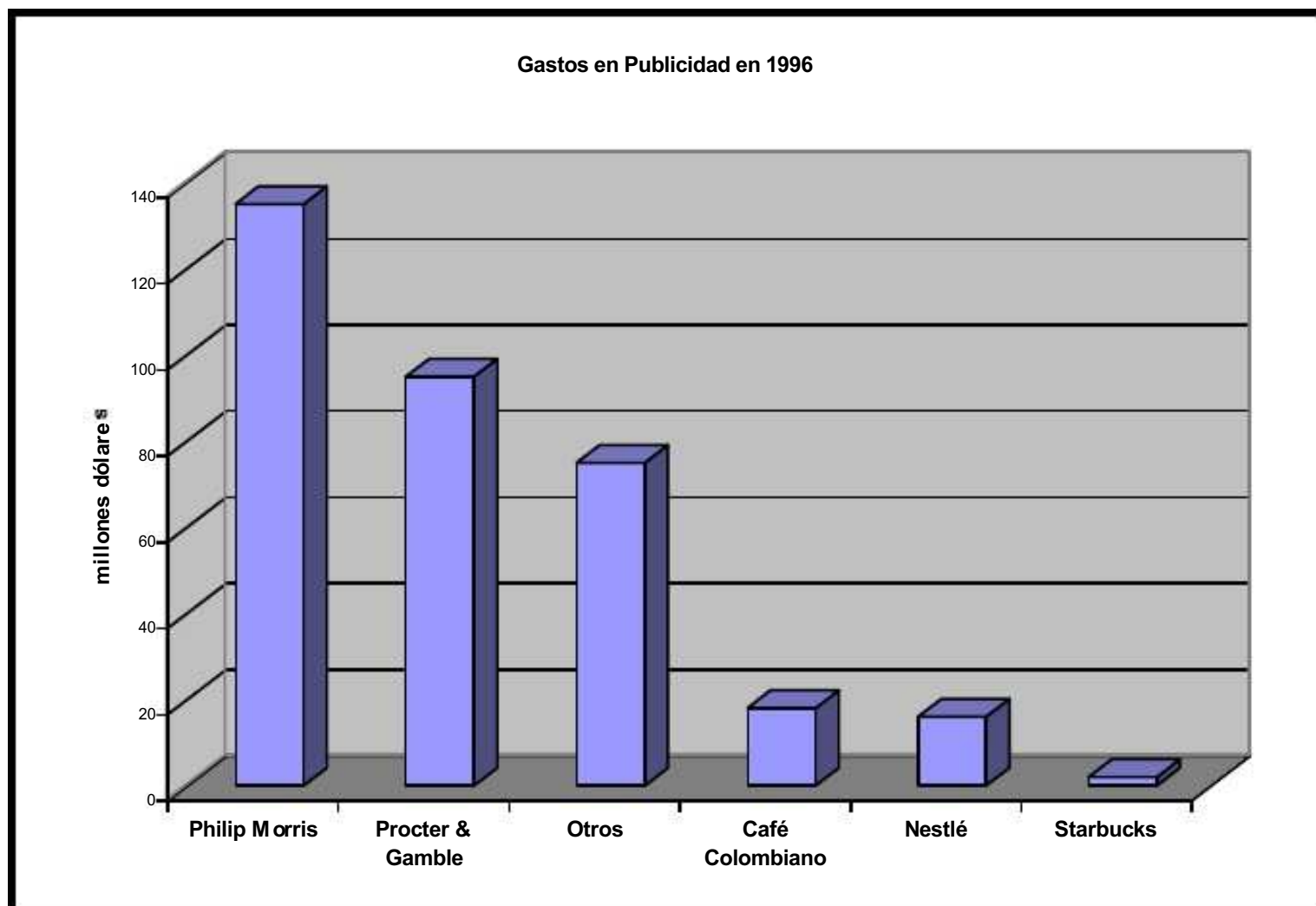
2.1.1.1. Las innovaciones tecnológicas y la publicidad

Las compañías que surgieron antes de la Primera Guerra como Folgers, Maxwell House, Hill Brother en EU, Nestlé en Suiza, y después de la Segunda Guerra Mundial como Douwe Egberts, Rothfoss en Europa, basaron su expansión en el mercado en la innovación tecnológica. Por ejemplo, a principios del siglo XX la aparición de la descafeinadora y del mejoramiento de la tostadora Arbuckle a nivel industrial, revolucionó el mercado en EU, y en la década de los 30s, Arbuckle’s incursiona con presentaciones (empacados “fáciles de llevar”, Hill Brothers con el empacado al vacío, Folgers con el enlatado, Maxwell House con entregas a domicilio, Nestlé con la solubilizadora, todos bajo la premisa de “un producto empacado convenientemente uniforme y de fácil adquisición y uso”). Para la década de 1950 el café en los EU se había convertido en producto de la vida cotidiana,

donde se había sacrificado calidad en taza por tener una mercancía barata de fácil uso (convenient use), ya que las innovaciones tecnológicas se orientaron a las formas de mercadeo; Folgers fue el primero en acuñar un slogan “Bueno hasta la última gota”; Nestlé promovía su café soluble como “¡descubrimiento increíble! No más percoladores, no más molinos”; Maxwell House abarató el café soluble a menos de la mitad, realizando mezclas con café robusta. El “*coffee break*” se estableció gracias al invento del percolador eléctrico y agresivas campañas publicitarias. La invención por dos ingenieros americanos de la máquina de café soluble que despachaba café caliente en 5 segundos en un vaso de papel, aumentó el consumo en los EU, hasta un 20% (Pendergrast, 1999). Aunque Europa también basó su expansión del mercado en la publicidad, en cuanto a innovaciones tecnológicas se desarrolló otra historia, ya que la demanda por calidad en taza, la cultura de la cafetería, y el uso de té, como estimulante, llevaron a promover los malos cafés solubles sólo con leche. De esta forma Nestlé lideró el mercado, al promover incluso la crema en polvo.

La recomposición del consumo, y las formas de llegar del envase a la publicidad, lleva a que los pequeños torrefactores americanos y europeos quiebren al no poder invertir en costosas campañas publicitarias, que se calcula cuestan entre el 3 al 12% del costo final del producto, y llegan a comprender el 24% al tratarse del lanzamiento de un nuevo producto (cambio de presentación, de imagen, etc.) (Pendergrast, 1999; Renard, 1999). Esta situación persiste hasta la actualidad (Figura 1).

Figura 1. Gastos de publicidad de las principales transnacionales en mercadotecnia y publicidad de café



Fuente: Dicum, 1999.

Este fenómeno entre otros, permitió la concentración del mercado en pocas compañías, Van Nelle abarca el 74% del mercado holandés, Chat Noir de Bélgica el 70%, Douwe Egberts el 28% del mercado alemán del café, Folgers y Maxwell House el 62% del mercado de EU.

Sin embargo, los altísimos precios alcanzados en 1976-1977 (aumentaron un 400% de un mes para otro), reorientaron las estrategias de innovación tecnológica por falta de café.

Los sucesos que se presentaron durante esos años, que redujeron la oferta de café fueron:

- La helada negra en Brasil que acabó con la mitad de los cafetales.
- Angola que estaba bajo el colonialismo de Portugal, obtuvo su independencia en 1975, migrando los portugueses, dueños de las fincas cafetaleras.
- En Uganda, Idi Amin con sus políticas afectó la producción cafetalera, al realizar asesinatos masivos a lo largo de 1971-1975, la producción de café bajó 35%.
- La guerra civil de Etiopía, no permitió la cosecha en 1976.
- Inundación en Colombia en 1976.
- En Guatemala hubo un terremoto en 1976 que impidió levantar la cosecha.
- La roya del café acabó con la producción de Nicaragua.
- En Kenia estalló una huelga entre los exportadores de café.

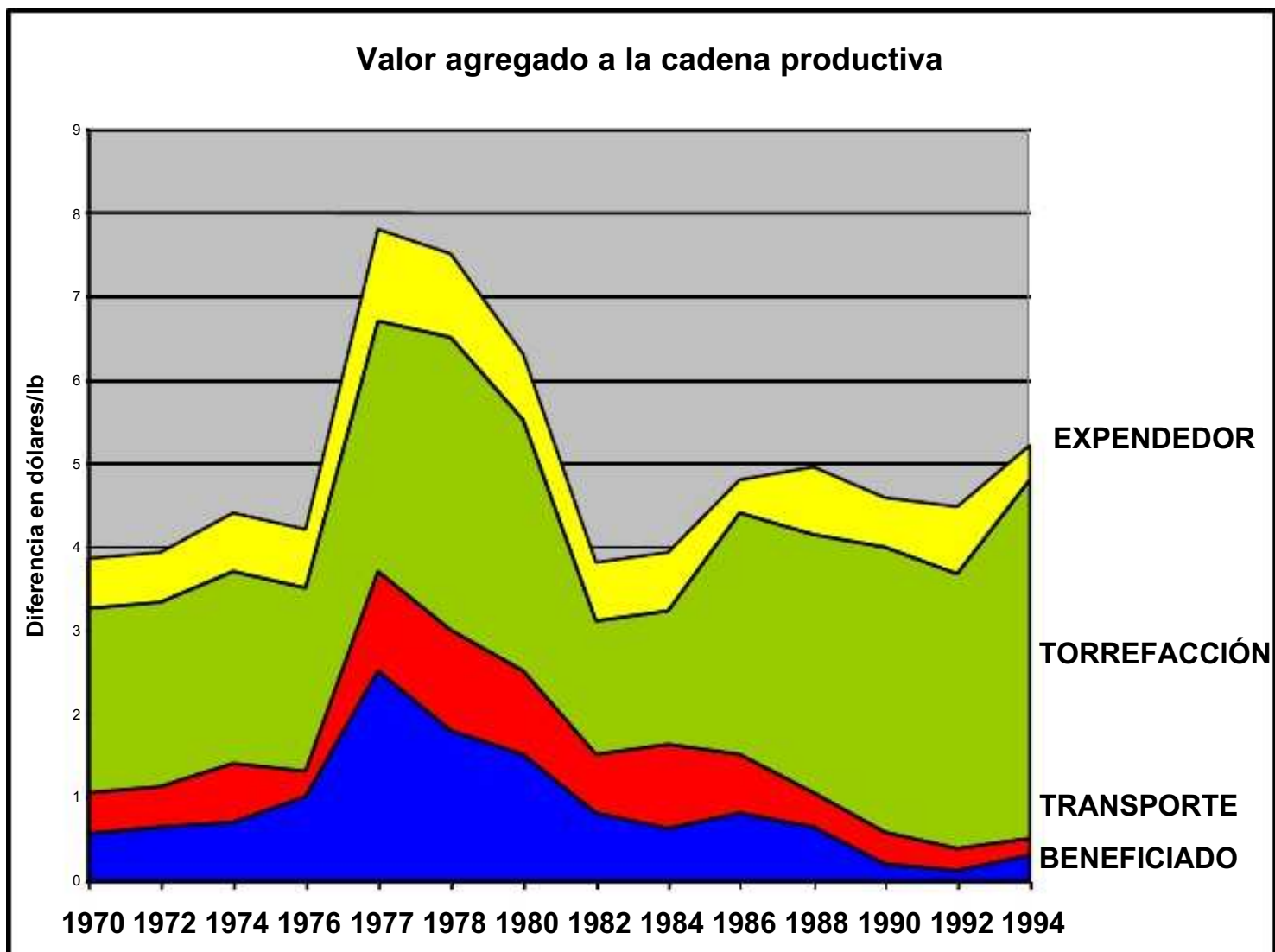
Los torrefactores, para poder sortear los problemas de suministro de café, desarrollaron una serie de mezclas que les permitieran conservar el sabor y el precio, diferenciando el café tanto por origen como por proceso. De tal manera que con el café robusta más barato, cubrían hasta un 50% de la mezcla y el resto con arábicas lavados con precios diferenciados, según el país de origen.

A lo largo de la década de los 80s, se invirtieron millones de dólares en investigación científica. Algunos de sus resultados han sido el nuevo procedimiento de torrefacción llamado “high yield roast”, donde se puede ahorrar de un 10 a un 18% de café verde, enfriadoras de café tostado que ahorran hasta un 7% de peso, perfeccionamiento de las solubilizadoras que permiten ahorrar hasta un 35% de café verde (Dicum, 1999; Renard, 1999). Dentro de este último rango, se han realizado grandes innovaciones tecnológicas, que permitieron desarrollar los nichos de mercado de “cafés especiales”, que comprenden principalmente a los solubles. Dentro de éstos están los cafés liofilizados, más caros y de calidad superior que requieren arábicas; cafés pulverizados (granulado) calidad estándar que hace mezclas de café; y el pulverizado inferior que usa robustas; y los “especiales” que son los aromatizados, capuchinos y express. Estos nichos de mercado son desarrollados por y para las grandes compañías. Por ejemplo, el nicho de solubles especiales lo cubren dos compañías Nestlé y Philip Morris que dominan el 80% del mercado mundial actual.

Otra forma de sobrevivir a la fuerte competencia desarrollada, fue la apropiación de más niveles de valor agregado de la cadena productiva. Por ejemplo, Nestlé para reducir gastos de transporte e incursionar en los mercados de países productores, estableció centros de torrefacción en los sitios de producción de café. Douwe Egbert

desarrolló contenedores que evitaban el encostado. Pero la más importante modificación, fue la apropiación del proceso de torrefacción, distribución y venta por la empresa, principalmente a través de la compra de pequeñas compañías especializadas, conformándose de esta manera grandes conglomerados comerciales. Si se observa la Figura 2, se notará que ésto aumenta el valor competitivo de las empresas, y su ganancia.

Figura 2. Cálculo del valor agregado de la cadena industrial del café



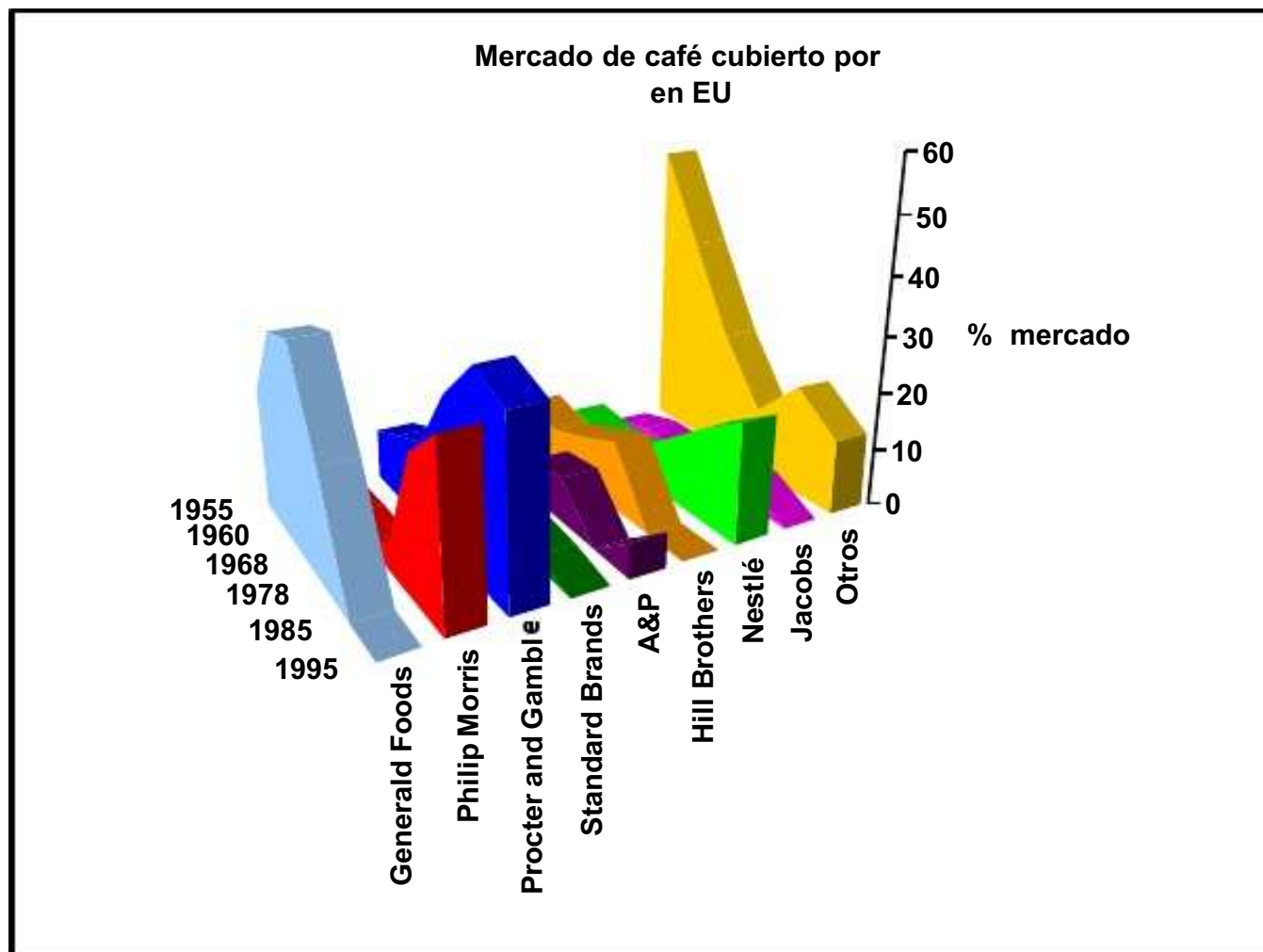
Fuente: Modificado de Dicum, 1999.

Este proceso de innovaciones tecnológicas, de creación de nichos de mercado a través del manejo publicitario, y de apropiación de la cadena productiva, favoreció la conformación de grandes conglomerados transnacionales (Figura 3).

Sin embargo, esto llevó a otros procesos paralelos como la liberalización de la comercialización, y la globalización del consumo de las clases medias influido por los medios de comunicación masivos y mundiales (TV, radio, cine, y recientemente Internet).

Estos procesos llevaron a que países productores de café, que tradicionalmente no eran consumidores del aromático, entraran al consumo del café a través de los productos promocionados por grandes transnacionales, principalmente de cafés solubles. Por ejemplo, el consumo de café en México y Centroamérica, está dominado por la transnacional Nestlé, en su presentación solubles, que comprende el 80% del consumo (Dicum, 1999).

Figura 3. Desarrollo histórico del porcentaje del mercado de café que abarcan los principales conglomerados transnacionales



Fuente: Elaborado con base en Dicum, 1999; Renard, 1999; y datos internet.

2.1.1.2. Mecanismos de comercialización

El periodo de producción en masa se caracteriza por un comercio protegido por los EU, donde los acuerdos internacionales proliferaron como mecanismos de regulación de la producción, de control de precios y de protección a industriales nacionales. Es durante las décadas de 60s y 70s que surgen tratados y organizaciones internacionales para regular la producción y el mercado de productos que iban desde el aceite de oliva hasta el aluminio y acero, y que incluye al sistema café, el más valioso producto agrícola comercial del mundo, apenas superado por el petróleo. Como correspondía a las formas de comercialización de ese periodo, se fundó la OIC, que controlaba las cantidades a comercializar de acuerdo a cuotas por país, sin diferenciar calidades, ya que el destino era un mercado homogenizado para consumo masivo. Las cuotas se establecían de acuerdo a intereses de las compañías torrefactoras más grandes de los países consumidores y a la cantidad de café producida por los países productores.

Mientras en los países consumidores cambiaban las formas y tipos de consumo, en los países productores cambiaban las formas de organización para la producción, a través de la implementación de instituciones gubernamentales que tenían como objetivo, controlar los montos de producción para cumplir con su cuota respectiva. Sin embargo, los países productores se encontraron fuera de todo el proceso de innovación tecnológica, pues la producción se basaba en la cantidad (reducir cuando había café en existencia en el mercado y aumentar cuando había buenos precios),

enfocándose en innovaciones genéticas de las distintas variedades de café. En 1989 se rompe el último acuerdo tomado en la OIC. Las estructuras nacionales de los países que apoyaban el sistema de cuotas acordado por la OIC, o desaparecieron como actores económicos y reguladores de la producción y su tecnificación, o se transformaron en órganos consultivos privados ya no reguladores de las producciones nacionales.

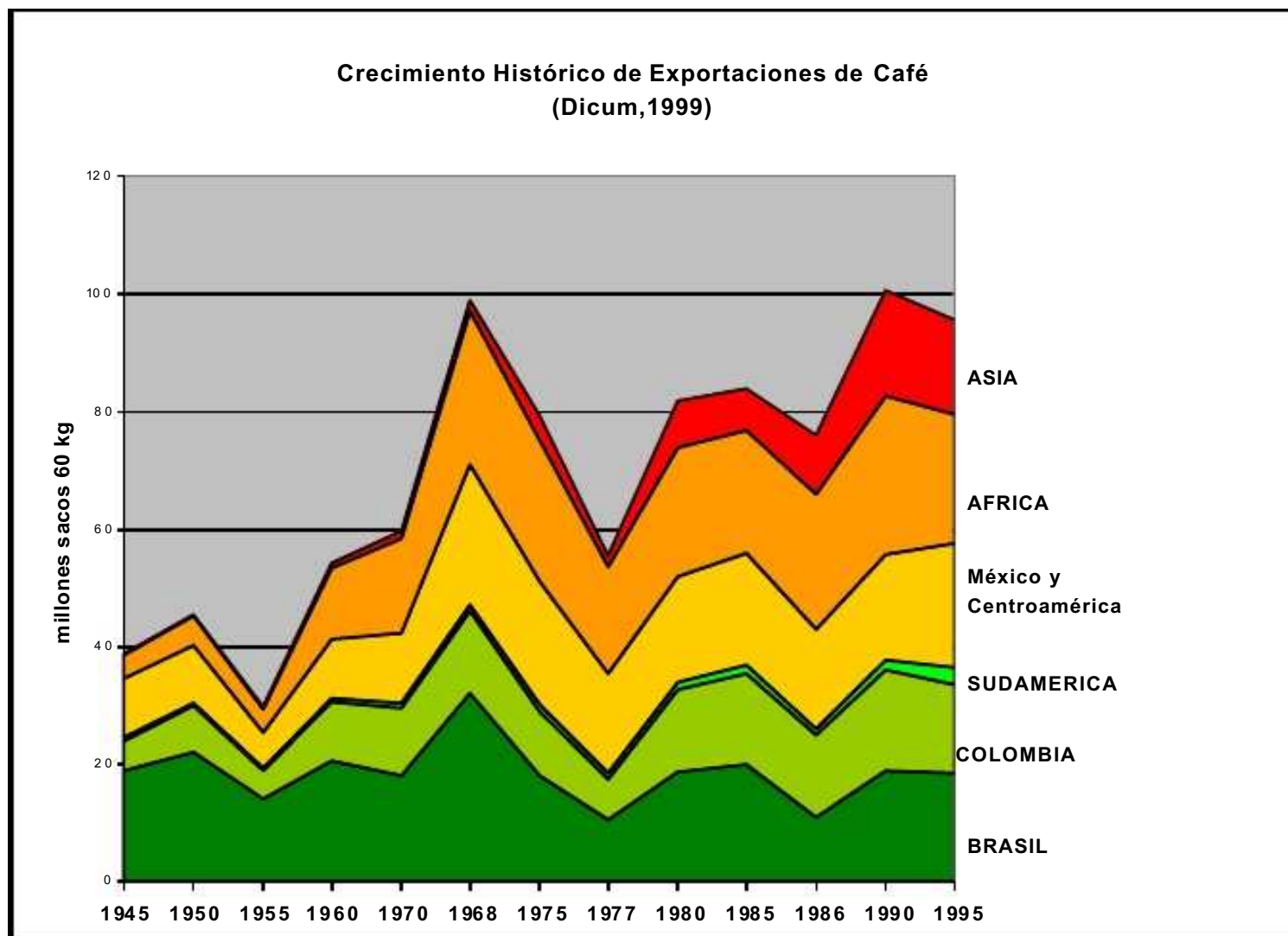
Cuadro 6. Ejemplo de algunas organizaciones nacionales reguladoras de la producción y comercialización del café

País	Institución	Creación	Clausura
México	Instituto Mexicano del Café INMECAFE	1959	1989
Brasil	Instituto Brasileño del Café	1952	1990
Nicaragua	Instituto Nicaragüense del Café INCAFE	1965	1993
Honduras	Instituto Hondureño Estatal del Café IHECAFE	1961	1992
Continente Africano	Organización Africana del Mercado del Café OAMCAFE	1961	1992

El colapso de la OIC, fue el resultado de un proceso de liberación de mercados que se venía gestando desde la década de los 80s, donde no sólo las grandes corporaciones celebraron contratos comerciales con los países productores (Ej. Brasil con General Food y Colombia con Procter and Gamble, según Pendergrast, 1999), sino que el mercado por fuera de cuota creció enormemente. Por el lado de los países productores, la relativa estabilidad de los precios alentó durante la década de los 70s a países que no eran miembros de la OIC o tenían cuotas muy pequeñas (países africanos, centroamericanos y particularmente Indonesia), a expandir su cultivo, apoyados por el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (FMI) que veían al aromático como una fuente estable de divisas para el desarrollo (Figura 4).

Asimismo, para 1980, las innovaciones tecnológicas (mejoramiento genético con base en variedades de alto rendimiento y alta densidad de siembra y agroquímicos baratos), indujeron a excedentes que buscaron mercados en países consumidores no miembros de la OIC, a precios más bajos, por ejemplo Costa Rica, que llegó a vender en 1989, más del 40% de su producción por fuera de cuota (Paige, 1997).

Figura 4. Crecimiento de las exportaciones de café de todos los países productores (nótese los casos de África y Asia a partir de 1980)



Por el lado de los países consumidores, principalmente Estados Unidos, la presión que ejercían los poderosos miembros de la National Coffee Association de Estados Unidos, al gobierno estadounidense para romper los acuerdos, por el temor de perder mercado ante la entrada de la Nestlé al mercado americano, a través de la compra de la compañía Hill Brothers, al sentirse en desventaja por sus famosas compras de café por fuera de cuota. Asimismo, el temor de la expansión del comunismo a Centroamérica, obligó al gobierno americano a realizar convenios directos principalmente con México y Centroamérica (Dicum, 1999).

Esto muestra que el sistema internacional en que se apoyaba la estructura de la OIC se había transformado en un sistema dependiente del mercado, caracterizado por la presencia de los grandes conglomerados transnacionales y el debilitamiento de los Estados nacionales.

2.1.1.3. Comercio Justo

El Comercio Justo, también denominado Alternativo, Solidario o Equitativo, es una iniciativa de los pequeños productores que han iniciado la defensa del valor de su trabajo, del cuidado del medio ambiente y de control de calidad de sus productos. Se han propuesto generar productos de calidad orgánica que eliminan el uso de agroquímicos, diversifican su producción y cuidan la calidad del ambiente a mediano y largo plazos; asimismo, se han propuesto producir con calidad y agregarle a sus productos valor por trabajo y cuidado ambiental y hacer un pacto con los

consumidores y buscar mecanismos de comercialización y distribución alternativos a los impuestos por el mercado convencional. Al igual que en la agricultura orgánica, también se cuenta con normas y sellos que garantizan al consumidor que un porcentaje del valor total del producto será destinado al pequeño productor de manera justa (Rostros y Voces, 2001).

Con base en lo anterior, el mercado justo es un mercado de relaciones entre productores y consumidores conscientes de la situación del mercado actual y que retoma la libre determinación de hacer negocio entre productor y consumidor en términos de justicia, equidad y solidaridad. Los productores y consumidores hacen un convenio con reglas claras sobre los costos reales de producción basados en una sobrevivencia digna del productor y el cuidado del medio ambiente, así como el precio que debe pagar el consumidor, reduciendo la intermediación.

El Comercio Justo es un sistema alternativo de intercambio, cuyo objetivo es lograr relaciones comerciales más equitativas entre los países del norte y del sur, y entre los productores y consumidores. Las organizaciones de Comercio Justo funcionan de acuerdo con normas éticas, sociales y ambientales, y adquieren sus productos de organizaciones de pequeños productores organizados independiente y democráticamente (Rostros y Voces, 2001).

En la década de los sesenta y setenta del siglo pasado se creó en países de Europa y los Estados Unidos, una gran variedad de Organizaciones de Comercio Alternativo, que buscaban comercializar los diferentes productos de pequeños productores y artesanos, a través de tiendas conocidas como Tiendas del Tercer Mundo. El término “Comercio Justo” cobró mayor importancia a finales de los ochenta del siglo pasado, con el surgimiento del primer sello de garantía, denominado Max Havelaar que se creó en Holanda en 1988, que inicialmente se aplicó al café. En este sello tuvieron una participación importante los pequeños productores de café mexicanos (Prujin, 2001).

La introducción del sello Max Havelaar en el mercado holandés, permitió el rápido reconocimiento del sello de Comercio Justo, logrando incrementar de menos del 0.2% del mercado nacional de café de este país a más del 2% en el lapso de un año. Actualmente existen sellos de este tipo en 17 países, 14 países europeos, Estados Unidos, Canadá y Japón. Los 17 sellos cuentan, desde 1997, con un organismo central llamado FLO Internacional (Sellos de Comercio Justo Internacional), con sede en Bonn, Alemania (Prujin, 2001).

El producto más importante en el Comercio Justo es el café, sin embargo, se han incorporado otros productos como miel, té, cacao, azúcar, jugo de naranja, plátanos, especias, nueces y artesanías. La participación proporcional varía entre países, por ejemplo en Holanda, Suiza e Inglaterra, el café de Comercio Justo ha logrado conquistar del 3 al 4% del mercado, en cambio en otros países como Canadá y Estados Unidos, los porcentajes son muy bajos (Prujin, 2001).

Más de 15 países europeos consumen productos comercializados a través de Comercio Justo, existen más de 70 mil puntos de venta para productos de este tipo en Europa. Entre 75 y 80% de la producción mundial de café certificado como justo se distribuye en tiendas, oficinas y restaurantes europeos. En un periodo de tres

años, el número de compañías que trabaja con café comercializado en forma justa se ha incrementado diez veces, actualmente hay más de 30 marcas y cien tipos de café distribuido en Canadá y Estados Unidos. Este mercado representó en el año 2000, 850 millones de dólares (Monroy, 2001).

En el Comercio Justo el precio mínimo de garantía para cafés árabes de exportación es de 121 dólares estadounidenses por cada 100 libras de café verde; el premio social complementario, es de otros cinco dólares y 15 dólares de premio para el café con certificación orgánica, se llega a un total mínimo de garantía de 141 dólares por cada 100 libras, que comparado con los precios actuales del café mexicano en la Bolsa de Nueva York, que están por debajo de los 50 dólares, existe una diferencia considerable (Prujin, 2001).

Más de 330 organizaciones de cafeticultores en 18 países se benefician del Comercio Justo, beneficiando a más de 800 mil familias. El Comercio Justo permite a los pequeños productores recibir un mayor precio por su café, al mismo tiempo que fomenta el desarrollo rural sustentable, abarcando salud, educación y protección ambiental (Monroy, 2001).

2.1.2. Nichos de mercado

El proceso de innovación tecnológica, tanto en su aspecto industrial como de mercadeo, llevaron a la creación de nichos de mercado altamente diferenciados donde, *“los consumidores pueden elegir de acuerdo a su capacidad económica, su capital cultural y sus preferencias”* (Renard, 1999, p. 172).

De esta forma, se dió cabida a la diversidad de nichos de mercado que derivaron mayor importancia en la atención en el sistema-producto café.

2.1.2.1. Cafés diferenciados

El afán de buscar identificación del consumidor con el producto en el estante ha originado que se oferten una cantidad increíble de presentaciones de café. Por ejemplo, la gama de cafés que se presenta al consumidor por Philip Morris (KJS) en Francia consta de 16 cafés tostados, un café descafeinado por cada marca, y ocho solubles, un capuchino y una malteada. Y ahí mismo Nestlé, tiene quince variedades. Otro ejemplo en California, EU, un supermercado propone 15 diferentes marcas de café; en Bélgica existen 62 tipos de cafés tostados (Trujillo, 2000; Renard, 1999).

Esta diferenciación se realiza considerando calidad, entendiendo ésta como “la totalidad de elementos y características de un producto o servicio, que satisfacen todas las necesidades establecidas o implicadas” (ISO 8402, 1986; ISO 9000, 1991), es decir, la calidad esperada por el consumidor debe llenar todas sus expectativas sobre el producto, no importando si éstas son inducidas (por marca, mercadeo, antiguas experiencias) o reales (composición, ejecución, funcionalidad).

La calidad del café, como un producto no alimenticio, se encuentra altamente determinada por los valores sensoriales, su conveniencia y por los elementos inducidos, ya sea por la mercadotecnia o por el desarrollo cultural en el cual se

encuentre inserto el consumidor; por lo tanto, en el segmento de calidad, es donde se han expresado todas las formas de diferenciación de café en las últimas décadas.

a) Diferentes calidades

Tradicionalmente se habían categorizado las diferentes calidades de café (y sus precios) basándose en cuatro elementos básicos:

- Especie o variedad genética: *Coffea arabica* o *C. canephora*.
- Microclima de acuerdo a la altitud sobre el nivel del mar donde se cultiva, considerados los de altura como mejores.
- Proceso de beneficiado industrial: los separa en lavados y naturales.
- Porcentaje de granos defectuosos.

Sin embargo, este proceso de categorización se ha complicado en las dos últimas décadas, donde la fragmentación del mercado en una gran variedad de nichos, ha sido tan radical que la diferenciación del producto se considera un elemento muy importante para integrar el precio, es decir, es una forma de valor agregado.

b) Cafés tostados y solubles

Dentro de los procesos industriales, que tuvieron como estrategia para aumentar el valor agregado y entrar al mercado altamente centralizado por los grandes conglomerados transnacionales del café tostado, está la creación del café soluble.

Sin embargo, la tradicional diferenciación del mercado en “de grano” o soluble, en donde el consumidor atribuía la calidad sólo por la identificación de la marca, ha sido rebasada ampliamente. Una razón ha sido la diferenciación de los nichos de mercado que ha constituido el elemento más eficaz para desarrollar valor agregado en la última década. Básicamente se pueden reconocer los siguientes nuevos segmentos:

- Preparación especial: espresso, capuchino, latte, saborizados, fríos
- Calidad especial, *gourmet* o de especialidad
- Origen: finca, región o país, variedad utilizada
- Mezclas
- Café sustentable: orgánico, justo y sombra

c) Calidad en base a conveniencia: solubles y de fácil preparación

El crecimiento de las ciudades y la incorporación de la mujer a la economía laboral, tal vez fueron los factores más importantes que influyeron en la cultura para considerar la “conveniencia” como un factor importante para adquirir un producto. Se entiende por “producto conveniente” aquél que ofrece facilidad de uso, además de la calidad en su concepto amplio. Esta tendencia que se inicia en la posguerra, conocida como *revolución blanca*, al ofrecer productos convenientes para facilitar la labor doméstica como eran cafeteras eléctricas, licuadoras, refrigeradores, estufas eléctricas, etc., se desarrolla como un nicho importante en el mercado actual. Es cuando los solubles son la gran innovación. Sin embargo, justamente por esa razón, actualmente tomar café caliente soluble es considerado “pasado de moda”, pues

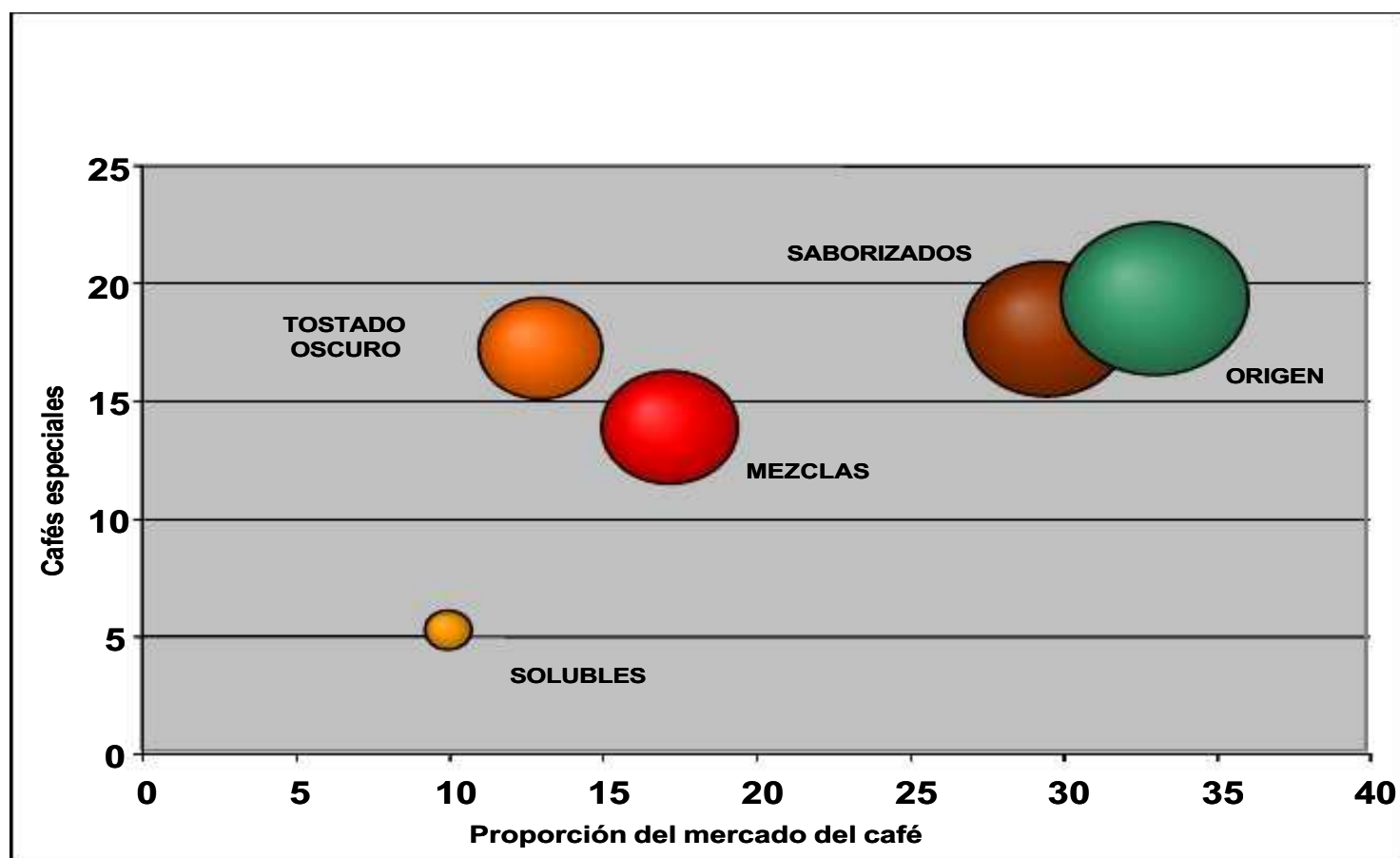
sólo se consideran dos opciones “soluble” y “descafeinado” (National Coffee Association, 2001). Es dentro de este segmento del mercado que se consideran los **café especiales**, que comprenden todas las bebidas a base de preparación de café expreso, como son los latte (con leche), los capuchinos, mocha y saborizados, así como los de presentación fría, enlatados o preparados estilo malteada (capuchino helado, amareto helado, moka helado, etc.)

El crecimiento de este segmento en la década de los 90s ha sido impresionante. El consumo de solubles especiales en Europa (excepto Italia) ha alcanzado al de los cafés regulares (Renard, 1999), y en EU, según la encuesta anual que realiza la National Coffee Association del 2001 revela que el 52% de la población de Estados Unidos mayor de 18 años bebe café diariamente, lo que equivale a 107 millones de consumidores.

También se encontró que el grupo de edad 20-29 años aceptan más la bebida base del café expreso y no les importa el precio. El grupo de edad 30-59 años no piensa aumentar la cantidad de café que consume y se guía más por la popularidad de una bebida. El grupo mayor de 60 años pretende reducir el consumo de café por motivos de salud, se preocupa más por el precio y no quiere probar presentaciones especiales.

En general, como se observa en la Figura 5, el mercado del café ha cambiado, y al igual que las características de calidad que tradicionalmente se habían atribuido al café, dado que los sabores de origen, sus mezclas, las bebidas a base de café expreso y los solubles especiales requieren características de grano diferentes a lo convencional.

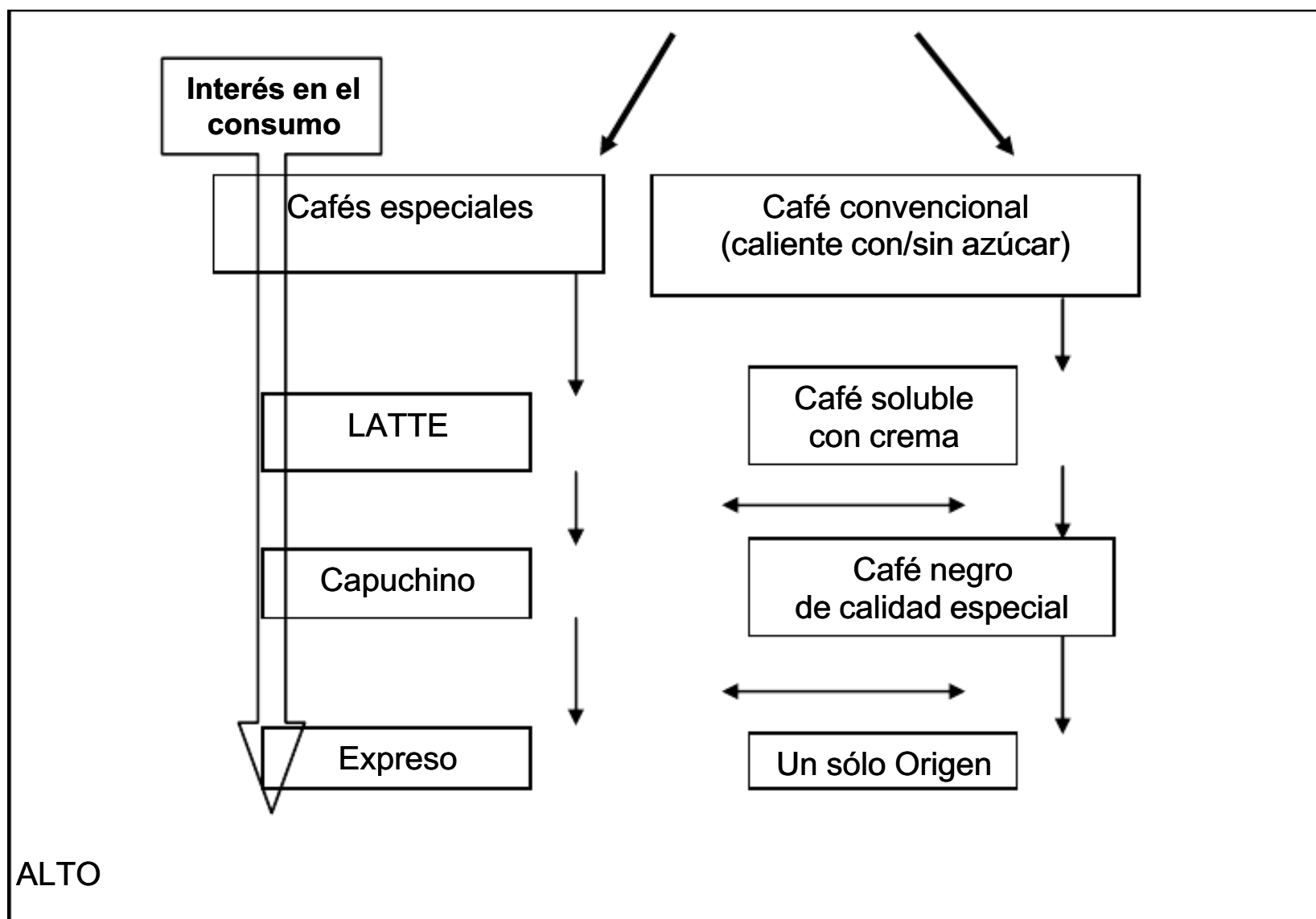
Figura 5. Proporción que comparten los cafés especiales del total del mercado



Por ejemplo, la tan preciada acidez en taza, en preparaciones expreso es muy castigada, o en el caso de los solubles, que se elaboraban con cafés de tercera y robustas, ahora las presentaciones especiales requieren sólo arábicas, sustituyendo los robustas con arábicas naturales. Por otro lado, los cafés sostenibles no sólo requieren calidad en taza sino calidad de vida de los productores y del ambiente.

Para finalizar, se pueden resumir en la figura 6 las actuales tendencias del mercado, donde esta tendencia es a preparaciones convenientes saborizadas con base en café expreso y hacia los cafés de calidad especial o *gourmet* de un sólo origen. En pocas palabras, se busca calidad y diversidad.

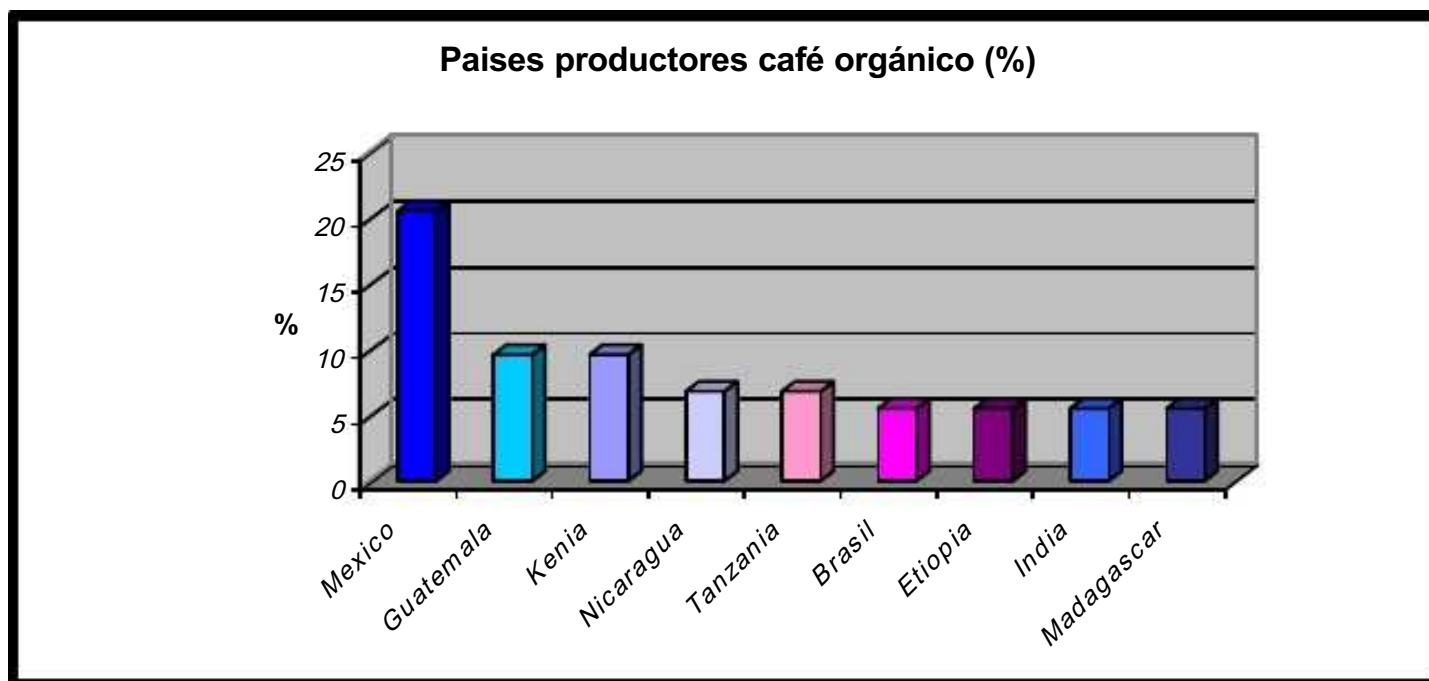
Figura 6. Tendencias de mercado de café



2.1.2.2. Cafés orgánicos

La creciente preocupación de los consumidores acerca de la salud (1980), llevó por un lado al crecimiento de los mercados orgánicos, que pagan una prima por la supuesta reducción de rendimientos y el mayor uso de mano de obra, lo que ha hecho que este nicho sea muy atractivo. México fue el primer exportador de café orgánico y es el principal productor (Figura 7).

Figura 7. Porcentaje del mercado orgánico por país productor



Fuente: OIC, 2002

El nicho de mercado que ha crecido constantemente en la última década ha sido el de productos orgánicos. Y el café no es la excepción, pues actualmente ocupa el 5% del mercado total.

La tendencia de la demanda del mercado orgánico es hacia el alza en forma general para todos los países importadores, de manera gradual, salvo 1998 que se observa como un año atípico donde Estados Unidos elevó a más del doble su demanda con respecto a 1997 y con un descenso drástico al siguiente ciclo cafetalero, algunos analistas consideraron que el fenómeno se debió más a las reexportaciones que hizo.

Courville (1999) predice que entre el 2006 y el 2010 los índices de crecimiento del café orgánico serán de 10 a 20% al año. Asimismo, señala que la demanda mundial superará la oferta (CCA,1999 citado por Chávez, 2001). La creciente demanda por los productos orgánicos se explica tanto por la tendencia creciente entre los consumidores por observar los efectos en la salud, como por la popularidad de los cafés de especialidad (CCA, 1999; citado por Chávez, 2001).

El mercadeo del café orgánico se ha incrementado a nivel internacional; de 11 empresas exportadoras que había en México en 1996, actualmente existen 41; de 29 importadoras en los países destino en el mismo año hoy existen 78; asimismo, el número de países que están demandando estos productos se ha incrementado en el mismo periodo.

El 3% del café que se vende como orgánico ha mantenido una rentabilidad favorable aún en estos períodos de drástica caída de los precios internacionales, salvo en este último ciclo, al mantener un diferencial con respecto al café convencional de alrededor de 25 dólares por quintal, en el mercado orgánico normal y de alrededor de 40 dólares en los mercados justos (Chávez, 2001).

Escamilla (2001), menciona que el café orgánico se basa en las siguientes prácticas y técnicas:

- Selección de especies y variedades.
- Asociación de cultivos (policultivos y sistemas agroforestales).
- Uso de insumos permitidos por las normas de producción y procesamiento orgánico, como son: composta, vermicomposta, estiércoles, calizas, abonos verdes, etc.
- Reciclaje de materia orgánica.
- Manejo y conservación de suelos: barreras vivas o muertas, siembra en contorno, cultivos de cobertura, labranza de conservación, no quema, terrazas individuales o de banco.
- Control de plagas, enfermedades y malezas con métodos biológicos, culturales y físicos: insecticidas, repelentes y funguicidas botánicos; trampas sexuales, visuales y físicas; injertos, caldo bordelés, etc.
- Manejo del agua.
- Protección de la biodiversidad.

Como todos los productos provenientes de la agricultura orgánica, el café orgánico debe certificarse para poder participar en el mercado. La producción, procesamiento y comercialización del café orgánico se realiza tomando en cuenta normas de producción orgánica para posteriores procesos de inspección y certificación.

2.1.2.3. Cafés de calidad especial o Gourmet

La necesidad de diferenciación del producto dentro de un mercado altamente competitivo llevó a los pequeños tostadores a ofertar no sólo alta calidad en taza, manejando diferentes tostados, sino a diferenciar sus productos por origen, mezcla y forma de producción.

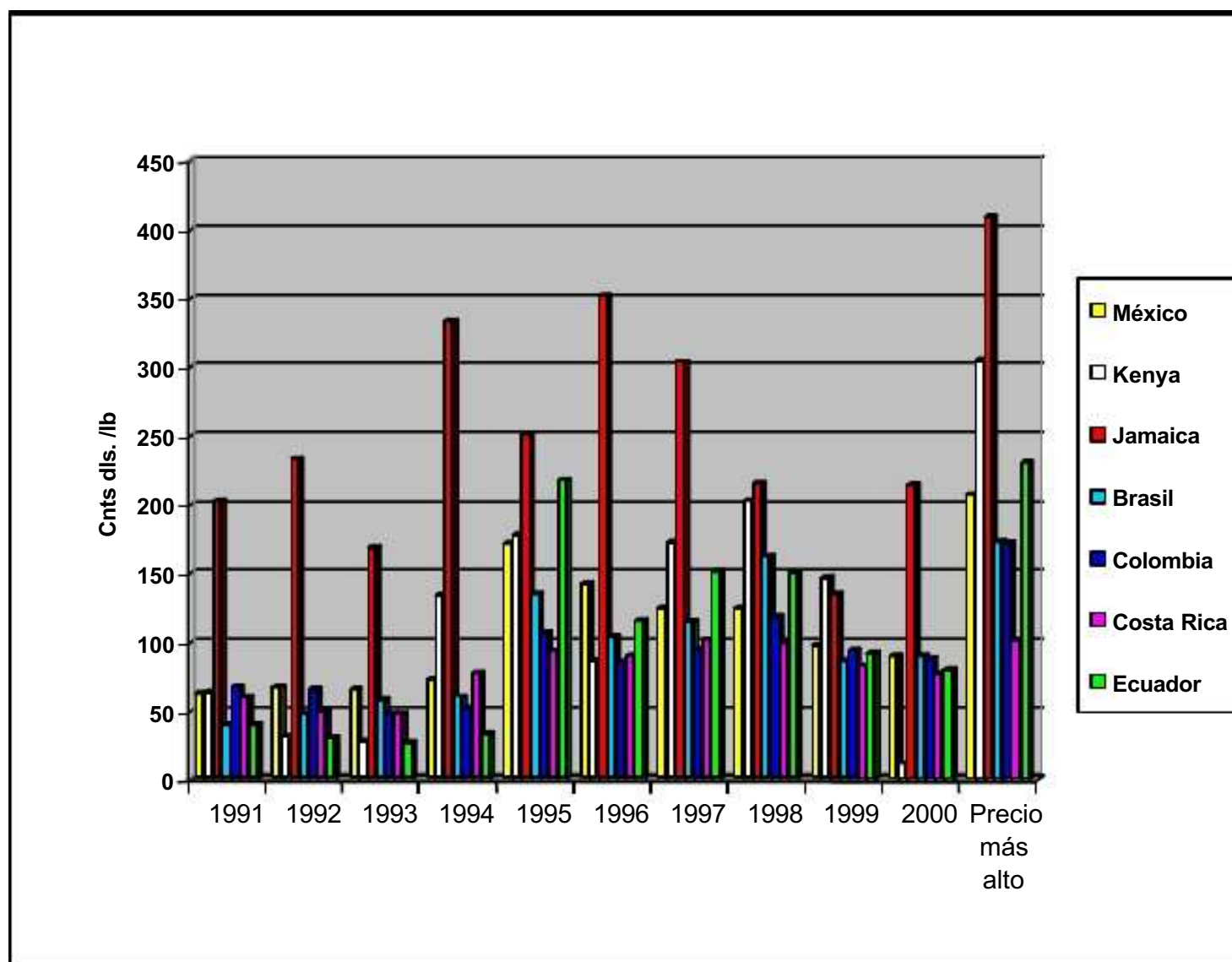
La **diferenciación por origen** siempre ha existido en el mercado *gourmet* o calidad especial, que pretende ofertar una característica única de cierto café, como fue el famoso Blue Mountain de Jamaica, que al ser transportado en barriles de una madera nativa de la isla, se impregnaba, durante el largo viaje en barco, de una fragancia y sabor único. Actualmente, los precios de este tipo de café alcanzan los 45 dls. la libra en Estados Unidos. Sin embargo, la mayoría de sus ofertas al público se basaban en ofrecer mezclas de cafés arábicas a base de diferentes tostados. El cambio de hábitos de consumo hacia los cafés “convenientes” como son los solubles y al crecimiento de la rama café de los grandes conglomerados transnacionales, condujo al desarrollo de cafés por origen dentro del nicho, así surgen los cafés que se diferencian por país, como los Kenianos; por regiones como el Pluma Hidalgo de México; por finca llamados “estate Coffee” como el Ipanema de Brasil.

Elementos como rendimiento industrial (cereza-pergamino-tostado) han jugado un papel muy importante en la competitividad de los torrefactores. De tal manera que se desarrollaron mezclas para poder ofrecer una buena relación precio-calidad. Este fenómeno, ya utilizado anteriormente (ya que la especie *C. canephora* conocida como robustas, requiere forzosamente mezclarse por su alta astringencia), se generalizó en los cafés de calidad especial, de tal manera que la **diferenciación por mezclas** surgió en los 90 como un nicho de mercado.

Las mezclas pretenden combinar características como son cuerpo, acidez, sabor, aroma y fragancia en un perfecto balance que considere el precio. Las calidades diferenciadas de los tipos de café como son los lavados, divididos tradicionalmente en dos grupos *suaves* (naturales) y *los otros suaves* (robustas), así como el tostado, han desarrollado mezclas que en la mayoría de los casos se guardan celosamente.

Por supuesto, este nicho de mercado se expresa en los precios diferenciales pagados a los productores. En la Figura 8 se pueden observar los precios pagados a diferentes países según sus calidades, sin importar mucho su categoría. Se encuentra Kenia, Jamaica y Colombia en la categoría de suaves; México, Costa Rica y Ecuador en los otros suaves; y Brasil en los naturales.

Figura 8. Precios final pagado por país productor en la década 1990-2000



El crecimiento del nicho de calidades especiales ha sido dramático en los 90s, donde se ofertan mezclas con sólo arábigas, o cafés de origen, conocidos por su calidad. Los dos países que por su trayectoria llegaron primero a estos mercados fueron Kenia y Colombia, que siempre hicieron énfasis en su calidad (entendida como regularidad del producto y diferenciación desde la finca), los cuáles ofrecieron calidades diferenciadas a los torrefactores desde 1980. En Francia esta tendencia a ofertar calidades diferenciadas, llevó a que los robustas de Costa de Marfil, que tradicionalmente eran la base de las mezclas francesas, quedaran atrás de los

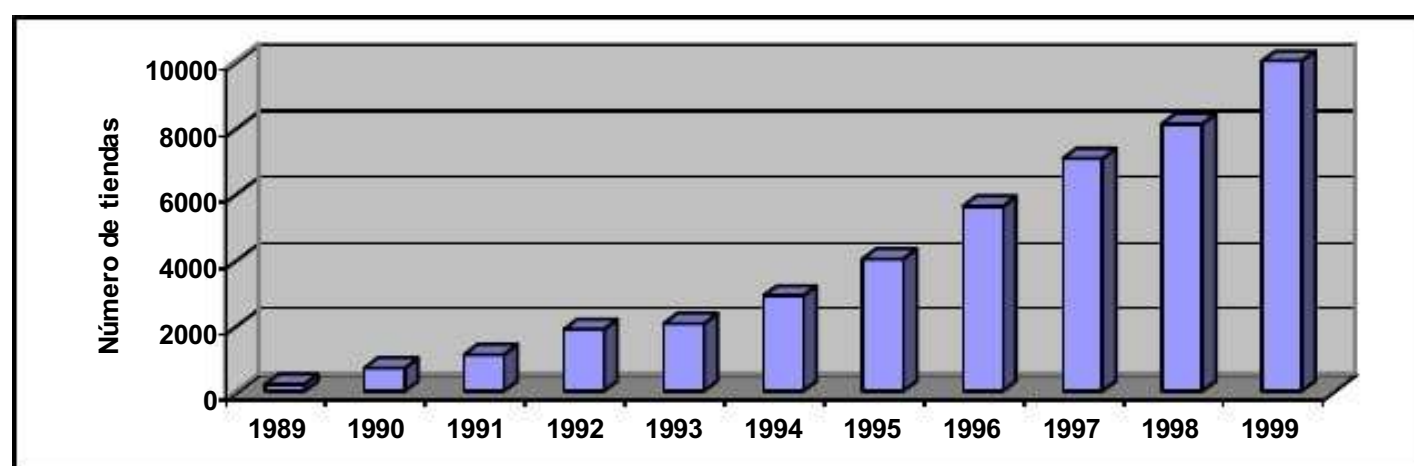
Este segmento de los cafés diferenciados se prevé que crezca o por lo menos se mantenga, ya que el consumo de café en los Estados Unidos, se ha mantenido estable durante la década de los 90s. El relativo fortalecimiento de la economía durante los últimos 8 años, después de una recesión, llevó a los consumidores a ser indulgentes y darse pequeños lujos como la compra de cafés caros o especiales. La educación se ha desarrollado para degustar buenos cafés, ha hecho que hayan entrado a las sutilezas del sabor que va desde distinguir una variedad de mezclas hasta los de origen por finca (State Grown Coffees).

Actualmente existen más de 1200 tostadores de cafés en EU y Canadá, surtiendo a cafeterías, restaurantes y supermercados, que no compiten directamente con las transnacionales, ya que su elasticidad de realizar mezclas, ofrecer variedad de orígenes y presentaciones diversas, les ha dado una gran ventaja competitiva.

La generación *beat* o de contracultura, que se desarrolló en los 70s, que proclamaba ir en contra del consumo de masas, paz y amor, etc., generó nichos alternativos de mercado. En EU encontraron su ambiente de discusiones en cafeterías, donde se hablaba de política. Surge la propuesta Starbucks que ofrece el café de calidades especiales, educando sobre calidad de café, a la vez que oferta productos asociados. Esta propuesta tan novedosa llevó a que en 1998 se comercialicen casi dos millones de sacos de café, y se abrieran negocios similares en casi todo EU (Figura 9) (Dicum, 1999).

El crecimiento del nicho de calidades especiales ha sido dramático en los 90s, donde se ofertan mezclas con sólo arábicas, o cafés de origen, conocidos por su calidad. Los dos países que por su trayectoria llegaron primero a estos mercados fueron Kenia y Colombia, que siempre hicieron énfasis en su calidad (entendida como regularidad del producto y diferenciación desde la finca), los cuales ofrecieron calidades diferenciadas a los torrefactores desde los 80s.

Figura 9. Crecimiento del café de calidad especial (Specialty Coffee) en Estados Unidos



Fuente: Dicum, 1999.

En Francia esta tendencia a ofertar calidades diferenciadas, llevó a que los robustas de Costa de Marfil quedaran atrás de los arábicas de Brasil en los porcentajes de

2.1.2.4. Cafés de conciencia

Los procesos culturales desarrollos en estrecha relación a la conciencia sobre el cuidado de la salud, la conservación del ambiente y la justicia social originaron una fragmentación del mercado que generalmente ofrece un sobreprecio, en el momento en que el consumidor está dispuesto a pagar más por el servicio adicional que la mercancía le está brindando (Cuadro 7).

Es en el 2002 que la Sociedad de Cafés Especiales de Estados Unidos, promueve para beneficio del consumidor (confundido con tantas opciones) que todos los cafés de conciencia como el orgánico, justo y amigable del ambiente o sombra quedaran incorporados en los llamados cafés sostenibles (SCAA, 2002).

Dentro del ámbito de la salud surgieron los cafés descafeinados, los que no producen acidez y **los orgánicos** que no utilizan productos químicos en su producción. Este último segmento, considerado entre los cafés sostenibles, se ha desarrollado altamente ligado a un sobreprecio. Sin embargo los altos costos de su certificación han llevado a que su adopción entre los productores no sea amplia. El 98% de las empresas lo conocen.

Cuadro 7. Sobreprecio en café con base en el sistema de producción

Tipo de café sostenible	% de proveedores que lo ofrecen	Sobreprecio centavos US Dls/lb
Orgánico	78.6	59
Comercio Justo	54.0	62
Sombra	51.8	53

El nicho de mercado **“justo o equitativo”** que en Europa es identificado con el sello Max Haavelar y Transfair, en Estados Unidos se gestó dentro de los cafés de calidad especial, imponiendo el sello Fair Trade. Con éste, se compra directamente a las cooperativas de pequeños agricultores, garantizando un precio de contrato mínimo. Este nicho de mercado ha mostrado un crecimiento sostenido en la década de los 90s. El 82.5% de las empresas lo conocen.

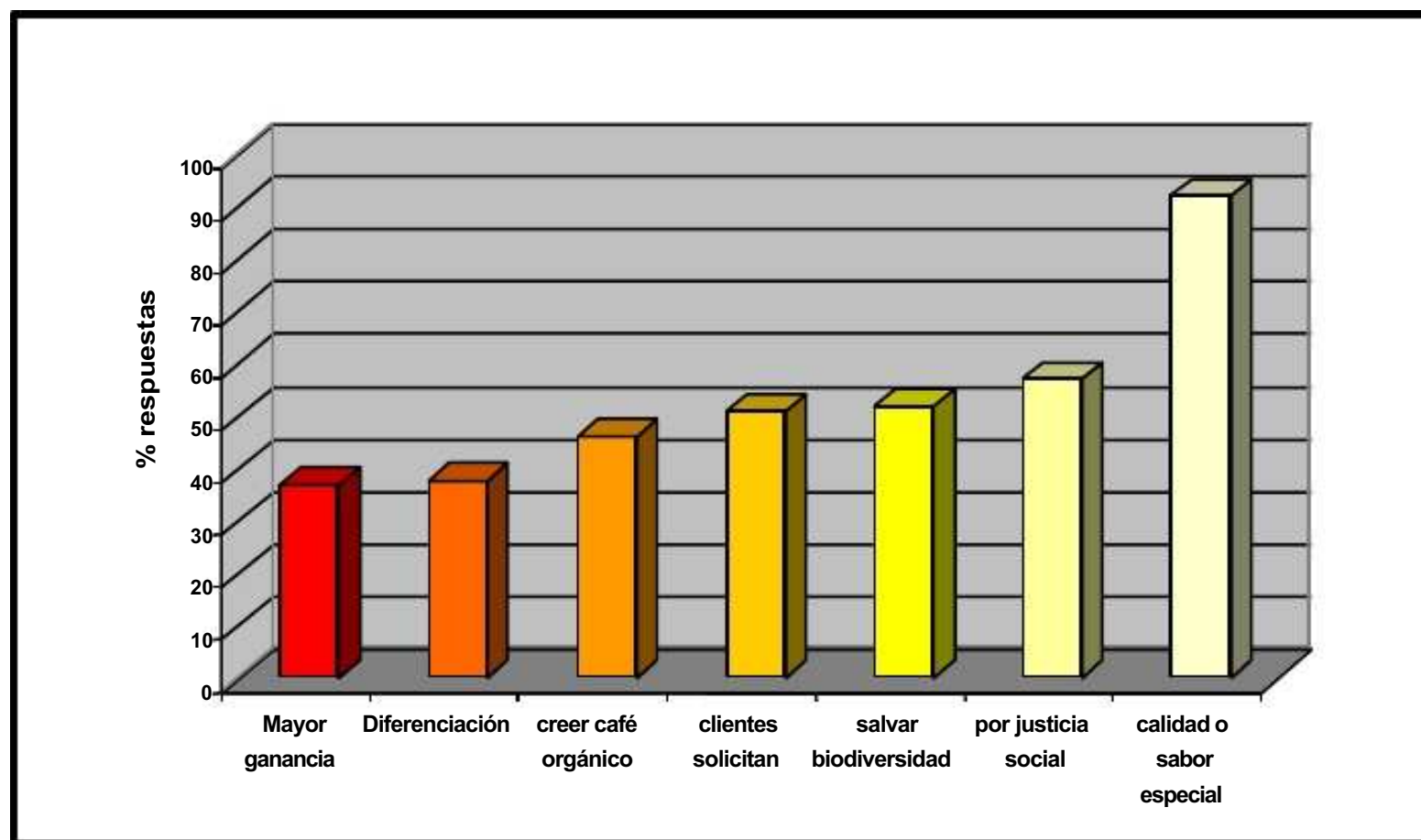
Asimismo, las preocupaciones ambientales de la nueva cultura posmoderna, llevaron a que en 1996 se propusieran los cafés **“amigables de los pájaros” y los cafés “producidos bajo sombra”**, al ofertar el servicio ambiental del sistema producción de café no tecnificado (Rice, 1996). Café sombra es el que se cultiva bajo bóveda forestal en entornos de selva y es benéfico para la biodiversidad y las aves. El 76.4% de las empresas lo conocen.

La cadena de comercialización de los cafés siguió los mismos canales que los cafés de calidad especial. De hecho, en el año 2000 se propuso en el Congreso Internacional de Cafés de Calidad Especial que todos ellos se convirtieran en un futuro a cafés sostenibles. Aunque no se llegó a un compromiso formal, la tendencia gira en torno a estos criterios, ya que se ha encontrado que la calidad está íntimamente ligada al manejo bajo sombra, y a que la constancia en el suministro de café de calidad sólo se mantiene con estabilidad social.

Los importadores manifestaron tener un acceso razonable, aunque no total, a estos cafés y señalaron que existe una oportunidad de mercado fácil para los productores dado que sólo hay alrededor de 100 importadores de café de especialidad relevantes. De éstos, 78.7% cuentan con proveedores de café orgánico; 61.7% tienen proveedores de café de Comercio Justo; 67%, proveedores que les ofrecen café de sombra. Los torrefactores y mayoristas (en contraste con minoristas e importadores y distribuidores) tienen los tres tipos de fácil acceso; en cambio, a los importadores se les dificulta el acceso. Por lo que se puede observar, existe un mercado potencial para los productores.

Lo interesante de estos procesos culturales, es que no sólo se expresan en los consumidores, sino también en los tostadores y comercializadores, como lo demuestra la encuesta realizada a este sector por la Specialty Coffee Association of America (2001) que muestra que la ganancia que se obtiene por el sobreprecio, es el factor menos importante para decidir ofertar ese tipo de cafés, en contraste con factores como creer en la justicia social, en conservar el ambiente y su biodiversidad que ocupan los principales lugares después de la calidad del café (Figura 10).

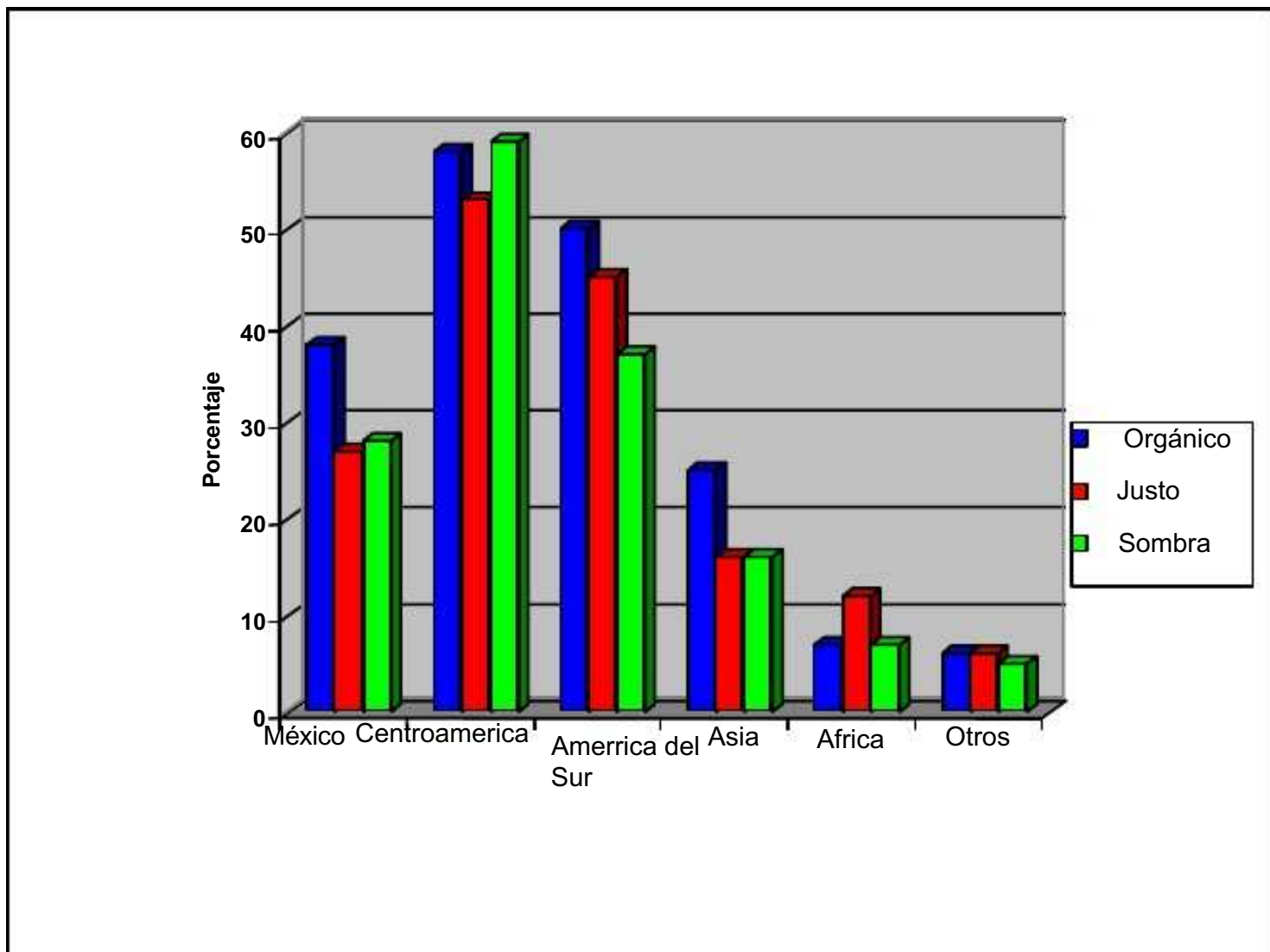
Figura 10. Factores considerados muy valiosos para los negocios de café sostenible



Los países latinoamericanos llevan una ventaja competitiva en torno a las relaciones comerciales y el establecimiento en el nicho de mercado (como muestra la Figura 11), siendo México, Guatemala y Costa Rica, los principales productores de cafés sostenibles, seguidos por Colombia, Perú e Indonesia. Sin embargo, países como Uganda, han desarrollado mecanismos de mejoramiento de calidad en cafés sostenibles y amenazan con desplazar a los cafés que no mejoren su calidad ya que los ATRIBUTOS para compra de café sustentable están basados en:

- Calidad 95%
- Constancia en el suministro 85%
- Oferta adecuada 50%
- Conocimiento consumidores 48%
- Precio bajo 28%

Figura 11. Principales países productores de cafés no convencionales (2001)



Asimismo, se ha detectado que existe una gran confusión en torno al verdadero significado de los tres términos: orgánico, de Comercio Justo y de sombra. De hecho, la falta de difusión y de educación adecuadas sobre una terminología estandarizada ha dado lugar al deterioro de términos como “café de sombra”, a tal grado que pueden llegar a perder sentido para el consumidor, como ha ocurrido con la palabra “natural”.

Aun cuando muchas compañías de renombre prefieren apoyar la certificación como un medio para confirmar y transmitir con claridad su adhesión a los principios relevantes de la certificación, los datos recabados sugieren la posibilidad de que muchas más estén desinformadas o abusando de los términos del café sustentable como “de sombra” o “respetuoso de las aves”.

El café de especialidad importa el 17% del total en EU y Canadá, que incluye los cafés de calidad especial o de nicho, los cafés sostenibles y los de mercado justo. El café de especialidad se expande entre un 10% al año.

De 2000 pequeños negocios, 23.2% tienen ventas brutas de 100 mil Dls anuales; y 14% arriba de un millón. La mayor parte de los proveedores que suministran un tipo de café sostenible tienden a ofrecer también cuando menos uno más de los otros (86.2%).

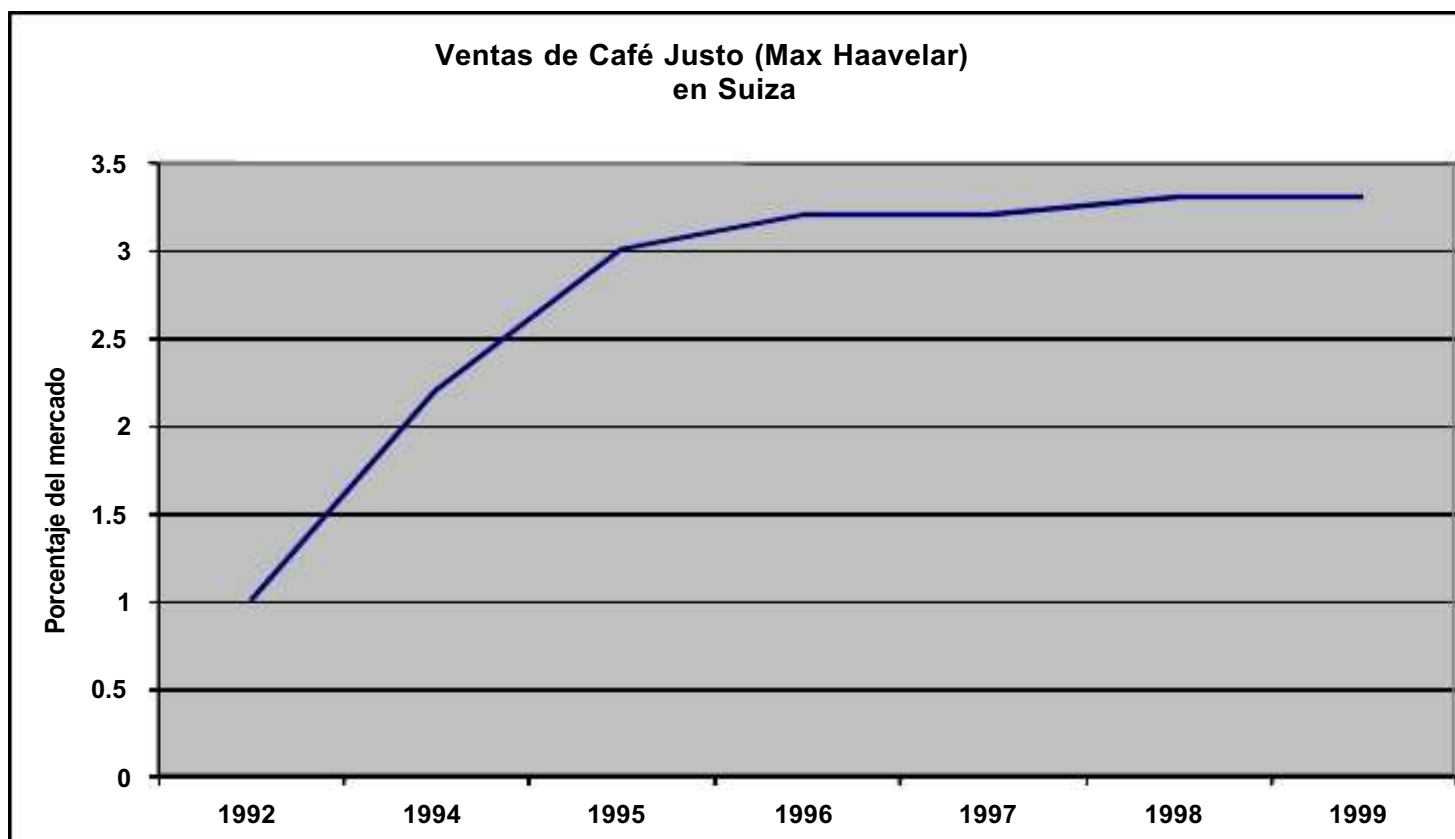
Según SCAA (2001), el crecimiento del mercado de especialidades estará relacionado con la efectividad en educar al consumidor sobre la calidad y el valor adicional de los cafés gourmet. Aún así, se prevé un crecimiento del 27% en 2001-2003, y se calculan 188 millones de dólares en ventas en EU y en el mundo de 530 millones de dólares en el 2002. En resumen la SCAA considera:

- El segmento sostenible crece rápido
 - Es un producto diferenciado con ganancias, si se mejora la calidad
 - La industria de especialidad considera estar ligada a la sustentabilidad y la calidad del producto
 - Se necesita un súper sello, pues tanto los vendedores como los consumidores, están confundidos
 - Se necesita uniformizar la terminología y hacer amigable la certificación
 - Un futuro optimista prevén expendedores,
 - Los consumidores seguirán respondiendo a este nuevo nivel de diferenciación, si se desarrollan los siguientes segmentos del mercado:
- Cafés consumidos en casa.
 - En cadenas de medio mayoreo (outlets),
 - Bebidas frías (especialmente en las “listas para beberse”)
 - Ofertar en tiendas “convenientes” y de comida rápida.

En Europa, se desarrolló un comercio alternativo de productos artesanales, incluyendo café de países pobres en una serie de pequeñas tiendas. El reconocer las limitaciones de esta propuesta condujo a un grupo de organizaciones no gubernamentales de Holanda a vender café a través de redes de pequeñas torrefactoras y de ventas masivas sin renunciar a retribuir un mejor precio a los productores. De esta forma nace el nicho de mercado “justo o equitativo” que en Europa es identificado con el sello Max Haavelar y Transfair; en Estados Unidos el mismo movimiento se gestó dentro de los cafés de calidad especial imponiendo el sello Fair Trade. Este nicho de mercado ha mostrado un crecimiento sostenido en la década de los 90s (Figura 12).

Asimismo, las preocupaciones ambientales de la nueva cultura *post* moderna, llevaron a que en 1996 se propusieran los cafés “amigables de los pájaros” y los cafés “producidos bajo sombra”, al ofertar el servicio ambiental del sistema producción de café no tecnificado (Rice, 1996). Su cadena de comercialización siguió los mismos canales que los cafés de calidad especial.

Figura 12. Crecimiento del mercado justo del café en Suiza



Fuente: elaborado con base en datos de Max Havelaar, web page.

En los EU, en el 2000 los torrefactores de cafés de calidad especial (*specialty coffee*) orgánicos, justos y ambientales, llegaron a conformar el 16% del mercado (Fair Trade, 2000; Dicum, 1999). Es tan fuerte esta tendencia que Procter and Gamble, lanzó en 1998 su línea de cafés orgánicos (Pendergrast, 1999).

La tendencia de los cafés diferenciados va en aumento, pues los recientes estudios sobre su consumo muestran que los jóvenes americanos y europeos muestran preferencias sobre éstos, en comparación con las bebidas gaseosas (NCA, 2002; Dicum, 1999).

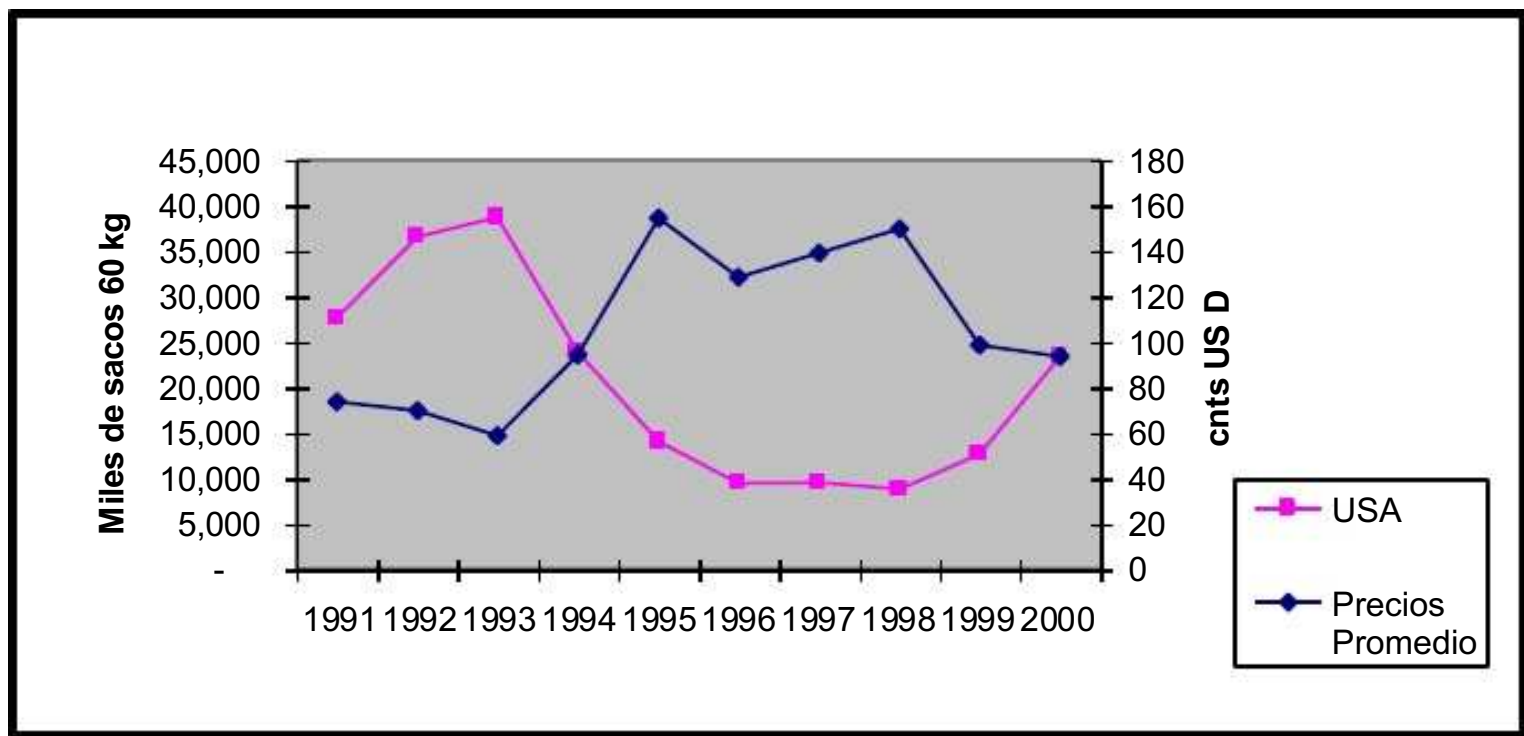
2.1.3. Los productores ante la globalización del mercado

La organización de los productores para la producción de café para un mercado masivo indiferenciado, estuvo basada en general en permitir que los grandes productores continuaran sus vínculos comerciales y los pequeños productores entraran a un sistema dirigido por las diferentes instituciones gubernamentales del café. La asesoría, tecnificación e investigación provenían de éstas y el flujo financiero surgía de las diferentes bancas públicas, y excepcionalmente de la privada (Paige, 1995). De tal manera que todas las relaciones de producción que los pequeños productores establecían eran con los institutos del café. Sólo los pequeños productores que entraron al *boom* de café que precedió a los altos precios del café de 1977, y que quedaron fuera de la cuota, ya que se contrajo el mercado, son los que entraron al mercado negro del café fuera de cuota, a través de sus ventas a pequeños torrefactores y a los nuevos nichos orgánicos o justos.

Cuando los acuerdos de la OIC se rompen definitivamente, la depresión de precios que siguió a este fenómeno, fue motivo de expansión del mercado del café durante los inicios de la década de 1990. Las crecientes economías asiáticas entraron al

mercado del consumo de café que fue percibido como sinónimo de “buen nivel de vida occidental”. El consumo europeo aumentó a consecuencia de los bajos precios. Sin embargo, los mercados habían cambiado y ésto se notó cuando los precios volvieron a subir en 1997, donde se contrajo la demanda y se exigió calidad. (Figura 13).

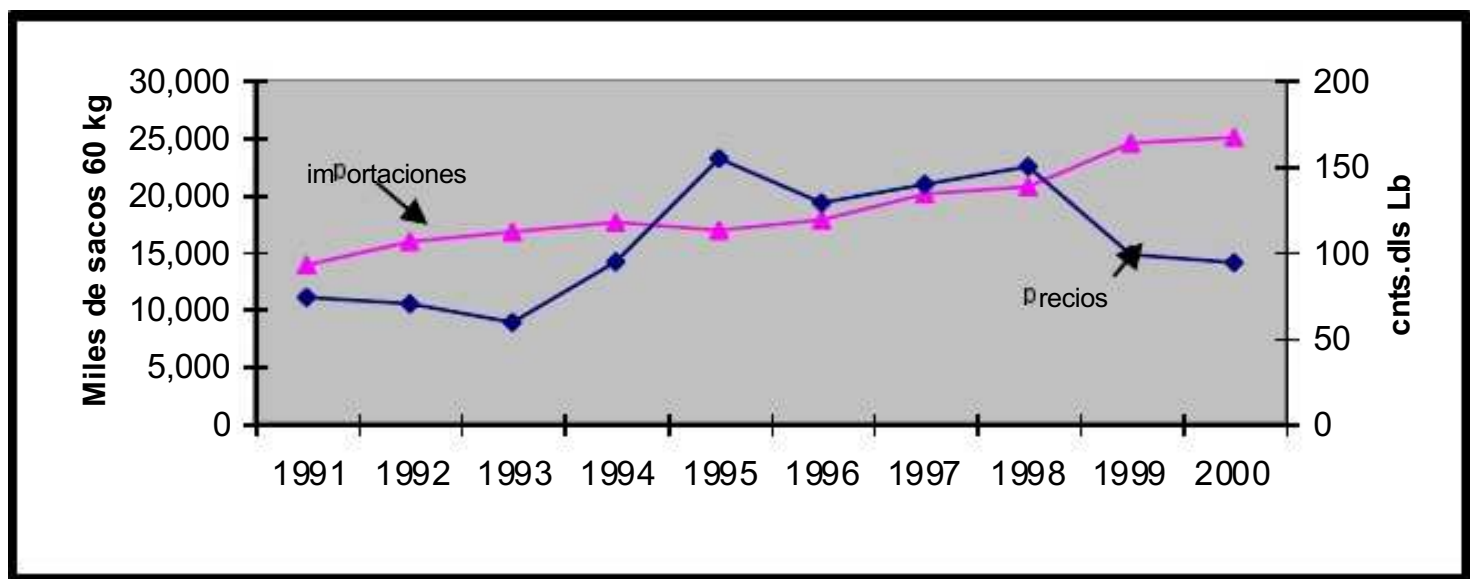
Figura 13. Importaciones de café a Estados Unidos y precios promedio de café



Fuente: Elaborado con base en datos de USDA y OIC.

Sin embargo, algo también había cambiado y era el consumo de países fuera del bloque tradicional de Europa Occidental y Estados Unidos, los cuales se han mostrado menos sensibles a los precios. (Figura 14).

Figura 14. Importaciones de café por 58 países no desarrollados y precios de los arábigas



Fuente: elaborado con datos de la OIC.

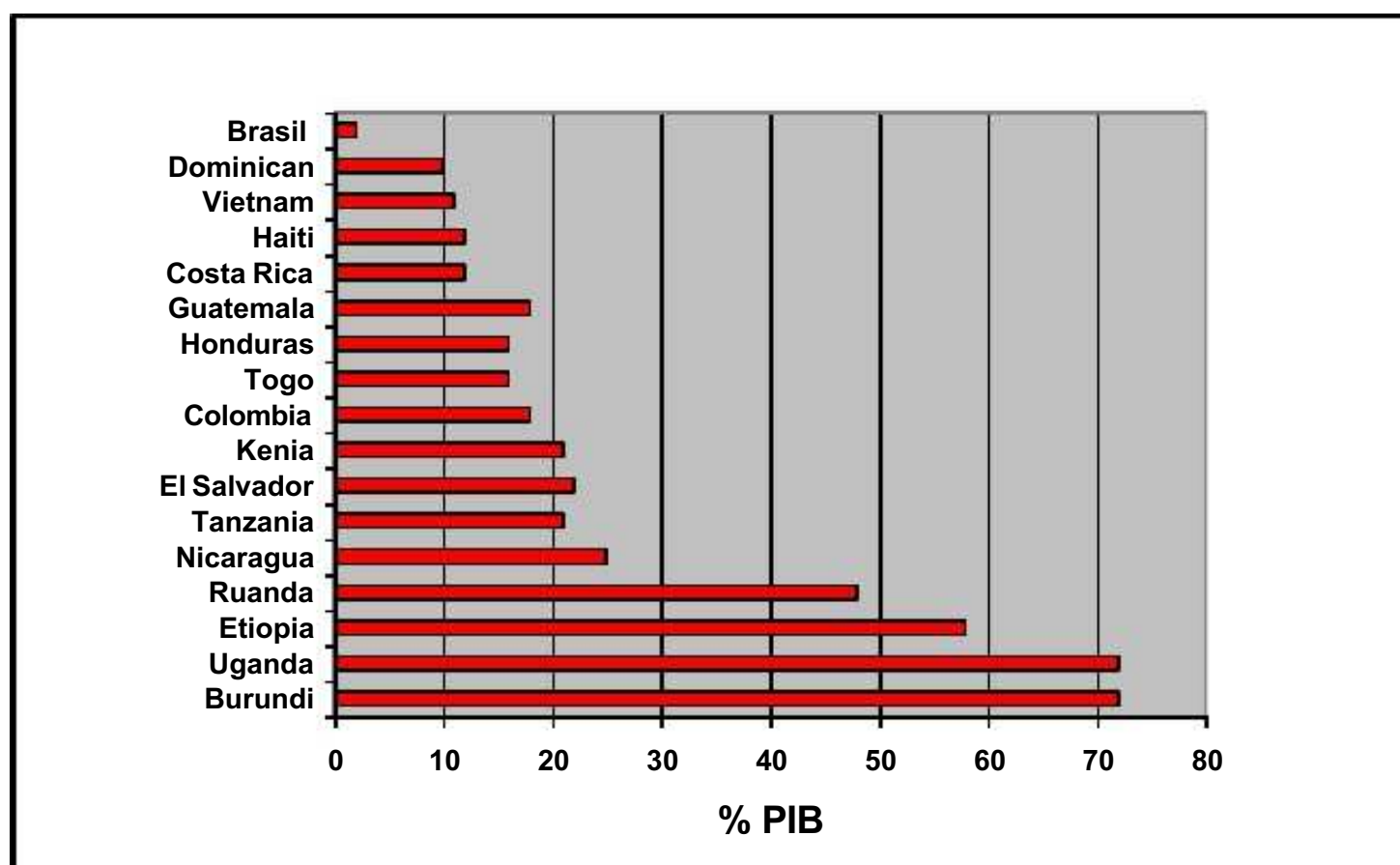
Sin embargo, la privatización de los institutos públicos del café, reconfirma el mercado de las grandes corporaciones, que eran las que celebraban los grandes

preferentemente a General Foods). Esta recomposición abarca tanto el mercado de físicos (mercancía) como financieros.

El problema del financiamiento de la cadena cafetalera y el desarrollo de nuevas formas de mercado, queda planteado en el reacomodo de los diferentes actores. Tal vez la excepción es la Federación Nacional de Cafetaleros (FNC) de Colombia, que en cambio decidió proteger a sus miembros, cayendo en grandes déficits, al garantizar precios mínimos al café y almacenar grandes cantidades de café.

Las agroindustrias cafetaleras que se habían desarrollado bajo este régimen controlado y protegido por los diferentes estados, sufrieron terribles problemas estructurales y financieros, como sucedió en África y Asia, debido a su alta dependencia sobre las divisas necesarias para su crecimiento (Figura 15).

Figura 15. Porcentaje del PIB por ingresos del café



Fuente, Dicum, 1999.

2.1.4. Conglomerados transnacionales en el mercado del café

El sistema agroindustrial del café se caracteriza por un importante proceso de concentración en casi todas sus etapas de producción, y es tal vez, sólo en sus extremos (la producción de materia prima y el consumo final) donde no sólo se encuentra altamente fragmentada, sino también diferenciada.

Durante los acuerdos de producción por cuota, los países productores celebraban acuerdos comerciales con comercializadoras o corporaciones para colocar su cuota de café. La mayoría de los Estados reservaba una cantidad de producción de la cuota para sus propias organizaciones, y otra cantidad para los grandes productores nacionales que siguieron celebrando contratos con comercializadoras

El consecuente desplome de los precios del café a su mínimo histórico, llevó a países con alta dependencia económica del café a una búsqueda intensa de créditos con las instituciones mundiales. El dinero se vuelve caro, incluso para los exportadores (brokers), los cuales surgen como agentes de crédito para garantizar el corte de café y el abasto a las grandes torrefactoras. De esta forma surge el capital transnacional como principal actor de la producción en los 90s. Por ejemplo, la primera procesadora y comercializadora de café de Costa Rica, La Meseta, se declaró en bancarrota en 1989, y ahora trabaja con capital de Jacobs Suchard que pertenece a Philip Morris, la tercera en tamaño, Aguilar y Cía. y cuarta, Monte Alegre, trabajan con Volkert, multinacional alemana (Paige1999); en México fue la presencia de Becafisa (Volcafé) y Tiasa (Omnicafé) (Trujillo, 2000). La desaparición de muchos exportadores como Van Ekris de Nueva York, Multitrade and Sacks de Ámsterdam, Bunge de Amberes, etc., se debió en buena parte a su falta de acceso al crédito (Renard, 1999).

2.2. Importancia nacional

2.2.1. Antecedentes

La producción y uso del café como bebida en México tiene sus antecedentes en la última década del siglo XVIII. El café se introdujo a México, procedente de Cuba, hacia 1790, siendo Córdoba, Veracruz, una de las primeras regiones donde se cultivó el grano. En fechas posteriores, procedente de Guatemala, se introdujo al Soconusco, Chiapas (1828) y a Michoacán (1835) se trajeron semillas provenientes del puerto de Mokka en el Yemen (Pérez y Díaz, 2000).

El cultivo del café se arraiga en regiones de las vertientes del Golfo de México y el Pacífico, quedando desde muy pronto ligado su desarrollo al mercado internacional, con las primeras exportaciones realizadas entre 1802 a 1805 (Ramírez, 1988). En este mismo periodo hacia 1880, el café se consolida como una mercancía importante del comercio mundial y en México se amplía su cultivo en diferentes regiones.

Este cultivo constituye la fuente de divisas agrícolas más importante para el país, y se coloca en el 5° lugar mundial como productor del grano; lo superan Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam; México aporta el 5% de la producción que ha fluctuado en los últimos años en alrededor de cinco millones de sacos (CMC, 2002).

2.2.2. Estados productores y superficies

La importancia del café en México se extiende en 12 estados productores, 56 regiones, 382 municipios y 4326 comunidades; el cultivo ocupa una superficie, reportada por el Censo Cafetalero del INMECAFE en 1992, de 761 162 hectáreas distribuidas entre 282 590 cafeticultores, (Cuadro 8).

Cuadro 8. Municipios, localidades, superficies y productores de café en México

Estado	Municipios	Localidades	Superficie (ha)	Productores	Superficie media (ha)
Colima	5	28	2 776	783	3.54
Chiapas	68	1418	228 254	73 741	3.09
Guerrero	13	73	50 773	10 497	4.83
Hidalgo	22	473	42 403	25 630	1.65
Jalisco	10	10	3 060	597	5.12
Nayarit	7	49	18 731	3 729	5.02
Oaxaca	119	771	173 765	55 290	3.14
Puebla	52	442	62 649	30 973	2.02
Querétaro	1	3	355	248	1.43
S. L. P.	9	247	23 702	12 920	1.83
Tabasco	2	29	2 236	955	2.34
Veracruz	74	783	152 457	67 227	2.26
Total	382	4326	761 161	282 590	2.69

Fuente: elaborado a partir de INMECAFE, 1991; Santoyo *et al.*, 1994; Moguel y Toledo, 1999; CMC, ...2002.

Sin embargo, esta información está en proceso de actualización a través de la depuración del Censo Nacional Cafetalero, que es realizado por Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), con colaboración del Consejo Mexicano del Café, los Consejos Estatales y Regionales del Café, la SAGARPA y la Universidad Autónoma Chapingo (CRUO/CENIDERCAFE). El avance nacional del censo, a febrero del 2002, es del 60%, y en este año se tendrán los resultados definitivos. Cabe señalar que el padrón emergente, elaborado en el año 2001, arrojó 393,885 productores, de un total de 499,844 solicitudes (ASERCA, 2002)

Aunado a lo anterior, más del 80% de la producción nacional de café se obtiene en seis entidades: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero e Hidalgo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Producción por estado y ciclo (miles de sacos de 60 kg)

Estado	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01
Chiapas	1304.39	1449.08	1742.60	1573.39	1551.18	2152.30	n.d.
Veracruz	1053.31	1571.70	1173.73	1392.38	1333.96	1561.20	n.d.
Oaxaca	663.53	764.34	736.41	490.22	624.75	810.10	n.d.
Puebla	617.31	905.69	809.93	820.25	758.40	920.60	n.d.
Guerrero	167.13	223.87	231.02	202.75	198.18	211.24	n.d.
Hidalgo	149.63	170.90	190.21	154.85	119.65	279.87	n.d.
S. L. P.	75.20	81.00	74.91	46.27	43.68	120.58	n.d.
Nayarit	99.23	100.34	109.53	90.87	92.29	99.84	n.d.
Jalisco	6.64	8.47	9.38	7.67	6.76	14.91	n.d.
Tabasco	7.18	7.28	7.22	6.59	5.85	6.01	n.d.
Colima	14.38	15.52	13.59	14.05	14.37	15.24	n.d.
Querétaro	1.74	1.75	1.37	1.63	0.93	0.94	n.d.
Total	4159.67	5300.02	5099.90	4800.92	4750.00	6192.97	3350.52

Fuente: Castillo *et al.*, 2000.

Una de las características distintivas de la cafeticultura mexicana es su contraste en todas las etapas de la cadena productiva. En efecto, un elemento que sustenta la marcada diferencia es la polarización en el tamaño de los predios por cafeticultor. Así, el 99% de los productores cafetaleros en México, el 5% de los productores cafetaleros...

mientras en el otro extremo, el 0.1% de más de 50 ha, constituyen el reducido grupo de grandes finqueros (Cuadro 10). Este contraste no es tan marcado si se considera la superficie promedio por productor en cada estado (Cuadro 9). De esta forma, la superficie promedio mayor se tienen en Jalisco y Nayarit (5 ha), un poco menor en Guerrero (4.8 ha) y la más baja en Querétaro (1.4 ha), en los principales estados productores la superficie promedio por productor es de dos a tres hectáreas. Este hecho que aparentemente es factor de fragilidad por el grado de fragmentación de los predios, puede ser una ventaja, sobre todo si consideramos el cuidado de tipo artesanal que se da a la producción, lo que permite ofrecer un valor agregado.

Cuadro 10. Estructura de las explotaciones de café en México

Estratificación (ha)	Productores		Superficie	
	Número	%	Hectáreas	%
0.01 - 2.0	194 716	68.9	247 480	32.5
2.01 - 5.0	64 617	22.9	229 623	30.2
5.01 - 20.0	22 017	7.8	199 519	26.2
20.01 - 50.0	815	0.3	25 991	3.4
Más de 50.0	425	0.1	58 548	7.7
Total	282 590	100.0	761 161	100.0

Fuente: Escamilla y Díaz, 2002.

La importancia del café no sólo radica en el monto de las divisas que genera, sino por ser una de las mayores fuentes generadoras de empleo en el medio rural, en particular en las comunidades marginadas enclavadas en las serranías, donde cerca de 300 mil familias dependen del grano. Genera más de 700 mil empleos directos e indirectos, de los que dependen más de 3 millones de personas que participan en todo el sistema agroindustrial; una cosecha de 4.7 millones de sacos genera más de 60 millones de jornales. El café ha ocupado el 9% de la fuerza de trabajo empleada en la agricultura nacional (Cafés de México, agosto del 2001).

El café es un cultivo de enorme trascendencia desde el punto de vista, no sólo económico y social, sino cultural y ecológico. Una parte importante de la producción de café en México es realizada por población indígena, que representa el 65.5% (185 000 productores); de los 382 municipios cafetaleros, 200 presentan población indígena (25% o más de su población) y dentro de éstos 94 son indígenas (con más del 75% de la población hablando una lengua diferente al español). Dentro de este sector están representadas casi 30 etnias entre los que destacan: zapotecos, mixes, chinantecos, cuicatecos, mazatecos, mixtecos, náhuas, otomís, tepehuas, totonacas, popolucas, chatinos, mames, tzetzales, tzotziles, zoques, tojolabales, huicholes, tenek, choles y tlapanecos. Es obvia la importancia cultural de estos grupos, que se han desarrollado en torno al café, con una gran riqueza y diversidad de valores, creencias y conocimientos (Moguel y Toledo, 1999).

2.2.3. Tipos de café producidos

2.2.3.1. Los cafés lavados

Estos cafés se obtienen sometiendo a la cereza de café al llamado proceso húmedo, método húmedo o simplemente vía húmeda.

Este método hace que el mucílago o sustancia pegajosa y babosa que rodea al grano de café, sea totalmente desprendida mediante diversos procesos químicos que tienen lugar durante la fermentación que se desarrolla en grandes tinajas, generando internamente en los granos, las sustancias que producirán los aromas y sabores durante el tueste del grano.

2.2.3.2. Los cafés naturales

Se obtienen mediante el llamado método o proceso seco. Este consiste en la exposición directa al sol, para que las cerezas comiencen a perder la humedad, por la evaporación de los líquidos y algunas mieles, debiendo tenerse cuidado en lograr una adecuada rotación de las cerezas expuestas al sol. Esta exposición al sol normalmente es de 8 a 15 días, dependiendo de la intensidad y el periodo de insolación.

2.2.3.3. Los cafés semilavados

Por lo general, los cafés semilavados fueron inicialmente, procesados por el método seco; posteriormente fueron sometidos a rehidratación, mediante la inmersión en agua limpia durante uno o dos días, hasta que la cáscara y la pulpa, absorbiera nuevamente suficiente humedad. Estos cafés tienen la característica muy particular de que de ellos se obtendrán cafés con una mayor cantidad de cafeína, casi similar a la de los cafés naturales.

2.2.4. Calidades mexicanas de los cafés verdes

Las Normas Mexicanas establecen que los cafés verdes mexicanos se clasifican, para su comercialización, en once calidades.

a) Estrictamente altura

Altura mayor a 900 msnm. Bouquet (aroma) rico; acidez completa; cuerpo completo; sabor completo o redondo.

b) Altura

Altura mayor a 900 msnm. Bouquet de completo a rico; acidez de pronunciada a completa; cuerpo de fuerte a completo; sabor de pronunciado a completo o redondo.

c) Extra prima lavado

Altura de 700 a 900 msnm. Bouquet completo; acidez de pronunciada a completa; cuerpo de bueno a fuerte o hasta completo; sabor de medio a pronunciado.

d) Prima lavado

Altura de 600 a 900 msnm. Bouquet de notorio a completo, sin llegar a rico; acidez de media a pronunciada, sin llegar a completa; cuerpo regular, bueno o hasta fuerte, sin llegar a ser completo; sabor medio.

e) Buen lavado

Altura de 600 a 900 msnm. Bouquet de débil o flojo a notorio, sin llegar a completo; acidez de débil a ligera; cuerpo de ligero a regular; sabor de débil a medio.

f) Lavado

Sin referencia sobre altitud. Bouquet de dañado hasta rico; acidez de ausente a completa; cuerpo de ligero a completo; sabor de impuro a completo.

g) Desmanche

Sin referencia sobre altitud. Bouquet de dañado hasta rico; acidez de ausente a completa; cuerpo de ligero a completo; sabor de impuro a completo.

h) Natural tipo A

Sin referencia sobre altitud. Bouquet de dañado hasta rico; sin referencia sobre acidez; cuerpo de ligero a completo; sabor de impuro a completo.

i) Natural tipo B

Sin referencia sobre altitud. Bouquet de dañado hasta rico; sin referencia sobre acidez; cuerpo de ligero a completo; sabor de impuro a completo.

j) Robusta lavado

Sin referencia sobre altitud. Bouquet de dañado hasta rico; acidez de ausente a completa; cuerpo de ligero a completo; sabor de impuro a completo.

k) Robusta natural

Sin referencia sobre altitud. Bouquet de dañado hasta rico; acidez de ausente a completa; cuerpo de ligero a completo; sabor de impuro a completo.

2.2.5. Impacto económico de la producción y comercialización de café

La primacía de México como productor de café orgánico es incuestionable, es un proceso que se mantiene e incluso presenta una tendencia creciente, sobre todo bajo las actuales condiciones de precios extremadamente bajos. El café orgánico mexicano tiene una amplia aceptación en el mercado internacional. Con base en su alta calidad, en el ciclo 1996-1997 se cotizó 36 dólares arriba del precio por quintal de café convencional. La producción de café orgánico en el ciclo 1999-2000 fue de 628 276 sacos de 60 kg de café oro, de éstos, alrededor de 421,906 sacos están certificados como orgánicos y el resto están en transición. Actualmente mantiene un sobreprecio mayor a 10 dólares, y si se vende en el Comercio Justo o solidario puede alcanzar precios superiores a los 120 dólares por quintal.

Los principales mercados del café orgánico son: Estados Unidos, Alemania, Holanda, Suiza, Japón, Italia, Dinamarca, España, Francia, Australia, Inglaterra y Bélgica. El café orgánico tiene un sobreprecio de 10 dólares. El café en Mercado Justo se vende arriba de los 120 dólares el quintal, sin embargo, es un mercado muy restringido.

Cuadro 11. Indicadores de la cafeticultura orgánica en México

Indicadores	Cantidades
Superficie cultivada orgánica	56 263.79 ha
Superficie orgánica certificada	37 941.20 ha
Superficie orgánica en transición	18 322.54 ha
Participación en la superficie total cultivada con café	8.28%
Producción	37 696.74 t
Mano de obra requerida	148 jornales/ha
Rendimiento	0.67 t/ha
Productores	18 011
Valor de la producción	68 022 238.83 (pesos)
Divisas generadas	27 082 102.16 (dólares)

Fuente: Gómez *et al.*, 2000.

2.2.5.1. Comercialización del café

El 90% del café en México se comercializa a través de intermediarios, representa una área de oportunidad importante para que el productor primario pueda simplificar y participar en este proceso, a fin de apropiarse de una parte del valor que se genera en el mismo (Figura 16).

Actualmente, tan sólo el 10% de la producción del aromático mexicano se comercializa vía organizaciones de productores, por lo que se requiere un mayor impulso a este tipo de organización para que el productor pueda ser partícipe directo de los beneficios económicos que se generan en el proceso (Figura 17).

Figura 16. Comercialización del café vía intermediarios

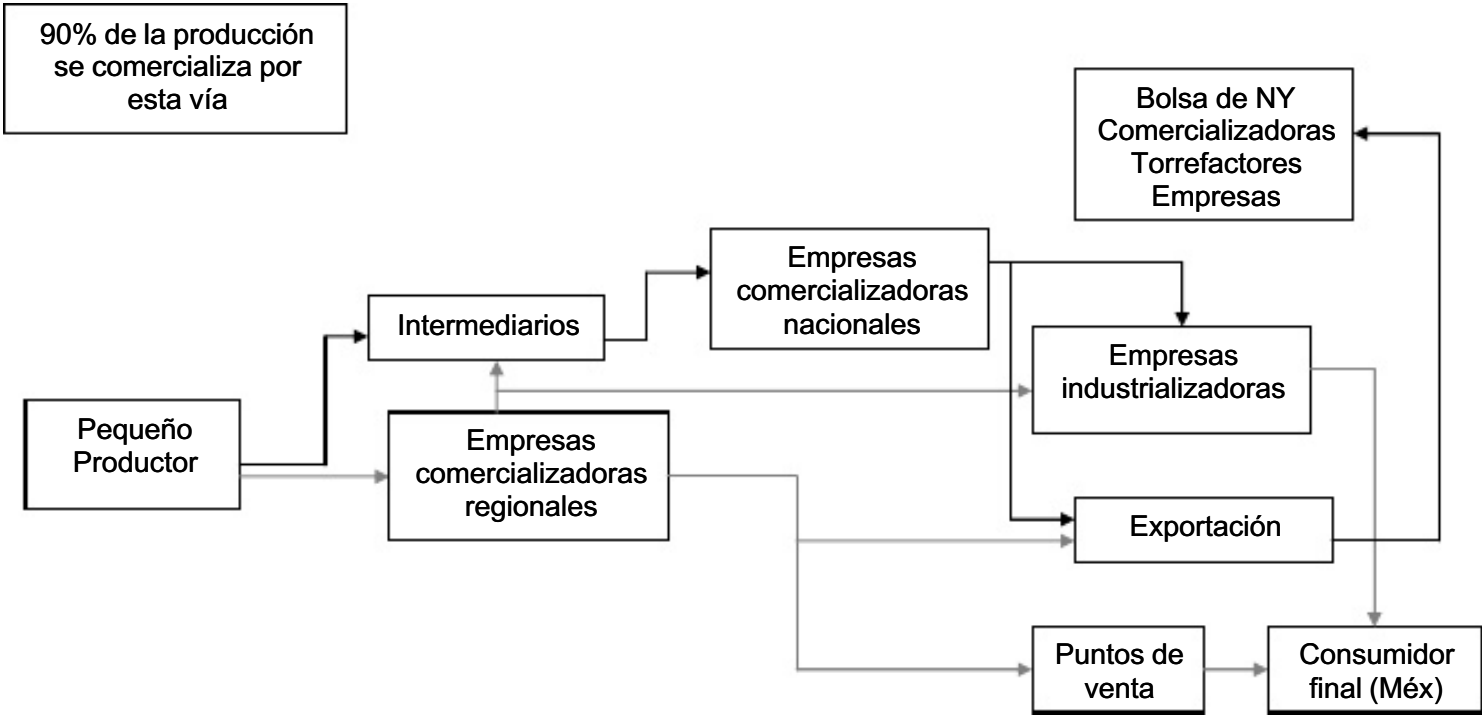


Figura 17.Comercialización del café vía organizaciones de productores

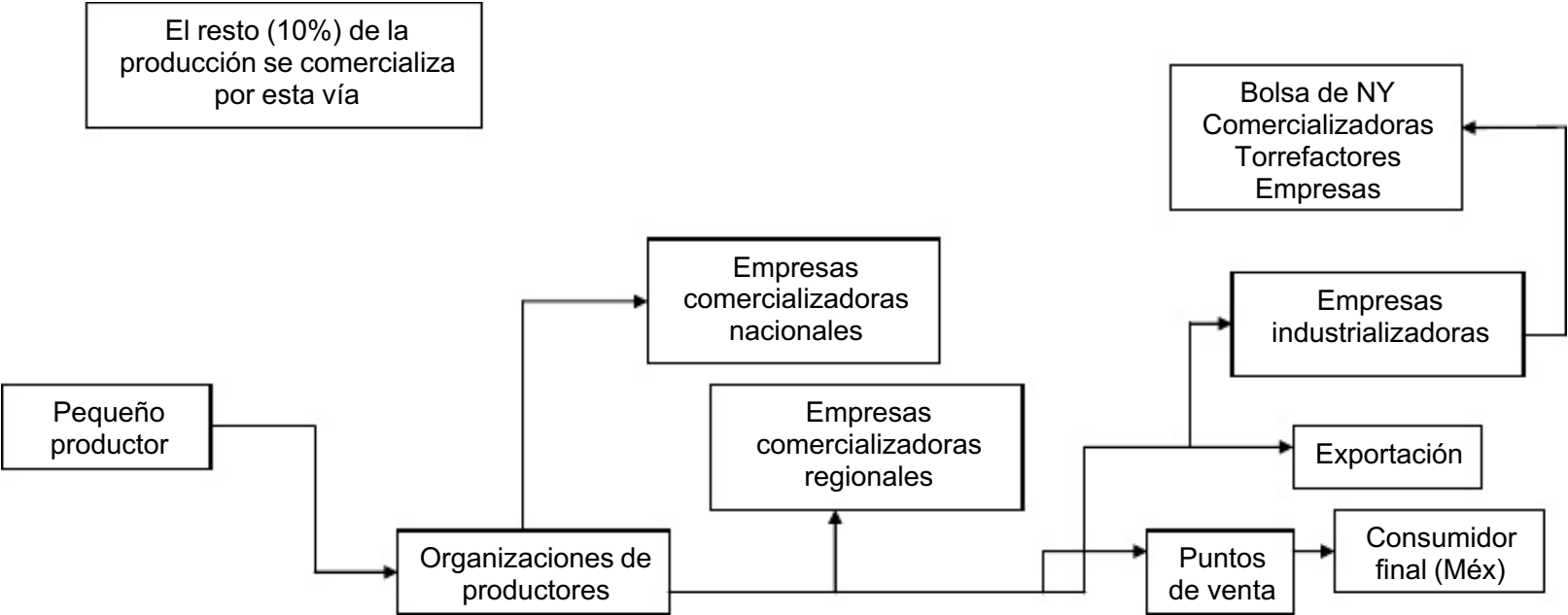
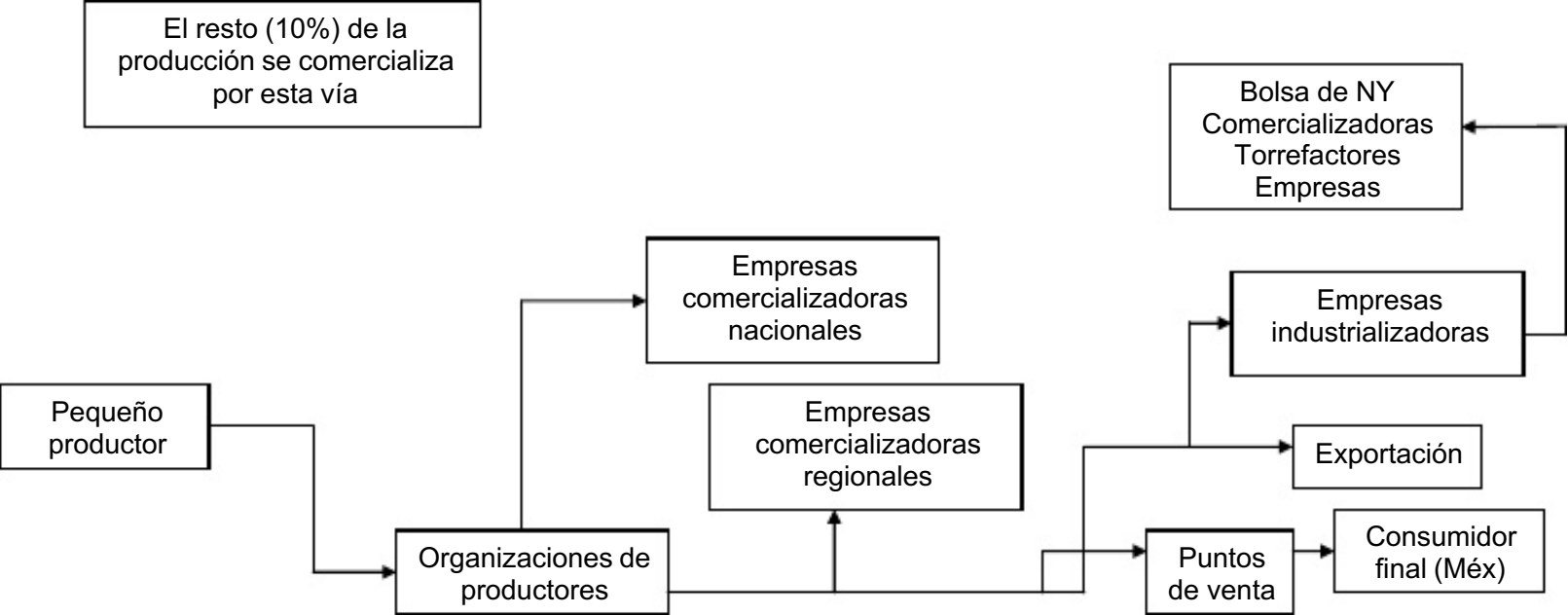


Figura 17.Comercialización del café vía organizaciones de productores



2.2.5.2. Exportaciones de café

Este grano contribuye con más de la tercera parte de las divisas generadas por el sector agropecuario y la cuarta en las exportaciones totales del país, sólo superado por el petróleo, el turismo y la metalurgia. Aportó en las últimas dos décadas, el 35% del valor de las exportaciones agrícolas y ocupó el 5° sitio por superficie cosechada, antecedido sólo por maíz, frijol, sorgo y trigo.

La generación de divisas por exportación en el periodo 1989-1999, tuvo fluctuaciones de 260 millones de dólares (1991-1992) hasta 850 millones de dólares (1996-1997). Aunque su aportación al total de productos exportados, incluidos el petróleo y las maquiladoras, sea cercano al uno por ciento (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 12. Generación de divisas de las exportaciones recientes de café

Ciclo cafetalero	Volumen (sacos de 60 kg)	Valor (Miles de dólares)
1998-1999	4 084 589	550 821

2.2.5.2. Exportaciones de café

Este grano contribuye con más de la tercera parte de las divisas generadas por el sector agropecuario y la cuarta en las exportaciones totales del país, sólo superado por el petróleo, el turismo y la metalurgia. Aportó en las últimas dos décadas, el 35% del valor de las exportaciones agrícolas y ocupó el 5° sitio por superficie cosechada, antecedido sólo por maíz, frijol, sorgo y trigo.

La generación de divisas por exportación en el periodo 1989-1999, tuvo fluctuaciones de 260 millones de dólares (1991-1992) hasta 850 millones de dólares (1996-1997). Aunque su aportación al total de productos exportados, incluidos el petróleo y las maquiladoras, sea cercano al uno por ciento (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 12. Generación de divisas de las exportaciones recientes de café

Ciclo cafetalero	Volumen (sacos de 60 kg)	Valor (Miles de dólares)
1998-1999	4 084 589	550 821
1999-2000	5 137 902	668 979
2000-2001	3 350 521	291 427

Fuente: Cafés de México, octubre 2001.

Cuadro 13. Participación del café en la exportación reciente de productos en México

Año	Exportaciones (Millones de dólares)			Participación (%)	
	Totales (1)	Agropecuarias (2)	Café (3)	3/1	3/2
1999	136 391.1	3925.9	1336	0.98	34.03
2000	166 424.0	4262.7	1523	0.92	35.73
Promedio	151 407.6	4093.3	1429.5	0.94	34.91

Fuente: Escamilla y Díaz, 2002.

México exporta el 83% de la producción nacional, y por su cercanía geográfica, el 81.1% de las exportaciones son a los Estados Unidos. Esta situación se considera una ventaja comparativa, ya que este país absorbe el mayor volumen de importaciones de café en el mundo, lo que facilita la exportación y comercialización del café mexicano y, permite la generación de divisas a un costo menor. El resto de mercados para las exportaciones mexicanas, lo constituyen la Unión Europea con el 15%, Asia y Oceanía en un 2% y Sudamérica con el 1%.

2.2.6. Consumo de café

El mercado mexicano de café es muy reducido, el consumo de café es bajo, en promedio 770 gr *per cápita* durante el periodo 1994-1998 (Cuadro 14), que refleja el bajo consumo en nuestro país, del 17 al 19% de la producción

nacional se destina para el consumo interno; el más alto consumo histórico se registró en el ciclo 1985-86, en el que se destinaron 1.7 millones de sacos para el consumo doméstico. México, siendo el quinto productor mundial, ocupa el vigésimo primer sitio como consumidor dentro de los países productores.

Cuadro 14. Consumo interno de café en México

Concepto	1994	1995	1996	1997	1998
Consumo interno total (kg)	81633720	54420900	76271940	73362120	71459280
Consumo interno total (sacos de 60 kg)	1360562	907015	1272199	1222702	1190988
Población mexicana (habitantes)	89515012	91120433	92760601	94430292	96130037
Consumo <i>per cápita</i> anual (kg/habitante)	0.9120	0.5972	0.8222	0.7769	0.7434

Fuente: CMC, 2002.

El tipo de café más consumido en nuestro país es el soluble, en una proporción de alrededor del 72%; representa el 81% del valor de las ventas de café industrializado. El café soluble es producido por nueve empresas, siendo Nestlé la de mayor participación en el mercado, seguida por General Foods. El 28% del café consumido por la industria nacional corresponde a café tostado y molido.

2.2.7. La calidad del café y su comportamiento en el mercado

La calidad de un producto se detecta a través de varias facetas, al enfocarse solamente a una o ciertas características, podría correrse el riesgo de perder la visualización de otros aspectos de importancia. La Norma ISO 8402, define como calidad de un producto o servicio: la totalidad de elementos y características que sustentan su calidad o su capacidad de satisfacer una necesidad.

Desde la perspectiva del consumidor, varios aspectos de calidad deben ser considerados y distinguidos, como:

- Calidad efectiva o intrínseca: Corresponde a la variedad e intensidad de componentes, características y atributos propios del producto.
- Calidad certificada: Elemento importante basado en la calidad estandarizada, asociada en el contexto de un sistema de aseguramiento de calidad, que da garantía y certidumbre de la calidad del producto.
- Calidad inducida: Basada principalmente en la experiencia particular del consumidor.
- Calidad potencial: El incremento potencial de calidad esperado.
- La expectativa particular del consumidor de calidad.

En café, la calidad intrínseca que presenta el producto se evalúa en dos aspectos principales:

- Características físicas del grano (tamaño, forma, color, imperfecciones, defectos y sanidad), y
- Características sensoriales, conocidas como catación o evaluación en taza (aroma o *bouquet*, acidez, cuerpo y sabor).

Ambos aspectos son importantes, pero el segundo, generalmente es el de mayor influencia en la evaluación, con base en la intensidad que presente en sus distintos atributos.

En café, los elementos determinantes para tener una buena calidad intrínseca están relacionados con:

- Ubicación geográfica (latitud y altitud) y condiciones climáticas y ambientales (temperatura, precipitación en cantidad y distribución anual, intensidad luminosa y características del suelo).
- Especies y variedades de café cultivadas.
- Atención y adecuadas prácticas culturales del cultivo.

Por la ubicación geográfica, condiciones ambientales, zonas destinadas al cultivo y especie de mayor producción de café, que presenta México (*C. arabica*) por naturaleza, contamos con la producción de café de la más alta calidad intrínseca que se cotiza a nivel mundial.

Aunado a lo anterior, México también cuenta con diversas variedades de café y de micro regiones ambientales que permiten contar con “café diferenciados” de alta calidad, con características físicas y atributos sensoriales específicos, que cubren, si no todos, la mayoría de los atributos sensoriales que requieren las empresas tostadoras, solubilizadoras y expendedoras de bebidas de café, para satisfacer los diversos gustos de los consumidores finales del producto.

En México, cada uno de los aspectos de calidad señalados inicialmente, han sido y están siendo atendidos desde 1995. Nuestro país ha implementado diversas acciones y programas relacionados principalmente con:

- El mejoramiento y renovación de cafetales con variedades mejoradas.
- La sustitución de cafetales en zonas marginales.
- El fortalecimiento de campañas contra enfermedades y erradicación de plagas.
- La modernización tecnológica de la transformación del grano (beneficiado).
- La definición de normas oficiales de calidad de café en sus distintos productos.
- Establecimiento de sistemas de certificación de calidad del producto, así como de procesos y de personas.

A la fecha ya se cuenta con un gran avance en estas acciones y con resultados y productos satisfactorios que, en primer término, fortalecen la calidad del café que produce México, dan aseguramiento de su producción y calidad actual y a futuro (ACERCA, 2002).

2.2.8. Escalas y normas de clasificación

a) Norma Mexicana de Café Verde

La norma utilizada en México hasta la actualidad es la **Norma Mexicana de Café Verde**, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 11 de Abril de 1991. En dicho decreto se señala que esta norma es:

“... aplicable al café verde, independientemente del método de producción y beneficio por el cual fue obtenido e indistintamente de que sea canalizado a cualquier mercado facilitando así las transacciones comerciales.”

Esta norma ha trabajado sobre el supuesto de un mercado internacional que requiere de un producto homogéneo en grandes cantidades, y a una época en que las transacciones comerciales estaban reguladas por los gobiernos nacionales y la cláusula económica de la OIC. La diferenciación actual del mercado con su proliferación de etiquetas sin control ni certificación, los diversos orígenes del café donde ahora sí importan sus formas de producción y beneficio, y donde las exigencias de calidad se han elevado considerablemente, hacen necesaria una actualización en las normas mexicanas.

b) Escala de catación para cafés finos

La importancia de las escalas actuales para la evaluación sensorial del café, se refleja en el hecho de que ya el 17% de las importaciones de café de Estados Unidos son de cafés finos (Giovannucci, 2001), cuyos estándares de calidad son mucho más altos que los del café convencional. A diferencia de la Norma Mexicana que tiene una escala de 1 a 5 y califica sólo cuatro aspectos, la escala de catación para cafés finos califica seis aspectos en una escala de 1 a 10: a) fragancia; b) aroma; c) cuerpo; d) acidez; e) sabor; y f) resabio. Adicionalmente se agregan o se quitan hasta cinco puntos del total de las seis características de acuerdo al balance entre ellas, y, finalmente, se agregan 50 puntos a la calificación total (Boot, 2001). Con este procedimiento la escala queda como sigue:

>90 = excelente, 80-90 = aceptable, 75-80 = cuestionable y <75 = no aceptable

El otro aspecto que se toma en cuenta para la evaluación sensorial de los cafés finos, es una evaluación cualitativa denominada perfil del sabor, muy ligado a las características de origen geográfico del café y que consiste en la detección e identificación de las notas de fragancia, aroma y sabor que les confieren características especiales a estos cafés como: floral, caramelo, vinoso, madera, miel, especias y frutas entre otros.

El éxito en la exportación de estos cafés dependerá de su calidad en la escala de catación, su perfil de sabor y la aceptación que tenga entre los consumidores *gourmet* de este mercado, aceptación que depende en mucho de la capacidad mercadotécnica del oferente.

2.2.9. Programas implementados para apoyo de la cafeticultura

La política implementada por parte del Consejo Mexicano del Café, A.C. (CMC), está basada principalmente en tres vertientes: reestructuración del Consejo, la implementación de una política cafetalera clara, transparente, concensada y de largo plazo, en cuanto a las políticas de producción, certificación, denominación de origen, aumento de calidad y aumento del consumo interno, y en tercera instancia reposicionar al Consejo no sólo en el ámbito mundial, sino también internamente.

La nueva filosofía de los programas gubernamentales en este nuevo marco va enfocada hacia el objetivo común de integrarse en la cadena del valor agregado, aunado con la creación de una cultura en la calidad obtenida como instrumento de mejoramiento de los diferenciales, que se aplican como castigo al precio por factor de calidad; además, cabe mencionar que los nuevos programas gubernamentales llevan un enfoque destinado a la promoción del café.

Entre los diversos programas y acciones a implementarse por el Ejecutivo Federal a través del Consejo en materia de apoyo y fomento a la cafeticultura se encuentran:

a) Padrón nacional cafetalero 2001-2002

Un padrón confiable que permita dar certidumbre a la canalización de apoyos federales, dando transparencia, orden y eficacia en las acciones del gobierno.

Cabe mencionar que éste será un padrón que se estará actualizando y verificando año con año, para otorgar los apoyos a los verdaderos productores de café.

b) Fondo emergente para el levantamiento de la cosecha 2001-2002

Es un paquete financiero a instrumentarse por el Gobierno Federal, a través de la SAGARPA y el CMC, considerando recursos que serán canalizados en dos etapas: la primera en zonas cuya cosecha se da en los meses de septiembre-diciembre 2001 (zonas bajas), y la segunda de enero-abril 2002 (zonas altas), dichos recursos se entregarán condicionados a que los productores estén registrados en el padrón de productores del censo nacional.

c) Fondo de estabilización de precios

Este fondo constituye un mecanismo permanente de promoción y apoyo, sin precedentes, para los productores de café durante los ciclos cafetaleros en que el precio internacional del café se mantenga por debajo de los niveles de referencia contenidos en las Reglas de Operación de este fondo. El apoyo consiste en la entrega de recursos económicos a los productores, recuperables en las épocas en que el precio del aromático alcance niveles que permitan

rentabilidad suficiente para que estos puedan a su vez reintegrar los apoyos recibidos y, así, establecer un ciclo permanente de uso de los recursos que integren el fondo mediante sistemas financieros que permitan un manejo confiable y transparente.

d) Programa de mejoramiento de la calidad del café mexicano

Considera el retiro del 5% de café de baja calidad de la oferta nacional, con el propósito de influir en el incremento del consumo, la eliminación de castigos a la calidad, la eventual recuperación de los precios internacionales, además de mejorar la presencia del café de México en los mercados internacionales y elevar los estándares de calidad del café.

De acuerdo al cumplimiento de compromisos internacionales (OIC y APPC), se contempla el retiro definitivo y la pulverización de 150 mil sacos de café de inferior calidad para la cosecha 2001-2002, contándose para ello con bodegas de acopio en los estados donde se concentra la mayor parte de la infraestructura para la exportación.

e) Campaña integral de promoción genérica del café de México

Se están implementado estrategias de promoción, de alcance tanto nacional como internacional, conjuntado los esfuerzos y recursos de todo el sector cafetalero nacional, así como de los gobiernos federales y estatales, a fin de fomentar acciones a corto, mediano y largo plazos, con dos objetivos bien definidos:

- Incremento del consumo interno, y
- Mejoramiento de la imagen del café de México en los mercados internacionales.

Actualmente el CMC, está tomando la batuta ante la ausencia de campañas integrales de promoción para llevar al cabo diversas acciones concretas y continuas de mejoramiento de la producción, integración de valor agregado y en eficientar los procesos de comercialización que permitan responder a la demanda del mercado, con metas específicas como el incremento en el consumo *per cápita* a 2 kg, participación directa de organizaciones de productores en la venta de café en taza, eliminación de diferenciales negativos en mercados de exportación a partir de la calidad prima lavado e identificación de cafés de orígenes específicos de café mexicano en los mercados de especialidad.

Las principales líneas de acción son:

- Participación institucional en ferias y eventos de carácter nacional e internacional, posicionando a México como productor de café de especialidad de alta calidad;

- Participación en eventos de difusión cultural, destacando la importancia de consumir café, pero sobre todo resaltando los efectos benéficos del café en la salud;
- Desarrollo de talleres de degustación y correcta preparación de la bebida, enfocados a la industria restaurantera y hotelera del país, entre otras.

En general, el enfoque de los programas y políticas que en esta nueva era se están implementando, se basa en el apoyo decidido a los cafetaleros, fomentando mecanismos que coadyuven a la estabilidad del sector ante las inconsistencias del mercado, que les permitan generar valor agregado a sus productos además de elevar sus niveles de ingreso.

Con acciones como estas se está impulsando actualmente el proceso de posicionamiento efectivo de la imagen del café en México y el aumento del consumo interno que permita en el mediano y largo plazos la generación de importantes demandas del producto, tanto en el mercado nacional e internacional, que puedan ser atendidas por los propios productores con un mayor valor agregado (ASERCA, 2002).

f) Financiamiento para el establecimiento del beneficiado húmedo del “Café Cereza” con tecnología avanzada para la obtención de café oro

Este proceso está siendo financiado por la Comunidad Económica Europea, con la condición que sea a ellos a quienes se les venda la producción. Para mayores informes consultar a la Subsecretaría para la Pequeña y Mediana Empresa, de la Secretaría de Economía.

2.2.11. FODA: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del café en México

La cafeticultura es una actividad muy compleja en toda su estructura de proceso productivo y de transformación, lo que la hace mayormente vulnerable debido a las recurrentes crisis, a la situación de los precios sumamente volátiles y al rezago social que tienen las diferentes regiones productoras del país.

En este sentido, el Consejo Mexicano del Café ha aumentado sus responsabilidades, ya que por primera vez está manejando recursos centralizados por parte del gobierno a través de los diferentes programas gubernamentales, los cuales se están trabajando en conjunto con los Consejos Estatales y todos los participantes del sector productor, enfocándolos a la búsqueda y desarrollo de las fortalezas que caracterizan al café de México en esta coyuntura.

El sector café está lleno de retos y oportunidades y éste es el momento de aprovechar la oportunidad de iniciar una nueva era con un cambio de actitud, sin dejar de reconocer las debilidades estructurales del sector, así como las amenazas del propio mercado en el corto, mediano y largo plazos.

Se han identificado las principales fortalezas del café en México, que se considera pueden ser aprovechadas para que se reconozca el verdadero valor del producto, tomando en cuenta que tanto el mercado nacional como internacional ofrecen importantes oportunidades. A continuación se señalan algunas de ellas:

2.2.10.1. Fortalezas

- Se tiene cercanía geográfica con el mercado más grande del mundo: Estados Unidos
- Se tienen importantes avances en materia de normalización de la calidad y denominaciones de origen
- La producción nacional es suficiente para abastecer el mercado interno.
- El disponer de gran cantidad de zonas para realizar denominaciones de origen, reconversión productiva a sistemas orgánicos y para el establecimiento de procesos para dar valor agregado más allá del beneficio.

2.2.10.2. Oportunidades

- Hay 100 millones de habitantes, principalmente jóvenes y un consumo *per cápita* creciente.
- La creciente apertura de barras de café, expendios y cafeterías; hace que el café se esté convirtiendo en una moda.
- Nichos de mercado nacional aún no explotados, como café gourmet, cafés fríos y cafés enlatados.
- Día con día se comprueban científicamente los efectos benéficos del café en la salud del cuerpo humano (ASERCA, 2002).
- La excelente aceptación del café mexicano producido en sistemas sustentables.

2.2.10.3. Debilidades

- México, siendo el quinto productor mundial, ocupa el vigésimo primer sitio como consumidor dentro de los países productores.
- Las importaciones de café de Indonesia y Vietnam, llegan a México procedentes de Estados Unidos, Brasil y Ecuador. Éstas se realizan bajo mecanismos que permiten no pagar el 20% de arancel, por el PITEX. Estos cafés son de bajas calidades y se importan a bajos precios, principalmente en época de cosecha del café mexicano, bloqueando la comercialización en el mercado interno y obligando a bajar los precios.

Los beneficiados con estas importaciones han sido las grandes industrias de café que requieren bajas calidades a precios bajos para reducir sus costos.

- Aún no se cuenta con un padrón confiable de productores, por lo que los recursos destinados a impulsar el desarrollo del sector sufren desvíos.
- La organización de productores se ha visto impulsada por la reconversión productiva a sistemas orgánicos, ecológicos, etc., donde los productores participan en el proceso de beneficio y comercialización, así como del control de calidad; sin embargo, aún se tienen regiones donde estas estructuras no se han consolidado, por lo que la comercialización requiere de intermediarios, la producción no considera estándares de calidad y como consecuencia hay demérito en los beneficios económicos y en la calidad del café nacional.
- La producción de café en México se realiza por pequeños productores, con niveles marginales de vida y, por consiguiente, con bajos niveles tecnológicos, que hacen al sector cafetalero uno de los más sensibles a las crisis económicas.

2.2.10.4. Amenazas

- El problema del agua y su relación con el sector cafetalero, debido principalmente a que la vía utilizada para procesar el café se caracteriza por hacer un uso excesivo del recurso, lo que obliga a implementar procesos de beneficio donde el ahorro del líquido sea primordial.
- El no impulsar el desarrollo de las zonas productoras más marginadas, que provocaría mayor rezago en los cafetaleros.
- El deterioro ambiental provocado por la falta de campañas de concientización que incidan sobre los sistemas de producción y beneficio del café.

CAPÍTULO III

VALOR AGREGADO INMEDIATO

El valor agregado del café se puede dividir en tres etapas: la producción primaria, la transformación primaria del café y por último la industria final. A continuación, se hará una descripción de la transformación primaria:

3.1. Valor agregado en la industria de transformación primaria

Se denomina industria de la transformación primaria o industria intermedia, a los procesos de beneficiado húmedo (conversión de café cereza a pergamino) y de beneficiado seco (de café pergamino a verde) que en algunos casos las dos industrias están integradas en una sola empresa. Esta industria juega un papel básico en el proceso de producción y comercialización del café verde, debido a dos aspectos:

- a) A nivel técnico, el buen uso y manejo del beneficio de café permite obtener un producto final de calidad, como lo demandan los consumidores,
- b) A nivel comercial, los beneficios representan el lugar donde coinciden los diferentes actores para realizar sus principales intercambios comerciales.

La producción de café en México, derivada de los tipos de beneficio, se divide en tres grandes rubros:

- Cafés lavados. Son aquellos que recibieron el beneficio húmedo, constituyen el principal tipo de café que produce y exporta nuestro país. Se estima que representa en promedio el 86% del total de café verde, producido durante los últimos años.
- Cafés naturales. Son aquellos que recibieron el beneficio seco. Su participación en la producción corresponde en promedio a cerca del 11 por ciento del total nacional. Este tipo de café, como el anterior, pertenece a la especie *C. arabica*.
- Café robusta. Es el de menor participación en el país, con cerca del 3 por ciento de la producción nacional. Éste resulta ser un café con mayor resistencia a las plagas, un mayor contenido de cafeína y su sabor es más áspero (ACERCA, 2002).

3.1.1. Beneficiado húmedo del café

En el beneficiado húmedo el objetivo es transformar los frutos de café cereza en semillas secas con endocarpio, lo que comúnmente se denomina café pergamino que es el producto final, en esta etapa en la que algunos productores participan en el valor agregado inmediato, el objetivo es obtener un café pergamino de primera que tenga buen aspecto y buen rendimiento, así como características organolépticas notables. El esfuerzo para obtener este producto de primera es cuidar bien los procesos de fermentación y secado,

principalmente, donde un excelente café puede perder sus características de calidad.

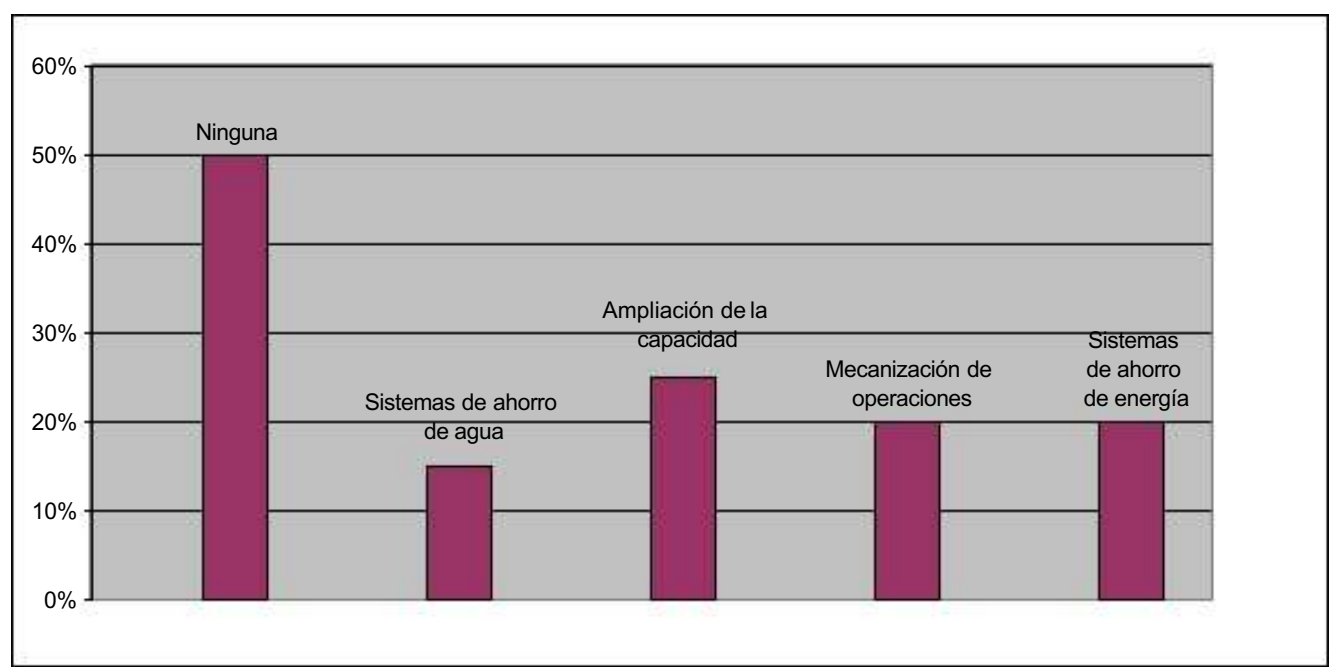
La forma de procesar el café lavado no ha cambiado desde el siglo anterior. El procesamiento de los frutos del cafeto ha seguido una ruta de beneficiado tradicional que comprende básicamente los siguientes pasos: despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado.

En los últimos años se ha venido discutiendo sobre la necesidad de reconvertir esta agroindustria ante la problemática que ha enfrentado, con muy poco éxito.

Sin embargo, la situación ha venido ejerciendo una presión en aumento para que exista un cambio en la ruta tradicionalmente seguida, con mayor fuerza por la depresión de los precios y aumento de los estándares de calidad exigidos internacionalmente, así como por la mayor presión sobre el ambiente en una región cada vez más poblada y con legislaciones ambientales más rigurosas. El problema de los bajos precios internacionales obliga a la transformación primaria del café a reducir sus costos, mientras que el problema ambiental presiona a la agroindustria a causar el menor impacto posible al ambiente. Los dos problemas mencionados son la fuerza de cambio en la ruta tradicional del beneficiado del café.

Una revisión de los principales esfuerzos más recientes, permite observar que se encaminan al mejoramiento de los procesos para asegurar la calidad, a la reducción del uso de agua y el aprovechamiento de los subproductos, de manera cada vez más necesaria y urgente. Sin embargo, la mayoría de los beneficios no ha invertido en el mejoramiento de sus instalaciones como lo muestra la figura 18.

Figura 18. Porcentaje de beneficios con inversión en cuatro aspectos de operación



Después de más de un siglo de operar el beneficio del café, el porcentaje de los beneficios que han invertido en los últimos 10 años lo ha hecho siguiendo

las tendencias actuales de modernización, en México se basan en cuatro aspectos:

- a) Inversiones en sistemas de ahorro de agua mediante la adopción de módulos de beneficiado “ecológico” (UCBE) o sistemas de recirculación de agua, permiten el ahorro en los volúmenes de agua, incluso en algunos beneficios el uso de agua en el transporte es sustituido por el transporte mecanizado en bandas, elevadores neumáticos o de cangilones y tornillos helicoidales.
- b) Ampliación de la capacidad de despulpe y del secado de algunos beneficios, este último representa el principal “cuello de botella” de esta agroindustria, sobre todo en la vertiente del Golfo de México donde la presencia de nublados y alta humedad relativa, en los meses de cosecha no permite el secado al sol plenamente.
- c) La mecanización de las operaciones es una tendencia casi generalizada en los beneficios de mediana y alta escala, tanto para hacer más eficiente las operaciones de carga y transporte de la maquinaria de proceso, así como utilizar menos agua en los beneficios húmedos.
- d) Inversiones para el ahorro de energía mediante el cambio de combustibles principalmente el cambio de uso de diesel para utilizar gas, la inversión en hornos versátiles que permiten usar tanto diesel como gas, leña, pajilla o mezclas de combustibles.

Existe un desaprovechamiento de los subproductos que se desechan del proceso principal: los desechos sólidos (pulpa de café), los desechos líquidos (aguas residuales) y los gaseosos (vapor de agua y gases de combustión). Todos estos residuos constituyen los contaminantes que impactan fuertemente al ambiente y forman parte inherente del proceso de beneficiado del café, y que muestra claramente lo ineficiente de este proceso industrial.

La pulpa desde mediados de los 90s empezó a experimentar un creciente interés para ser usada como abono orgánico, por lo que los beneficios invirtieron para poder aprovechar este subproducto. El proceso de composteo es ya una práctica comúnmente adoptada por la mayoría de los beneficios de café.

3.1.1.1. Problema del agua en los beneficios húmedos del café

El agua es el principal insumo utilizado para el beneficiado del café en la transformación de cereza a pergamino. Principalmente en las operaciones de despulpado (remoción del exocarpio de la fruta), transporte, clasificación hidrodensimétrica y en la remoción del mucílago (ya sea por la vía de fermentación, lavado o desmucilaginado). Por mucho tiempo, hacer un uso de grandes cantidades de agua para tales operaciones, no tenía ningún inconveniente, sin embargo, la sustentabilidad del agua empieza a ser un grave problema.

Por otro lado, se ha empezado a ejercer mayor presión para que todos los gobiernos tomen medidas que permitan asegurar la sustentabilidad del vital

líquido para las generaciones siguientes y disminuir el impacto ambiental generado por los contaminantes vertidos en los cuerpos de agua. Es por esto que el uso del agua cada vez estará más normado y vigilado, como vía para asegurar los volúmenes para el consumo humano y para las actividades productivas como la agricultura, la ganadería y la industria, principalmente.

En México, el problema del agua no es diferente a la situación mundial. El agua es un asunto de seguridad nacional. Los estudios y diagnósticos realizados por instituciones de gobierno y de investigación han revelado también la presencia de contaminantes en alto grado en las principales cuencas hidrológicas, lo cual reduce su potencial para consumo humano y otras actividades productivas. La industria del café aporta gran parte del contenido de contaminantes a los ríos donde se encuentra establecida.

El problema del agua y su relación con el sector cafetalero se debe principalmente a que la vía utilizada para procesar el café se caracteriza por hacer un uso excesivo del recurso; no obstante, el agua utilizada se descarga con los residuos removidos de la fruta en su transformación a café pergamino. Para tener una idea del tamaño de este problema, basta con mencionar que por cada kilogramo de café cereza en fresco que entra al proceso, por lo menos se utilizan 8 litros de agua limpia. En la base de un beneficio de escala intermedia que maneje 1000 Qq por ciclo, el agua estimada para realizar su proceso es de 2'000,000.00 de litros, que se desvían del cauce de los ríos y que al final de esta etapa regresan con una alta carga contaminante; en términos de población equivalente, representa a una ciudad pequeña de 60,000 habitantes. ¿Cuántos beneficios existen en las principales cuencas cafetaleras? ¿Cuál es el impacto ambiental en las cuencas cafetaleras?

La vía para la solución del problema del agua y su contaminación debe ser vista desde la perspectiva de la disminución del uso del agua, el ahorro de energía y el aprovechamiento de los subproductos, en términos concretos, mediante un uso más eficiente del agua durante el proceso y la incorporación de un sistema de tratamiento para disminuir la carga contaminante.

3.1.1.2. Esquema general del beneficiado húmedo

El beneficio húmedo es un proceso que se realiza principalmente en instalaciones semindustriales e industriales pertenecientes a fincas u organizaciones de productores, y en menor proporción en instalaciones de tipo familiar. Comprende básicamente las siguientes etapas:

a) Recepción de materia prima

El café, una vez cosechado, se deposita en costales de Ixtle o de plástico, con capacidad de 50 y 100 kg, respectivamente, y se transporta al beneficio; a la llegada del café se pesa para llevar el control del producto que se recibe; posteriormente se prosigue al vaciado de los costales en el sifón alimentador de la despulpadora, en el momento de vaciado el encargado de la compra verifica la calidad de las cerezas.

b) Limpieza

Consta de la separación por densidad de granos verdes, vanos, secos e impurezas de la cereza, mediante el uso de un sifón con recirculación de agua por un periodo de 4 días.

c) Despulpado

Esta operación consiste en la eliminación de cáscara (epicarpio) y parte de las mieles (mesocarpio) que envuelven a los granos por medio del despulpador.

Los subproductos del grano serán aprovechados según convenga. Luego de esta operación se obtiene el café despulpado.

d) Clasificación

El clasificado se realiza a la salida de la despulpadora y consta de separar el fruto no despulpado del café, mediante un tambor rotatorio ranurado, que permite sólo el paso del café sin pulpa. Después, el café sin despulpar es llevado nuevamente al alimentador de la despulpadora.

e) Remoción de mucílago y lavado

Consiste en desprender el mucílago por fricción, realizando el lavado del café despulpado, simultáneamente con agua a presión.

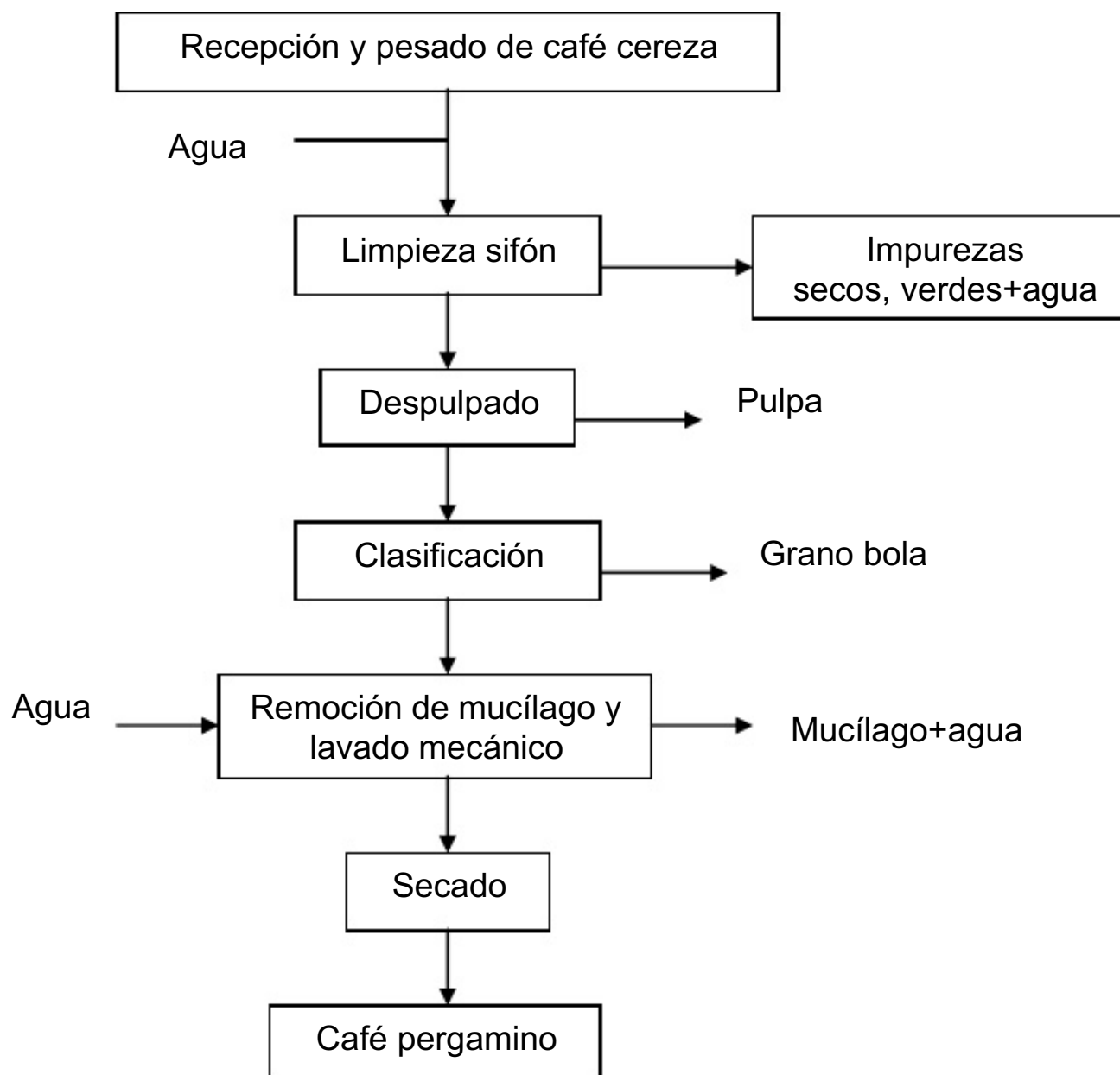
f) Secado

En esta operación el café permanece en la secadora que se mantiene a 70 ° C por 20 horas aproximadamente, alcanzando una humedad final de entre 11 y 12%, que es el estado al que puede ser almacenado sin problemas de deterioro y listo.

g) Almacenamiento

Una vez seco, el café se coloca en el piso entre 3 y 7 horas para facilitar su enfriamiento. Posteriormente se procede a encostalar, pesar y coser cada saco para ser estibados en el almacén, (Aguirre, C.J., 2000).

Figura 19. Diagrama del esquema general del beneficiado húmedo del café



El café obtenido de este proceso es llevado a las trilladoras o descascaradoras de empresas y organizaciones que cuentan con instalaciones integrales y modernas.

El beneficio húmedo se caracteriza por el empleo de grandes volúmenes de agua, que generalmente se descargan en los mantos acuíferos. En México, preocupados por preservar el medio, se han instrumentado programas tendientes a lograr una reconversión industrial que reduzca el uso del agua y elimine gradualmente las descargas de contaminantes en las corrientes, a la vez que permita elevar la productividad, todo ello con apego a las normas sobre legislación ambiental.

3.1.1.3. Beneficiado ecológico

Para hacer un uso más eficiente, se pueden incorporar sistemas que recirculen el agua, para efectuar las operaciones de beneficiado húmedo con un pequeño volumen de agua, tanto como sea permisible, sin afectar las cualidades organolépticas del aromático. Otra forma, es mediante la sustitución de las

funciones que realiza el agua por medio de maquinaria para tal fin. En lo que respecta a esta última opción, es más viable para los nuevos beneficios en construcción. Para los beneficios ya establecidos y, sobre todo los de mayor capacidad, la alternativa es incorporar circuitos de recirculación y/o la mecanización parcial de las operaciones de transporte donde se usaba el agua, siempre tomando en cuenta el mayor ahorro posible en agua, el mayor ahorro energético y sin afectar las cualidades organolépticas del grano.

Los sistemas de recirculación han sido probados en diferentes formas, es una alternativa muy flexible y se adapta a las condiciones particulares de cada beneficio, no representa una modificación a la línea de beneficiado, las complicaciones para los operadores son mínimas y salvables. La adopción de maquinaria de beneficiado que sustituye el uso del agua implica una reconversión, ya sea parcial o total de la línea de beneficiado, con un importante componente de inversión y mayor gasto energético, requiere de mayor capacitación para el operador y siempre se encuentran dificultades operativas que pueden ser superadas mediante una adaptación de las líneas, sobretodo para adecuarlas al tipo de café cosechado en nuestro país.

Estas alternativas se promocionan como módulos “ecológicos”, sin embargo cabe señalar que son opciones para hacer un uso más eficiente del agua, por lo tanto, la descarga de contaminantes se concentra en menos agua, que al descargarse a un río se vuelve a diluir y el impacto ambiental es el mismo que el generado por un beneficio cuya línea de proceso no ha sido modificada, por lo que lo de “módulos ecológicos” se pone en duda, tal vez el nombre más adecuado para éste tipo de maquinaria sería “módulos de uso eficiente del agua”.

También se debe reconocer que aun cuando no se resuelve el problema de la contaminación con las medidas anteriores, sí permiten hacer más manejables los volúmenes de agua residual. Con las alternativas anteriores; se logra reducir el uso del agua de más de 8 a menos de 2 l/kg de café cereza. En la base del beneficio de escala intermedia de 1000 Qq por ciclo, el agua empleada mediante la integración de estas medidas se reduce a por lo menos 500,000 litros de agua, una cuarta parte que la utilizada sin tomar ninguna medida, pero la contaminación generada seguiría siendo equivalente a la generada por una población de 60,000 habitantes.

La reducción de por lo menos una cuarta parte del agua usada para el proceso, nos permite reducir el costo en esa misma proporción, del tratamiento posterior de los efluentes, debido a que las obras de tratamiento se reducen significativamente y operativamente es más fácil manejar los desechos. Una vez resuelta la etapa de hacer un uso eficiente del agua, es importante tomar las medidas de mitigación del impacto ambiental en los cuerpos de agua, ya sea por medio de la ecologización de la conciencia o por medio de la presión gubernamental aplicando la normatividad al respecto.

Las alternativas de solución para resolver el problema de la contaminación se han venido desarrollando desde hace más de veinte años, las mejores medidas siempre han sido la aplicación de filtros biológicos complementados con otros métodos físicos para afinar y lograr una mayor reducción de la carga contaminante contenida en el agua. La percolación o lixiviación mediante depósitos a cielo abierto a capas más profundas del suelo no son suficientes, puesto que el problema no se resuelve y la capacidad de filtración del suelo es más limitada al aumentar el volumen de efluente a tratar. Al respecto siempre será más fácil incorporar al suelo el agua residual en forma de riego, que estancarla en una fosa de infiltración. El uso del agua residual para regar es la práctica más barata pero sólo es manejable en pequeños beneficios familiares dentro de las áreas de cultivo. Sin embargo, para los beneficios más grandes el agua residual representa un problema debido a los volúmenes que se manejan, aun cuando se adopten medidas para reducir su uso.

3.1.1.4. Café artesanal

El procedimiento de transformación de cereza a pergamino realizado por los cafecultores minifundistas se le conoce como beneficiado artesanal. El café se cosecha seleccionando sólo cereza madura, se procesa inmediatamente en una despulpadora manual de fierro o madera, se deja reposar en tinajas o cubetas, finalmente, una vez llegado el punto de fermento, se lava manualmente con agua, dejando limpio el grano y se pone a secar al sol en planillas o en harneros de malla para evitar el contacto con el suelo. Esta es una opción real de dar valor agregado a la producción agrícola de los minifundistas, e involucra el aumento de la productividad de la parcela y de la mano de obra familiar. Como estrategia para aumentar valor, debe ir acompañada de una estrategia de comercialización en conjunto con más productores, aprovechando un nicho de mercado que se base en la calidad y que ofrezca un precio justo por el trabajo realizado.

3.1.1.5. Integración en módulos de beneficiado de bajo impacto ambiental para medianos productores

Esta es una opción para los medianos productores de café o comunidades con un mediano grado de organización social comunitario, que les permita integrarse a la industrialización de su producción agrícola haciéndose de los medios de maquinaria y equipo que permita transformar su producción. Las opciones de equipo han mejorado recientemente, encontrándose en el mercado módulos de beneficiado que se comercializan bajo la etiqueta de “ecológicos”, al hacer un uso más racional del agua mediante la mecanización de algunas operaciones de transporte y poco uso de agua por kilogramo de cereza procesado, en algunos incluso se suprime la operación de fermentación con el desmucilaginado inmediatamente después del desulpado, aunque ha tenido poca aceptación este tipo de procesos argumentados en el efecto que pueda tener en la calidad organoléptica de la bebida; aun cuando existen estudios que indican que no existe ningún efecto sobre la bebida, no está bien fundamentado científicamente tanto el efecto a favor como en contra.

El manejo de los subproductos a esta escala no representa ningún problema, puesto que la pulpa se puede aprovechar como composta y las aguas residuales que son más concentradas pueden canalizarse para la irrigación de los mismos cafetales o en su defecto emplear una laguna de oxidación que no sería muy grande en extensión por la cantidad de café en la escala que se manejan estos módulos. El secado representa el cuello de botella para esta escala, por lo que muchos han adoptado el secado mecánico en tambor rotatorio (Tipo Guardiola), sobre todo en la vertiente del Golfo de México, donde la presencia de masas de aire polar en los días de cosecha impiden el secado solar de grandes cantidades.

3.1.1.6. Tecnología avanzada en el beneficiado húmedo del café cereza para la obtención de café oro

Todo proceso agroindustrial se inicia en el campo, para la obtención de materia prima que en el caso del café, es el fruto, café cereza, café uva, etc.

De la calidad de la materia prima, y de la tecnología utilizada en su procesamiento (beneficiado) depende la calidad del producto terminado: café oro (café verde).

La materia prima, fruto del café, puede deteriorarse, desde el arbusto del cafeto por:

1. Maduración anticipada, y caída al suelo.
2. Corte inadecuado (inmaduros, verdes, secos)
3. Fenómenos Meteorológicos
4. Baja o nula fertilización
5. Daños producidos por insectos, hongos y/o bacterias.

Es posible conservar o mejorar la materia prima del café cereza por medio de la aplicación de los pasos siguientes:

a) Fruto del café

- Obtener un mejoramiento genético del cafeto utilizando los avances en la ingeniería genética de las especies vegetales.
- Mejorar la geometría de los espacios sembrados para poder realizar de manera más eficiente las labores del cultivo y la recolección.
- Equilibrar el concepto de número de plantas por hectárea, con el de cafetos genéricamente mejorados de alta producción por planta y menor número por hectárea.
- Utilizar el producto biorregulador 2-(3-4 Dicloferofenoxi)triethylamina (DCPTA) el cual promueve:
 - Floración uniforme.
 - Maduración uniforme de los frutos de una o dos semanas antes que los no tratados.

- Mejoramiento de la microestructura de los cloroplastos foliares, con un aprovechamiento más eficiente de la luz solar.
- Incremento en la calidad del café verde (café gourmet).

b) Sistemas corte, recolección y transporte del fruto

Actualmente el fruto del cafeto se recolecta de la planta a mano por medio de métodos arrasivos, es decir se “ordeña” la rama de frutos de cereza verde, semi - maduro y maduro, en lugar de hacer varios cortes para recolectar solo fruto maduro.

Todo esto debido a las circunstancias económico-sociales que giran alrededor de los cortadores, las cuales son difícilmente corregibles, y que se hace imperativo mejorar.

El fruto es conducido a los “Centros de Acopio” o directamente al “Beneficio” en costales sucios y húmedos de yute o de polipropileno, en donde se inician procesos de fermentación que calientan el fruto, debido a la actividad de los microorganismos que los contaminan superficialmente (levaduras y bacterias), deteriorándolo (café agrio).

Si el transporte se retrasa por varias horas, el café pierde “miel” bajando la calidad y peso, y al no haber suficiente “lubricación” del mucílago lo “muerden y rompen” las maquinas despulpadoras tradicionales.

De lo anterior queda claro que hay que modificar substancialmente los métodos presentes de corte, recolección y transporte del fruto.

c) Posibles soluciones

- Evitar los vicios de recolección mediante adiestramiento, educación, convencimiento e incentivos económicos para los cortadores, y una programación racional de los ciclos de corte.
- Uso del DCPTA, para lograr una floración uniforme y consecuentemente una maduración también uniforme del fruto, facilitando en esta forma el corte, logrando quizás hacer solo uno.
- Utilizar góndolas o contenedores para el transporte del café cereza, que además facilitarían la carga y descarga en los “Beneficios”.
- Mejorar los caminos por donde se transporta el café de los cafetales a los centros de acopio y de éstos a los beneficios.
- Ubicar racionalmente los “Beneficios”
- No sobrepasar la capacidad real de los beneficios, para evitar que se retrase el inicio del proceso, y quede café por varias horas en espera de ser “beneficiado”, lo que ocasiona que se deteriore (café agrios)

3.1.1.6.1. Consideraciones sobre la tecnología avanzada en el beneficio húmedo del café cereza

La tecnología avanzada comprende cambios importantes en la filosofía del proceso, en el uso y aprovechamiento del agua, así como de los efluentes contaminantes y en el manejo de los productos secundarios contaminantes, para su utilización industrial rentable.

Como resultado de la aplicación de estas filosofías se logra:

- Un aumento en los rendimientos del café oro obtenido con el proceso de café cereza.
- Una clasificación “Dinámica” del café pergamino lavado que permite una reducción en el proceso del beneficiado seco, y obtener una calidad superior en el café oro.
- Evitar tener que almacenar el café en forma de café pergamino seco ya que es posible almacenarlo en oro sin que se blanquee o añeje.
- Al utilizar los subproductos contaminantes para su aprovechamiento industrial se reduce considerablemente la contaminación ambiental.
- Utilizar tecnología avanzada en la clasificación del café pergamino lavado, presecado y secado continuo.

a) Filosofía del proceso

- Transformar el proceso discontinuo del beneficiado tradicional, en un proceso continuo, con tiempos normalizados en la fase húmeda, mediante la aplicación de tecnología avanzada.
- Modificar el método de despulpado, con maquinas más eficientes con menor consumo de energía y que separen realmente la pulpa del café despulpado, y despulpen sin romper el café verde y seco. Adicionar a las bombas de sólidos que transportan la pulpa un fraccionador de la misma.
- Cambiar el método de separación del mucílago del café de una fermentación incontrolada y prolongada (24-40 horas), y peligrosa (fermento), en un proceso bioquímico enzimático seguro mediante la activación de las enzimas pectolíticas contenidas en el mismo mucílago, que permite separarlo en un tiempo muy corto (10 min), dando un mucilago del cual se pueden obtener pectinas de bajo contenido de metoxilo, lo que no sucede con el método de fermentación tradicional, al destruirlo los microorganismos. Produciéndose una enorme carga contaminante que descarga a los arroyos y a los ríos.
- Utilizar sistemas de secado más eficientes desde el punto de vista térmico (los actuales, tienen eficiencias inferiores al 37%), para secar café pergamino en ciclos mas cortos y en forma continua con secados uniformes, con mejor aprovechamiento de la energía calorífica y disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.
- En la construcción del beneficio con tecnología avanzada, aplicar los conceptos siguientes:

- Utilizar en todos los recipientes materiales plásticos (fibra de vidrio poliéster), tuberías de P.V.C. o polipropileno, etc.
- Hacer las instalaciones compactas, pero funcionales, de tal manera que las líneas de ductos eléctricos y tuberías de conducción hidráulicas, drenajes, etc., sean lo más cortas posibles para evitar pérdidas por fricción, caídas de tensión y reducir costos.
- Semi-automatizar los sistemas con válvulas con actuadores electroneumáticos, arranque y paro de bombas de sólidos, dosificadoras, y despulpadoras manejados mediante tableros de mando colocados en los puntos más convenientes para que sean operados comodamente por los trabajadores del beneficio.
- Los sistemas internos de transporte de los granos, en sus diferentes fases serán mecánicos o neumáticos y también semiautomatizados.
- Controlar acuciosamente el secado, mediante equipos electrónicos.
- Utilizar clasificadores dinámicos para separar impurezas y cafés de baja densidad en el café lavado.

b) Filosofía del uso del agua en los beneficios con tecnología avanzada

- Se hace un aprovechamiento y utilización racional del agua para abatir al máximo el consumo.
- Se ha modificado el proceso productivo para hacer posible la utilización secundaria de los subproductos del café (pulpa y mucílago), disminuyendo al máximo los efluentes contaminantes.
- Se diseñaron cuatro circuitos de recirculación de las aguas de transporte:
 - Pulpa, con fraccionamiento de la misma.
 - Café despulpado, a tolva de almacenaje temporal.
 - Aguas de lavado.
 - De café lavado a tanques de escurrido.

Esta operación permite concentrar el mucílago del café que es el único contaminante presente en los circuitos de recirculación.

- El tratamiento de los 368 ml/kg café cereza de aguas residuales que contienen escasos contaminantes dan lugar a que estas aguas después de tratadas, puedan ser vertidas a la cisterna de alimentación, lo que transforma el consumo del agua al mínimo.

3.1.1.6.2. Operación del proceso de beneficio húmedo con tecnología avanzada

A continuación se presenta una breve descripción del proceso con una capacidad de producción de 160 Qq (39,200 kg) por día.

a) Recepción

El café cereza se recibe con una cadencia de 20 Qq (4,900 kg) por hora. La capacidad de la tolva de recepción es de 40 Qq (9,800 kg) y el proceso comienza cuando ya haya en la tolva 40 Qq (9,800 kg).

La recepción tradicionalmente se inicia entre las 17:00 y 18:00 hr del día, continuando hasta completar la capacidad de 160 Qq. Esta operación se efectúa en seco. Al terminar la fase de recepción, se limpia cuidadosamente la tolva para prevenir la contaminación.

b) Despulpado

El café cereza es llevado a la tolva de las despulpadoras por medio de un transportador helicoidal.

La pulpa es separada perfectamente por la acción combinada de dos rodillos de poliuretano (despulpadores) y uno de acero inoxidable (separador). Estos rodillos son lubricados por medio de cantidades mínimas y controladas de agua, la que se inyecta por medio de espreas.

Enseguida la pulpa es descargada por medio de un transportador helicoidal, al carcamo de la bomba fraccionadora, la cual envía la pulpa fraccionada a una tolva de almacenaje temporal provista de una criba de escurrido para que el agua regrese al carcamo de bombeo, estableciéndose así el primer circuito independiente de recirculación de agua con mucílago.

El exceso de agua con mucílago se envía a un intercambiador de calor y de ahí pasa al tanque de almacenaje de mucílago. El mucílago obtenido es del orden de 6.5% en volumen (esto es independiente del mucílago obtenido de la operación de desmucilaginado).

La pulpa almacenada es llevada a un compactador, el cual por compresión extrae agua y deja a la pulpa convertida en pequeñas pacas, las que ya podrán ser transportadas para su proceso ulterior de conversión en pulpa de fibras de celulosa.

El café despulpado pasa de la despulpadora, al cárcamo de bombeo para ser transportado a la tolva pesadora. El agua de transporte es devuelta al cárcamo de bombeo, dando lugar a un segundo circuito independiente de recirculación de agua.

La tolva pesadora, descarga por gravedad lotes 2500 kg de café despulpado al reactor enzimático, agregándosele el activador enzimático con una bomba dosificadora y agua caliente a 60° C. El mucílago se desprende después de 10 minutos de agitación, y el agua con mucílago disuelto se descarga por gravedad al intercambiador de calor y al tanque con mucílago.

El café con algo de mucílago en la superficie del grano, es agitado y enjuagado con agua a 50° C por 5 minutos y el agua ligeramente contaminada con mucílago va al tanque.

Al mucílago obtenido se le agrega SO₂ para estabilizarlo y evitar el empardamiento, así ya puede ser enviado al proceso de obtención de pectinas.

Aunque el café en esta etapa ya no tiene mucílago, se le dan dos lavados de 3 min con agua a 50° C, el agua es enviada al tanque homogeneizador.

El café lavado se lleva al clasificador dinámico, en donde es separado por densidades y es enviado a las tolvas de escurrido para café de baja densidad y para café de alta densidad en tanto que el agua de escurrido se regresa al cárcamo de bombeo y de ahí otra vez mezclado con café lavado al clasificador.

El agua de transporte se regresa al cárcamo de bombeo y de aquí de nuevo al clasificador por medio de una bomba de sólidos mientras que el agua no utilizada del cárcamo de bombeo va al tanque homogeneizador, dando lugar al tercer circuito de recirculación de agua.

De una manera similar el café de alta densidad es escurrido y el agua eliminada es llevada al tanque, ésto nos da el cuarto circuito de recirculación de agua.

Ya puede el café lavado y escurrido ser transportado hacia la presecadora y secadora continuas, de donde se descarga café pergamino seco.

Si se desea puede mortearse para obtener café oro o almacenarse temporalmente en un silo para su morteo posterior.

Nota: dependiendo del grado de contaminación del agua residual, puede ser tratada o reusarse aunque este proceso prevé muy poca contaminación.

3.1.1.6.3. Disponibilidad de sub-productos base anual (16 hr de operación)

62,720 kg x 120 días = 7256.4 toneladas

- | | |
|----------------------|------------|
| a) Pasta de celulosa | 1205 ton |
| b) Carbón activado | 1031 ton |
| c) Pectina | 10.55 ton |
| d) Furfural | 301.34 ton |

Como se indico anteriormente el proceso de elaboración de pectina debe hacerse cerca del beneficio, y para que la obtención de los subproductos sea rentable, lo ideal es instalar estos procesos productivos de forma tal que se nutran de la producción de varios beneficios vecinos. Desde luego si no se desea instalar estos procesos se puede vender: concentrado de pectina procedente de la primera

extracción, pulpa y cascabillo a los fabricantes de los subproductos aquí mencionados.

El agua residual de las siguientes extracciones, tiene muy poco mucílago por lo que su tratamiento será muy sencillo, en caso de hacerse necesario.

3.1.1.6.4. Calculo de rendimientos

a) Teórico

$Qq=245 \text{ kg} \times 256 \text{ Qq}=62,270 \text{ kg}$ cereza por día de 16 hr.

$62,270 \times 0.46 = 28,644.2 \text{ kg}$ pulpa

$62,270 \text{ kg}$ café cereza $\times 0.54 = 33,863 \text{ kg}$ café despulpado

$33,863 \times 0.82 = 27,771 \text{ kg}$ café pergamino lavado

$33,863 \times 0.18 = 6,096 \text{ kg}$ de mucílago

$27,771 \times 0.6 = 16,662 \text{ kg}$ de café pergamino seco

$16,662 \text{ pergamino seco} \times 0.8 = 13,330 \text{ kg}$ café oro

$62,270 \text{ kg} / 13,330 \text{ kg} = 4.7$ factor de conversión

$4.7 \times 46 \text{ kg} = 214.82 \text{ kg}$ café cereza por quintal de café oro obtenido

b) Real

$Qq=245 \text{ kg} \times 256 \text{ Qq}$ (Calculo de rendimientos reales)

$62,270 \text{ kg}$ café cereza ($62,270 \text{ kg}$ café cereza día 16 hr)

$62,270 \text{ kg} \times 0.46 = 28,644 \text{ kg}$

$62,270 \text{ kg} \times 0.54 = 33,863 \text{ kg}$ café despulpado

$33,863 \text{ kg} \times 0.82 = 27,771 \text{ kg}$ de café pergamino lavado

$33,863 \text{ kg} \times 0.18 = 6,096 \text{ kg}$ mucílago

$27,771 \text{ kg} \times 0.93 = 25,827 \text{ kg}$ café clasificado limpio

$25,827 \text{ kg} \times 0.06 = 15,496 \text{ kg}$ café pergamino seco

$15,496 \text{ kg} \times 0.08 = 12,396 \text{ kg}$ café oro

$62,270 \text{ kg} / 12,396 = 5.02$ factor de conversión

$5.02 \times 46 = 231 \text{ kg}$ de café cereza para obtener un Qq de café oro.

$245 - 231 = 14 \text{ kg}$ menos de cereza para obtener un Qq de café oro.

Figura 20. Rendimientos de café cereza en el beneficiado húmedo con tecnología avanzada

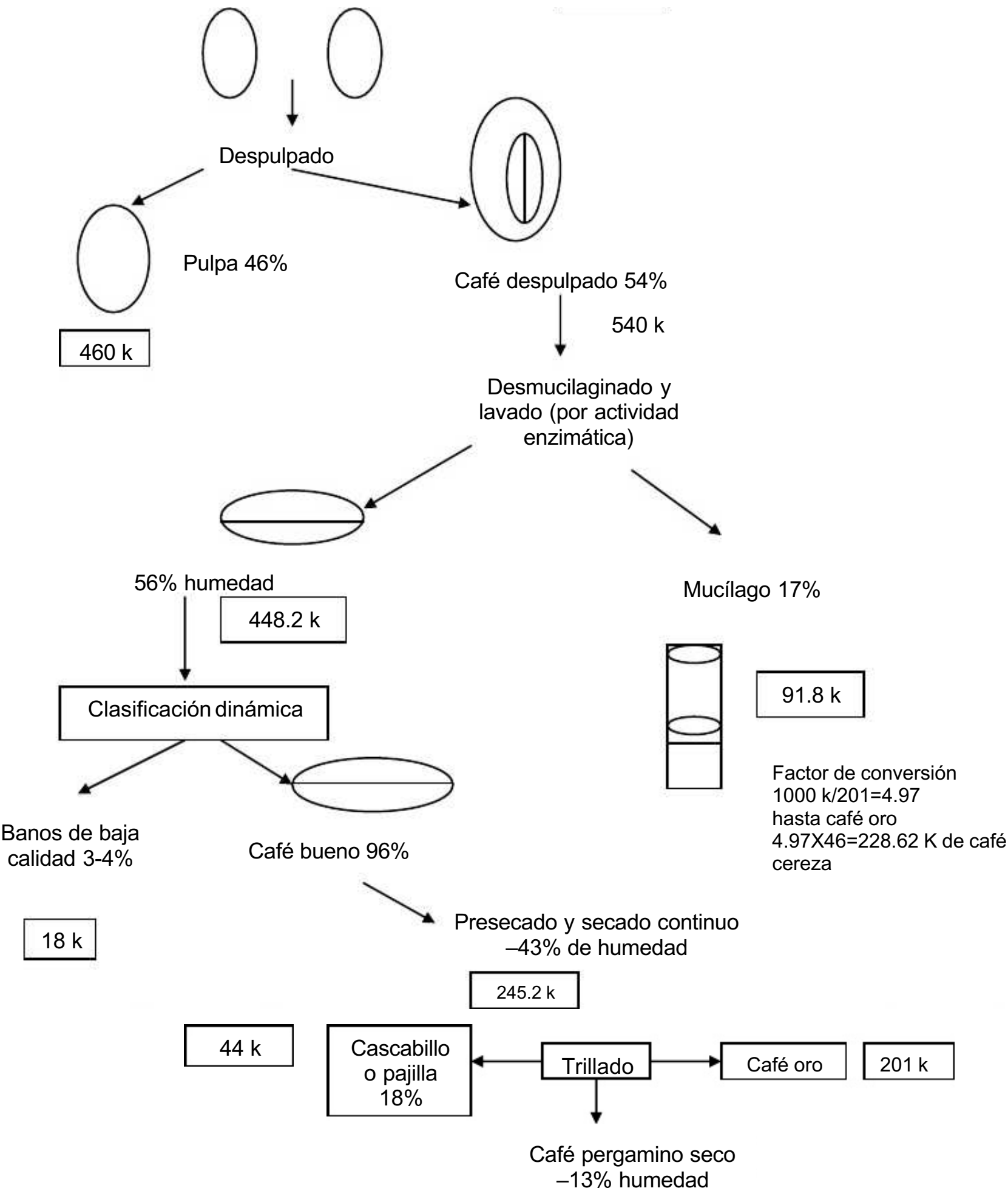
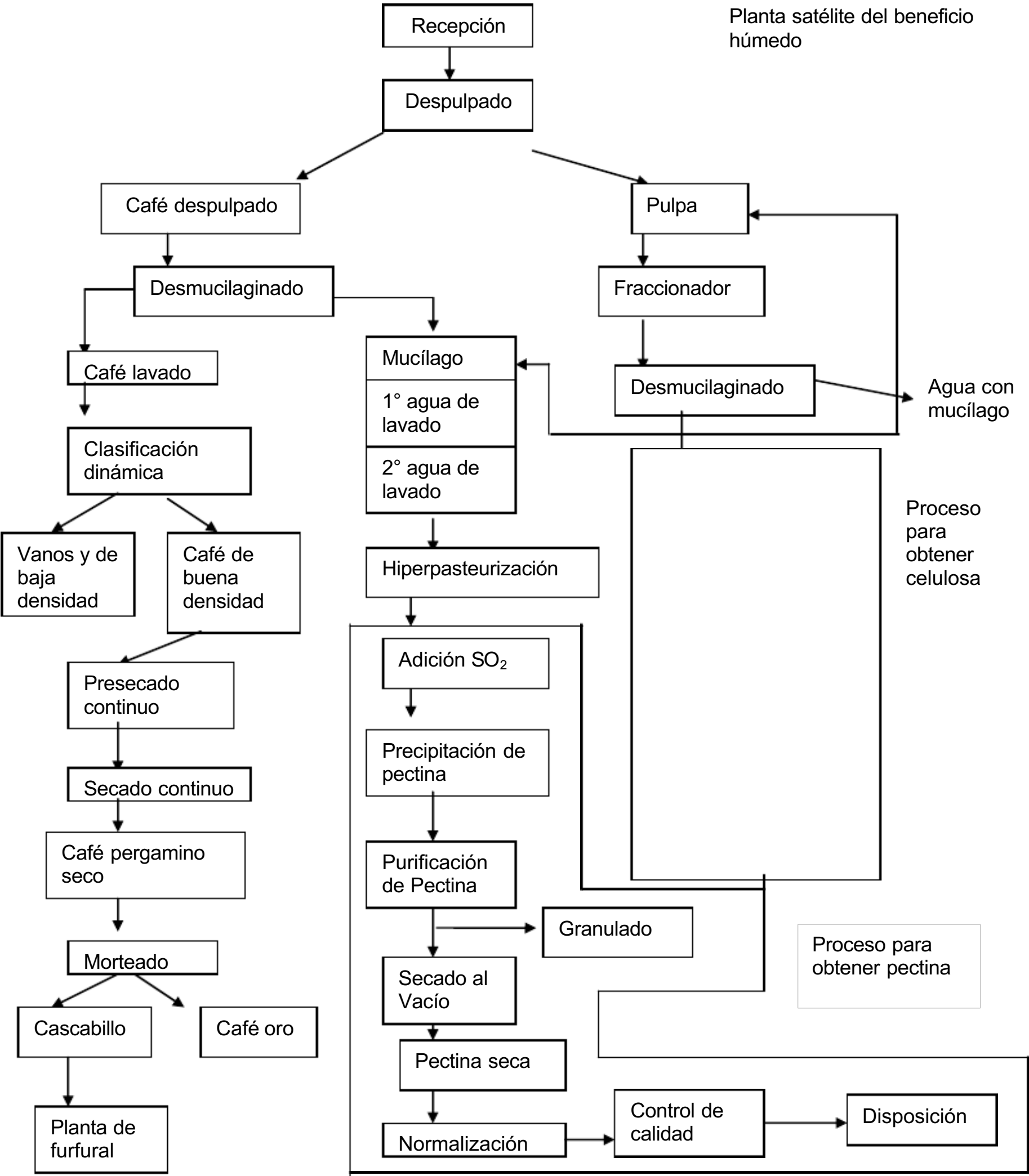


Figura 21. Diagrama de bloques del beneficiado húmedo con tecnología avanzada en café cereza



3.1.1.6.5. Manejo de los productos secundarios del beneficiado húmedo con tecnología avanzada

Los productos secundarios a industrializar son:

a) Pulpa (46% del fruto)

La pulpa es el material insoluble en agua, formado por polisacáridos estructurales (12.7% de hemicelulosa, 32.58% de celulosa y 17.5% de lignina), que sometida a un proceso puede emplearse en la industria papelera.

De cada 460 gr se obtienen 150 gr de pulpa de celulosa con fibras cortas, medias y largas; esta pulpa se puede utilizar hasta en un 35%, agregada a 65% de pasta de celulosa de madera de fibra larga obteniéndose una excelente hoja de papel.

Mediante otro proceso se obtendrán también de cada kilo de pulpa, 320 gr de carbón activado.

Como contaminante al despulpar quedan adheridos a un kg de pulpa 2.875 gr de mucilago.

Que al sumar el mucilago obtenido del desmucilaginado por activación enzimática del grano (12.8 gr) se obtiene:

$$12.8 \text{ gr} + 2.875 \text{ gr} = 15.675 \text{ gr}$$

Dicho de otra manera de cada kilogramo de café cereza, de la pulpa se obtienen 2.875 gr de mucilago, y del café despulpado se obtienen 12.8 gr de mucilago.

De 15.675 gr de mucilago, mediante un proceso más corto que el que se utiliza para la obtención de pectina de los cítricos, se logra obtener 1.410 gr de pectina de bajo contenido de metoxilo.

Calculos de rendimiento de pectina en un beneficio con capacidad de 256 Qq diarios.

62,270 kg de café cereza por día
62,270 kg por 0.54=33,625.8 kg de café despulpado
33,625.8 kg por 0.18=6,052 kg de mucilago
6,052 kg por 0.09=544.7 kg de pectina

El rendimiento diario de pulpa de café son 28,644.2 kilos

Analizando bien el proceso queda de manifiesto que el único contaminante del café en el proceso humedo es el mucilago, que es un excelente sustrato para el desarrollo de los microorganismos (bacterias, hongos, protozoarios).

La pulpa de café una vez que se le retiran los restos de mucilago, al fraccionarla y lavarla no es contaminante ya que su composición química es similar a la madera, de ahí que se puede procesar y obtener una excelente pulpa de celulosa.

En el proceso seco, el cascabillo o pajilla no es propiamente un contaminante, y a que su contenido de humedad máxima es de 7% y su estructura química también es muy parecida a la madera.

b) Productos secundarios que pueden ser aprovechados

En los siguientes cuadros se muestran las enormes cantidades de productos secundarios del café, que pueden aprovecharse y que actualmente se desperdician y contaminan, así como la composición química detallada de:

- La pulpa
- El mucilago y la pajilla
- Contenido de carbohidratos (pentosas) del cascabillo y su conversión a furfural del cascabillo

Cuadro 15. Calculo de los materiales recuperables del café sobre una base de 1´168,696 toneladas de café cereza (Cantidad de café cereza procesadas en México en 1994), utilizando el proceso húmedo con tecnología avanzada

Producto	Cantidad (ton)
Pulpa *	537,600
Café despulpado	631,095
Mucílago*	75,731
Café lavado (54% de humedad)	555,363
Agua (humedad)*	233,252
Café pergamino (12% de humedad)	322,110
Pajilla o cascabillo*	57,979
Café verde u oro	264,130
Café tostado	227,151
Humedad y productos volátiles	36,978
Borra*	213,976
Aceite (extraíble de la borra)*	27,816
Extracto (en la taza 5.9%)	13,175

*Materiales recuperables

Cuadro 16. Composición química de la pulpa de café deshidratada

Húmedad	12.6%
Materia seca	87.4%
Fibra cruda	21%
Ex etereo (grasas)	2.5%
Nitrógeno	0.3%
Proteínas*	2.1%
Cenizas	2.5%
Ex libre de oxigeno	15.8%
Cenizas	2.5%
Ex libre de nitrógeno	15.8%
Cenizas	8.300 mlg
Calcio	0.554
Fósforo	116
Potasio	1,765
Hierro	15
Sodio	100
Magnesio	Trazas
Zinc	4 ppm
Cobre	5 ppm
Magnesio	6.25 ppm
Carbohidratos	
Celulosa	27.65%
Azucares reductores (glucosa)	12.40%
Azucares no reductores	2.02%
Substancias pecticas totales	6.52%

*contiene 18 aminoácidos y los aminoácidos esenciales

Cuadro 17. Compuestos orgánicos B.S. %

Taninos	5.2%
Cafeína	1.3%
Ácido clorogenico	2.6%
Ácido cafeico total	1.6%
Lignina	17.5%

Cuadro 18. Contenido de carbohidratos del cascabillo

Carbohidratos totales	91.05
Carbohidratos solubles (hexsosas)	0.45
Carbohidratos estructurales:	
Celulosa (hexsosas)	45.90
Hemicelulosa (pentosas)	20.70
Lignina (fenoles)	24.40

De las pentosas del cascabillo se obtienen 14-16% de furfural
 Pajilla (cascabillo) de café
 Contenido de hemicelulosa 20.7
 Por hidrólisis se obtienen pentosas, las cuales al volver a hidrolizarse dan Alfa-Metalal-Furamo (Furfural).

El rendimiento es de 14 a 16% de furfural, o sea que de las 57,779 toneladas de cascabillo por cosecha, se pueden obtener, si se procesa todo el cascabillo, 8089 toneladas de furfural refinado.

Usos del furfural:

- Refinación de aceites lubricantes
- Purificación de resinas
- Obtención de butadieno de gran pureza en la industria hulera
- Pinturas y barnices
- Funguicidas, preservadores, insecticidas, herbicidas
- Plastificantes
- Farmacéuticos, etc.

Cuadro 19. Composición química del mucílago de café base seca

Materia seca	100
Substancias pecticas totales	33
Pectina	5.7
Carbohidratos totales	50
Azucares reductores	30
Azucares no reductores	20
Nitrógeno	0.95
Proteína (Nx6.25)	5.95
Acidez acética	4.56
Cenizas	4.10
Calcio	1.63
Azufre	1.42
Hierro	0.64
Magnesio	Trazas

Cuadro 20. Composición química de la pajilla

Humedad	7.00
Materia seca	92.00
Carbohidratos	84.32
Ex etéreo	0.60
Nitrógeno	0.39
Proteínas Nx6.25	2.45
Fibra cruda	70.00
Ex libre de nitrógeno	18.90
Cenizas	0.50

3.1.1.6.6. Ventajas del proceso con tecnología avanzada

- 1) Debido a que durante el proceso, no se genera mancha en el café, esto representa de un 7 a 10% más de café de buena calidad, y solo se requieren dos máquinas para el beneficiado seco (morteadora y clasificadora por tamaños)
- 2) Rendimientos altos, solo se necesitan en promedio 227 kg de café cereza para la obtención de 46 kilos de café oro, en el beneficio tradicional se hacen necesarios de 245 a 260 kilos de café cereza para obtener 57.5 kgs de café pergamino seco, aunque en realidad este rendimiento se ve afectado aún, porque debe separarse mancha en un 7 a 12% así como residuos de pulpa, cascabillo, tierra, etc.
- 3) Debido al método de desmucilaginado que se utiliza se obtienen las siguientes ventajas:
 - a) No intervienen microorganismos, ya que el desmucilaginado se realiza activando las enzimas pectolíticas propias del café
 - b) La remoción del mucílago externo e interno del café despulpado se hace en un término de tiempo muy corto (10 min), lo que evita la pérdida de peso del grano producido por la acción de los microorganismos y la disolución de productos solubles en agua como sucede en el beneficiado tradicional.

Durante el proceso de fermentación tradicional, la pérdida de peso es proporcional al tiempo de fermentación y lavado: de 6 a 12%, además de la generación de mancha en los tanques de fermentación.

- 4) Al no quedar mucílago debido al perfecto lavado en el proceso con tecnología avanzada, el café se puede almacenar en oro sin detrimento de su calidad, no se blanquea ni se añeja.
- 5) El estricto control de humedad durante el secado evita una pérdida de 2 a 3% que es común en los beneficios tradicionales debido al método empírico que utiliza y que tiende a dejar el café con un 9 a 10% de humedad en lugar del 12.5% aceptado.
- 6) Durante el proceso se logra la obtención de subproductos (pulpa, mucílago y cascabillo) que pueden ser utilizados en procesos industriales rentables.
- 7) Al separar y utilizar los sub-productos se abate considerablemente la contaminación y el consumo de agua.

3.1.1.6.7. Aspectos que intervienen en el costo del beneficio húmedo con tecnología avanzada

Descripción

- 1) Capacidad inicial 256 Qq diarios de café cereza a café pergamino seco (13% B.H.) y después a oro.
- 2) La operación de la fase húmeda horaria es de: 2,560 Qq en 16 horas.
- 3) La operación de secado se hace en forma continua en pergamino lavado y escurrido, a pergamino seco (13%) utilizando presecadora y secadora de cama surtida de flujo tangencial.
- 4) Todos los recipientes son de material plástico (fibra de vidrio, poliéster), así como tuberías hidráulicas y drenajes, ésto asegura un bajo costo de mantenimiento, ya que estos materiales no se corroen, ni contaminan con óxido de hierro el café, conservando su calidad durante el proceso.
- 5) Los recipientes. Tolvas, reactor, cárcamos de bombas, tanques de agua caliente, de activador enzimático, tolvas de carga de secadora, etc., tienen los ángulos de fricción adecuados para permitir un desplazamiento instantáneo del café o de los fluidos que se manejan.
- 6) Al beneficio se le instalan cuatro circuitos de recirculación de agua de transporte, que da como resultado una disminución considerable en el consumo de agua, hasta 368 ml por kilo de café procesado.
- 7) El beneficio está diseñado para la recuperación de los productos secundarios.
- 8) Planta de tratamiento de recuperación de agua.
- 9) La tecnología aplicada en la construcción y proceso, presenta las siguientes ventajas económicas:
 - Muy bajos costos de mantenimiento prácticamente nulos en los dos primeros años de operación.
 - Bajos costos de operación debido a su semiautomatización.
 - Altos rendimientos (contenido de formas irregulares, menor del 2%).
 - Excelente calidad del café (café especiales).
 - Proceso continuo horario en las fases húmeda y seca.
 - Bajos tiempos de secado, al ser realizado en forma continua y simultánea al proceso húmedo (beneficiado).
 - Compacto, la instalación completa ocupa un área inferior a los 900 m², (incluye bodega con silos).

- El transporte interno del café pergamino seco se hace por medio de transportadores, mecánicos o neumáticos a silos de madera de diseño especial.
No se usan sacos, pues son caros y se necesitan comprar cantidades fijas a los fabricantes, siendo una inversión improductiva; si se transportan a “Beneficios Secos” distantes aumentan el peso por tara y consecuentemente el costo del transporte, maniobras de carga, descarga y crean conflictos.
- El café pergamino seco, se mortea y clasifica por tamaños. También se almacena en silos de madera; si se vende en el mercado nacional o de exportación, se maneja en contenedores.
Saltan a la vista las ventajas económicas: El ahorro en maniobras, se evita el deterioro de café en tránsito y los hurtos de costales.
- La instalación eléctrica de fuerza e iluminación cuenta con un centro de control de motores, tablero de iluminación y tableros de mando instalados en las áreas más convenientes, lo que asegura una operación cómoda y sin deterioro de motores. Incluye subestación o transformadores.

3.1.1.6.8. Conclusiones

Independientemente de los datos que arroje un estudio económico de la inversión en una planta con tecnología avanzada para la obtención de café oro, quedan claras las enormes ventajas que representa la instalación de dicho proceso.

Por lo anterior, es recomendable a las diferentes agrupaciones de productores de café del país, el contemplar la posibilidad de transformar los beneficios actuales en plantas modernas como la aquí descrita.

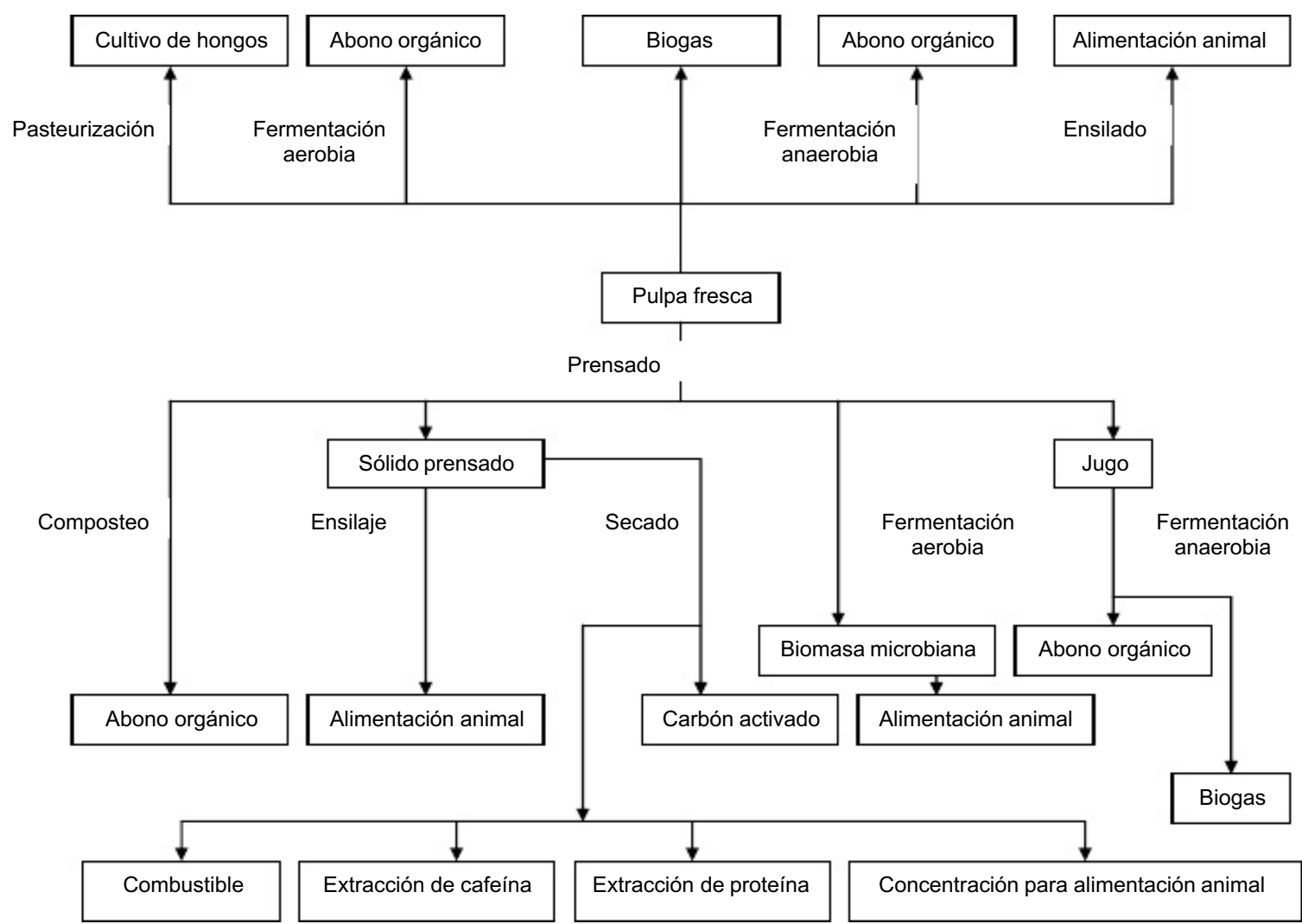
3.1.1.7. Aprovechamiento de subproductos del beneficiado húmedo

El aprovechamiento de los subproductos del beneficiado húmedo representa la oportunidad de aumentar el valor agregado, en esta etapa de la cadena agroindustrial.

3.1.1.7.1. Aprovechamiento de la pulpa de café

La pulpa constituye aproximadamente el 45% del peso fresco del fruto del café, es el principal subproducto, que mediante diferentes procesos pueden obtenerse varios productos con valor agregado, entre los que se han estudiado y obtenido se encuentran los siguientes: la composta, concentrados proteicos, suplementos alimenticios, ensilados, extracción de cafeína, extracción de taninos, sustrato de hongos, producción de biogás, entre las principales y las más ensayadas. En el siguiente gráfico se resumen las posibilidades de agregar valor a la pulpa del café (modificado de Zuluaga, 1985; López, 1995 y Solís, 1998).

Figura 22. Valor agregado de la pulpa de café



a) Cultivo de hongos

El cultivo de hongos, como el *Pleorotus*, utilizando como sustrato la pulpa de café, ha sido evaluado desde hace veinte años, con algunas dificultades por ser un sustrato rico que se contamina con facilidad. La pasteurización de la pulpa es necesaria para evitar problemas de contaminaciones posteriores. La utilización de mezclas de materiales lignocelulósicos con la pulpa de café se ha evaluado con mejores resultados. La producción de hongos comestibles requiere de capacitación y asistencia técnica para poder obtener una producción estable y de calidad aceptable. La tecnología de producción de hongos de manera comercial necesita instalaciones que aseguren sistemas cerrados de producción.

b) Abono orgánico

El abono orgánico se obtiene mediante un proceso de fermentación aerobia o anaerobia, utilizando diferentes sistemas, en los que predominan la obtención

a) Cultivo de hongos

El cultivo de hongos, como el *Pleorotus*, utilizando como sustrato la pulpa de café, ha sido evaluado desde hace veinte años, con algunas dificultades por ser un sustrato rico que se contamina con facilidad. La pasteurización de la pulpa es necesaria para evitar problemas de contaminaciones posteriores. La utilización de mezclas de materiales lignocelulósicos con la pulpa de café se ha evaluado con mejores resultados. La producción de hongos comestibles requiere de capacitación y asistencia técnica para poder obtener una producción estable y de calidad aceptable. La tecnología de producción de hongos de manera comercial necesita instalaciones que aseguren sistemas cerrados de producción.

b) Abono orgánico

El abono orgánico se obtiene mediante un proceso de fermentación aerobia o anaerobia, utilizando diferentes sistemas, en los que predominan la obtención de composta utilizando lombrices, aunque se utilizan también bacterias y enzimas. Es un proceso que se ha adoptado ampliamente a diferentes niveles y escalas.

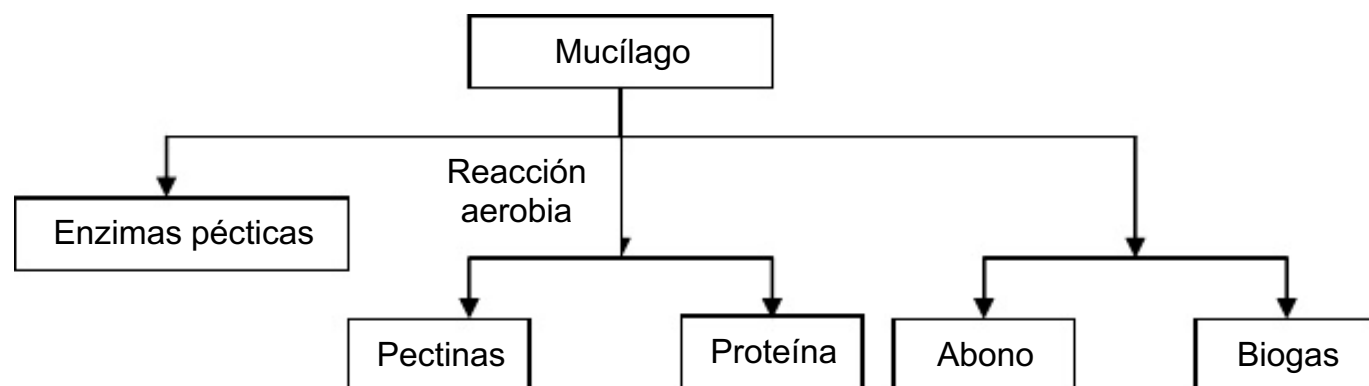
c) Alimento para el ganado

La utilización de la pulpa como alimento para el ganado se ha practicado en Centroamérica, ya sea fresca o ensilada en mezclas con forrajes para alimentar bovinos, principalmente, como alternativa para reducir costos de alimentación de ganado.

d) Sustrato para microorganismos

La pulpa de café se ha utilizado de manera experimental como sustrato para la producción de microorganismos como fuente de proteína unicelular, para la producción de metabolitos secundarios, la extracción de cafeína, la producción de biogás, carbón activado y sustrato para el crecimiento de larvas de dípteros.

Figura 23. Valor agregado del mucílago

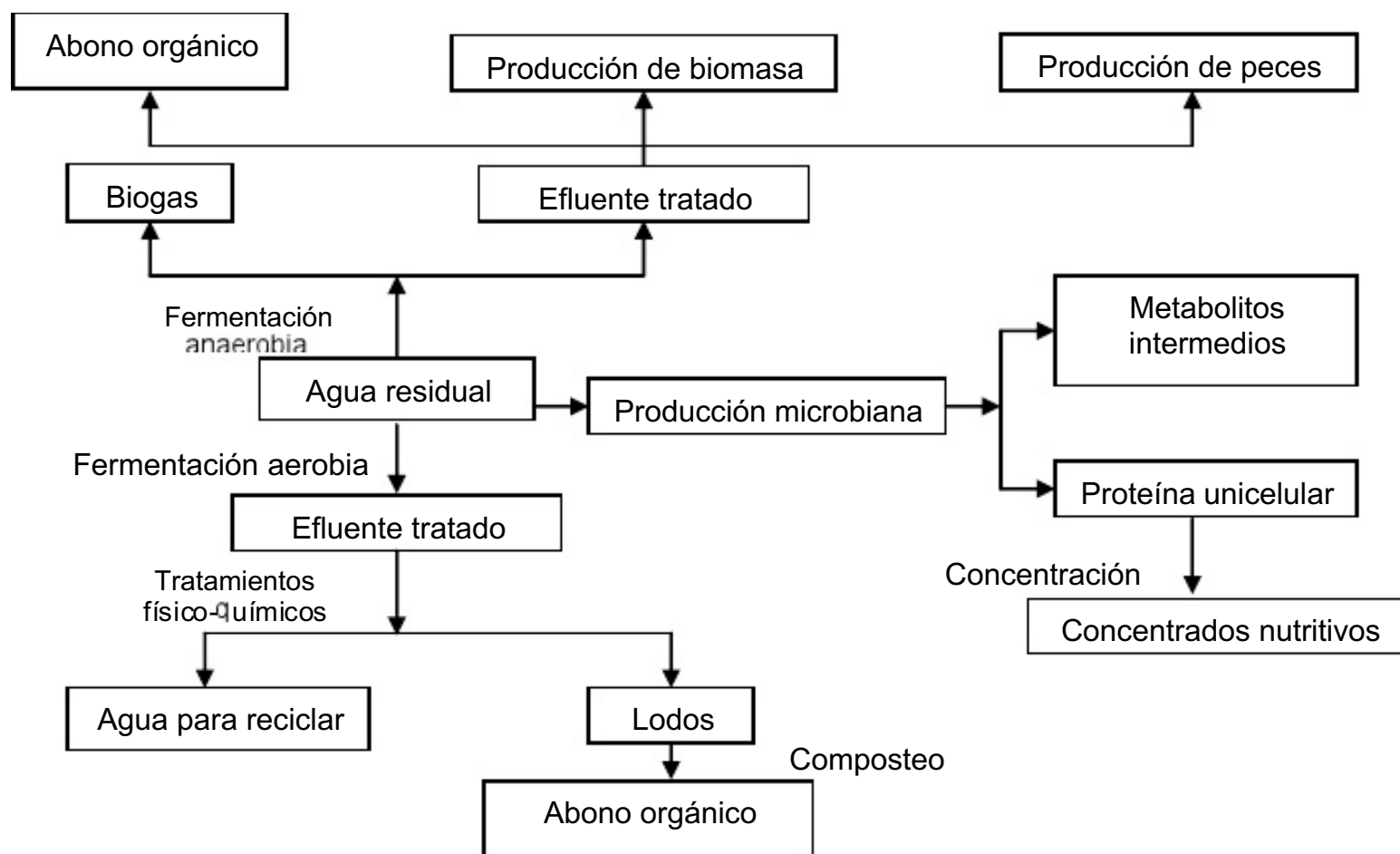


3.1.1.7.2. Aprovechamiento de las aguas residuales

Las aguas residuales es otro subproducto que representa un grave problema de contaminación en esta industria, cuyo aprovechamiento no se ha logrado concretar. La utilización de las pectinas que contiene el mucílago de los granos de café despulpados presenta la dificultad de su inmediata biodegradación, puesto que los medios para obtenerla de manera aséptica no son posibles, requiere de un pretratamiento que evite su descomposición. Para poder obtener la pectina es necesario evitar la fermentación de los granos, obteniendo el mucílago mediante una máquina desmucilagadora inmediatamente del despulpe. En la siguiente figura se presentan las alternativas para aumentar su valor.

Las aguas residuales de los beneficios húmedos del café se descargan sin tratamiento alguno a los ríos de las regiones cafetaleras, las alternativas de solución para este problema deben encaminarse a su aprovechamiento. Las propuestas para su utilización son: como un sustrato rico para la fermentación microbiana en procesos de obtención de metabolitos intermedios o productos finales. La posibilidad de su uso está aún en etapas de experimentación, se ha probado su utilización como sustrato para la producción de alcoholes y ácidos orgánicos como el acético, propiónico y butírico, así como para la producción unicelular. Un campo potencial de aprovechamiento es para la obtención de sustancias nutritivas para la agricultura, se ha probado también para la producción de biogás y como sustrato para el crecimiento de algas y peces. En la siguiente figura se señalan las posibilidades de agregarle valor a este subproducto.

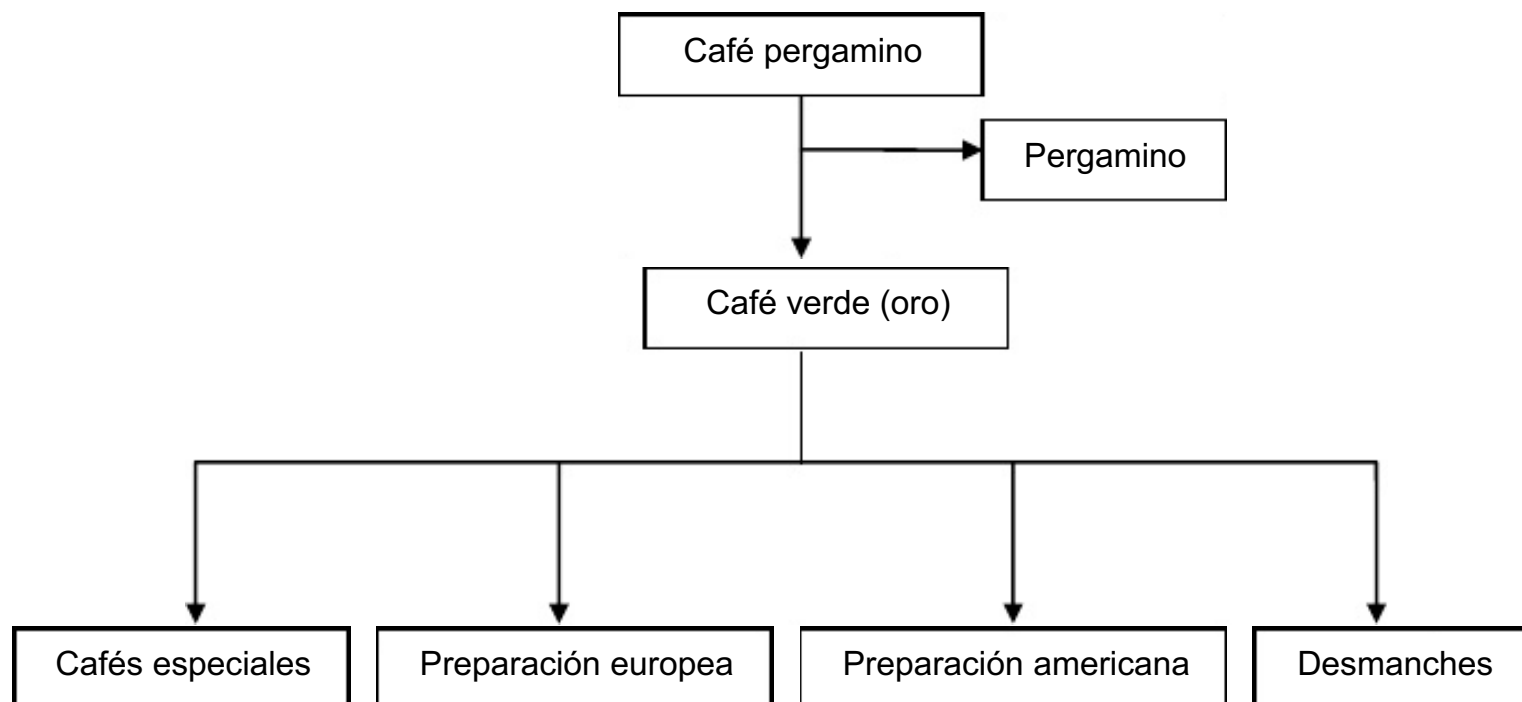
Figura 24. Formas de aprovechamiento de las aguas residuales



3.1.2. El beneficio seco

El objetivo del proceso se concreta a obtener partidas de semillas de café libre del endospermo, lo que se denomina como café oro o verde, con características de forma, tamaño, peso y color uniformes, de acuerdo a lo que establecen los contratos de venta de las empresas. La obtención de lotes de café de calidad diferenciada representa el mayor valor agregado en esta etapa de la cadena agroindustrial. De esta forma la clasificación de lotes de café en grados de calidad, que permita un mayor ingreso, es el esfuerzo más importante de esta industria, para lo cual establecen un mecanismo de control de calidad, que involucra la especialización de una persona que lleva al cabo el control de calidad hasta la evaluación sensorial del café, cuyos juicios son importantes en las operaciones de comercialización. Esta industria oferta café en las preparaciones comerciales tradicionales: americana y europea, sin embargo, puede dar un mayor valor agregado con la obtención de partidas de cafés especiales como los orgánicos, sustentables, ecológicos, de sombra, amigables de los pájaros, gourmets, caracolillos, por variedades y cafés con denominación de origen, entre otros.

Figura 25. Alternativas para el café verde (oro)



3.1.2.1. El proceso del beneficiado seco del café

El beneficio seco representa la forma tradicional de procesamiento de café cereza, se distingue del beneficio húmedo por la eliminación de actividades como el despulpado y lavado. La cereza cosechada se deshidrata mediante la exposición al sol en patios de cemento, acomodando el grano en capas de 2 a 5 centímetros de grosor por espacio de 10 a 15 días, según la madurez del fruto y las condiciones climáticas. De este proceso se obtiene el café conocido como bola o capulín. Posteriormente con el objetivo de obtener el café verde u oro natural con la calidad y presentación que demanda el mercado, se lleva al cabo un beneficio seco que comprende las siguientes etapas:

a) Prelimpia

Consiste en la separación de las impurezas de la cereza seca, utilizando máquinas vibradoras y mallas.

b) Morteado

Eliminación de la película externa del café, con máquinas que operan por fricción o desgarramiento.

c) Clasificación

Incluye la selección por tamaño, forma y densidad, a partir de aire y vibración, así como una clasificación por color, utilizando equipos eléctricos, en la mayoría de los casos.

d) Envasado y almacenado

El café verde u oro se envasa en sacos de yute de 69 kilogramos netos, para almacenarse son acomodados en estibas de no más de 25 sacos, montados en tarimas de madera. Los almacenes mantienen una humedad relativa del 55 al 60 por ciento, a temperaturas de entre 22 y 30 grados centígrados (Díaz D.S., 1993)

Figura 26. Proceso de beneficiado seco del café

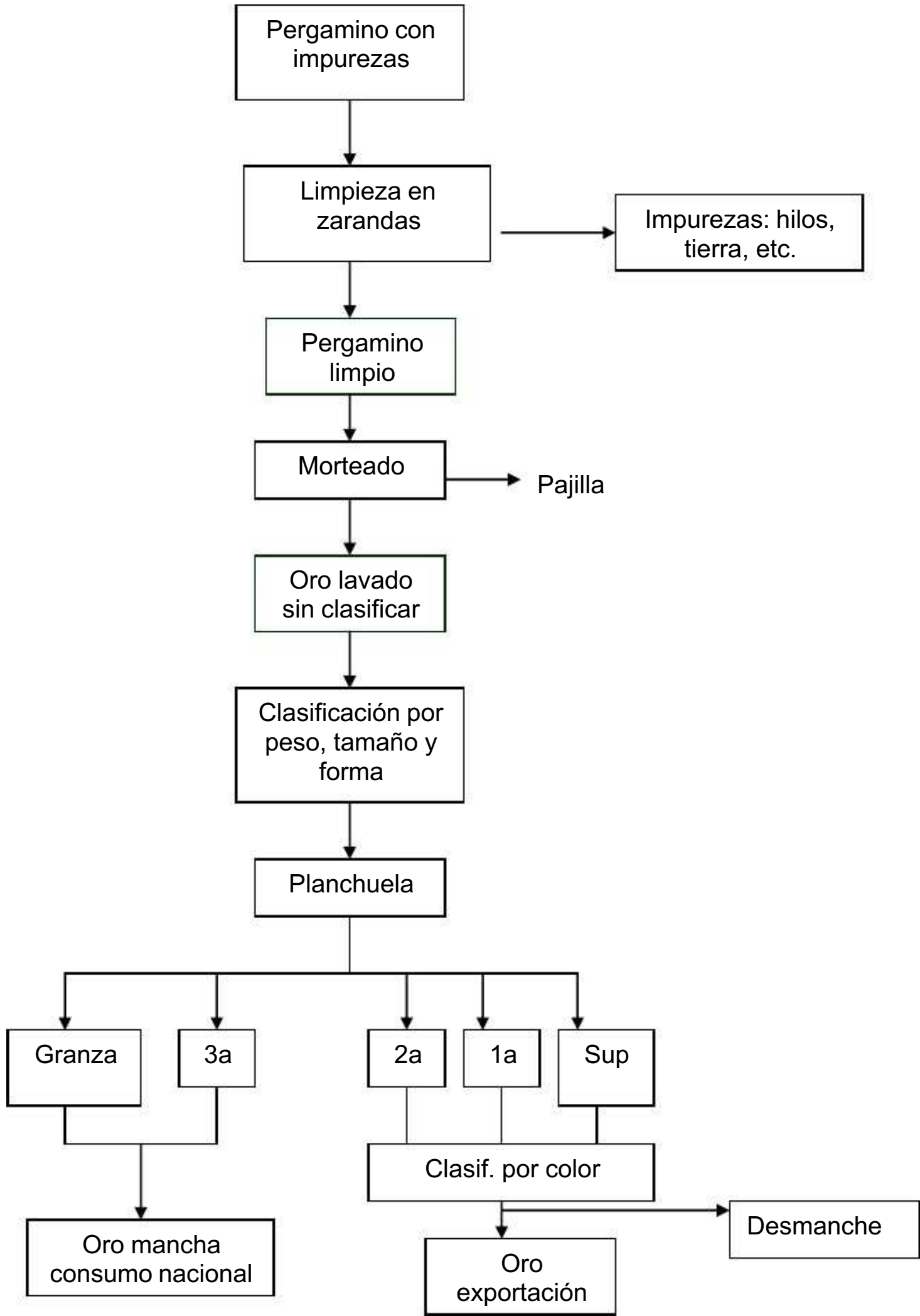
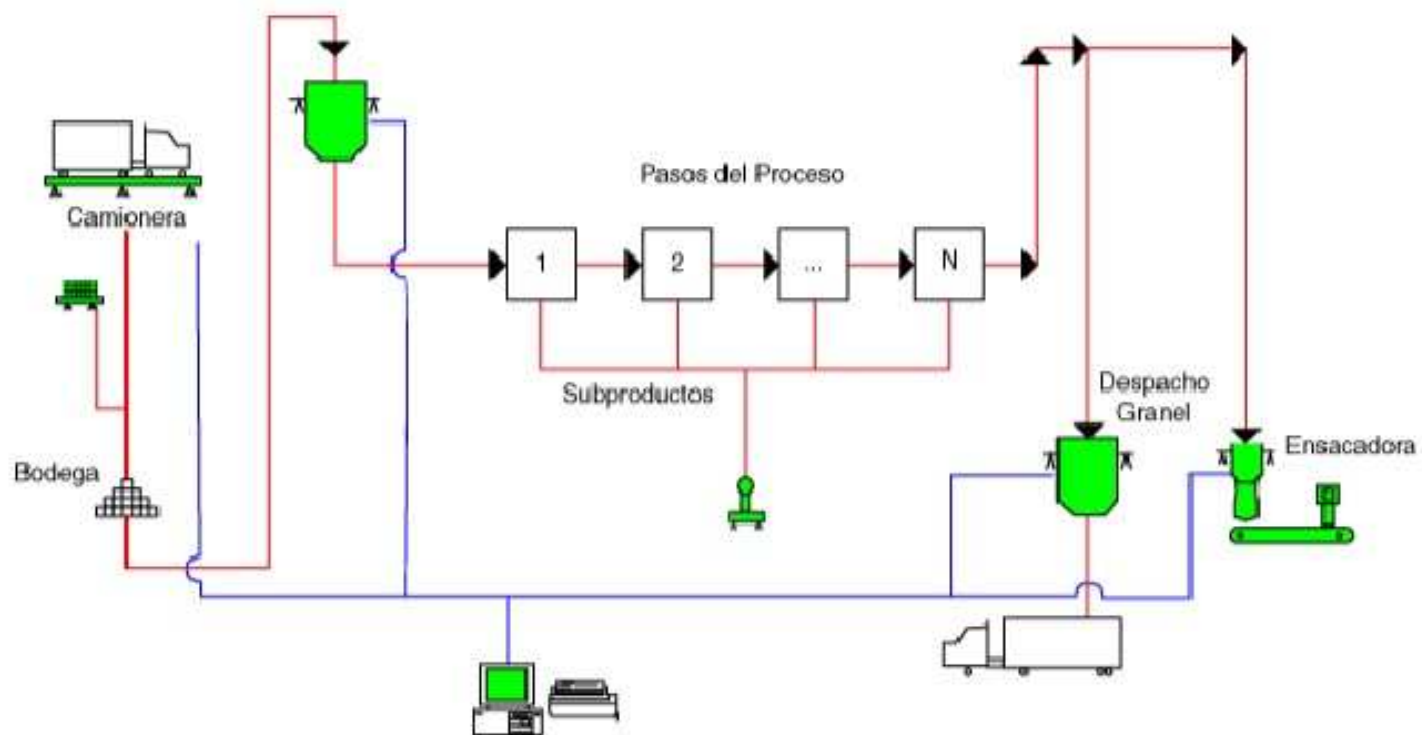


Figura 27. Diagrama de beneficiado seco del café en industria automatizada



El resultado que se obtiene de cafés que no se lavan en el beneficio húmedo es lo que comúnmente se llama “cafés naturales”, los que se caracterizan por un sabor más astringente, debido al tipo de fermentación. Durante algún tiempo se consideró a este tipo de cafés como de menor calidad, sin embargo, si el proceso ha sido adecuado se pueden obtener cafés de calidades reconocidas a nivel internacional como es el caso de los llamados “naturales de Atoyac”, que se exportan tanto a EU como a Europa, particularmente a Holanda y Alemania recibiendo un sobreprecio.

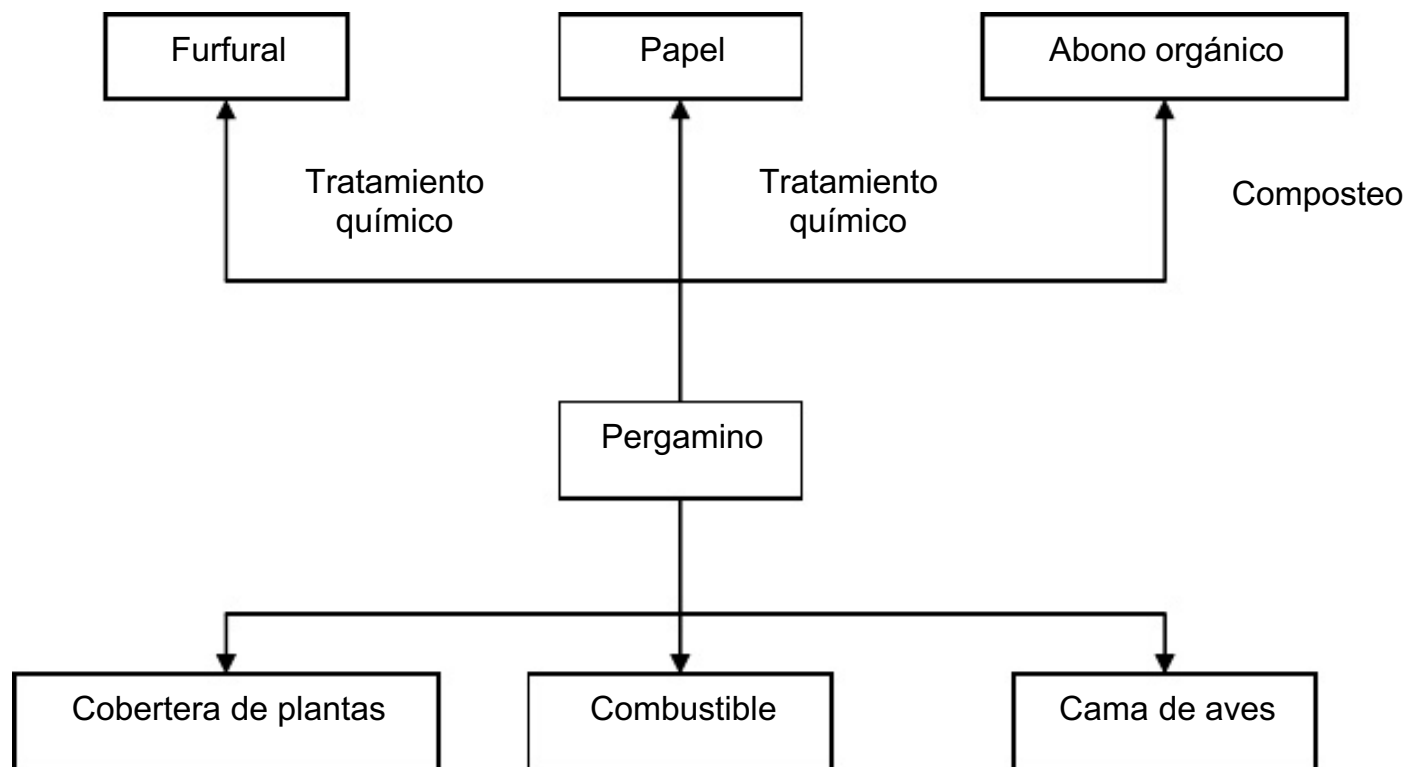
Los principales estados productores de café natural son: Puebla, Veracruz, Chiapas y Guerrero, sobresaliendo este último con más del 20 por ciento del total nacional (ASERCA 2002).

3.1.2.2. Subproductos del beneficiado seco

El principal subproducto de esta industria es el endospermo, conocido comúnmente como pergamino o cascabillo, el cual no se le da ningún valor agregado aún cuando se han intentado usar para la producción de papel y la producción de furfural. Debido a sus características energéticas se usa como combustible para secar el café en el beneficio húmedo, en lo que representa su uso más común.

El tratamiento químico de este material rico en celulosa ha sido evaluado a nivel laboratorio para la obtención de papel y furfural, técnicamente se ha demostrado su factibilidad, sin embargo, debido a que existen materiales que lo superan en calidad y cantidad (rendimiento), no ha logrado tener un desarrollo a escala comercial. En el siguiente gráfico se muestran los usos potenciales del pergamino.

Figura 28. Alternativas de uso del pergamino

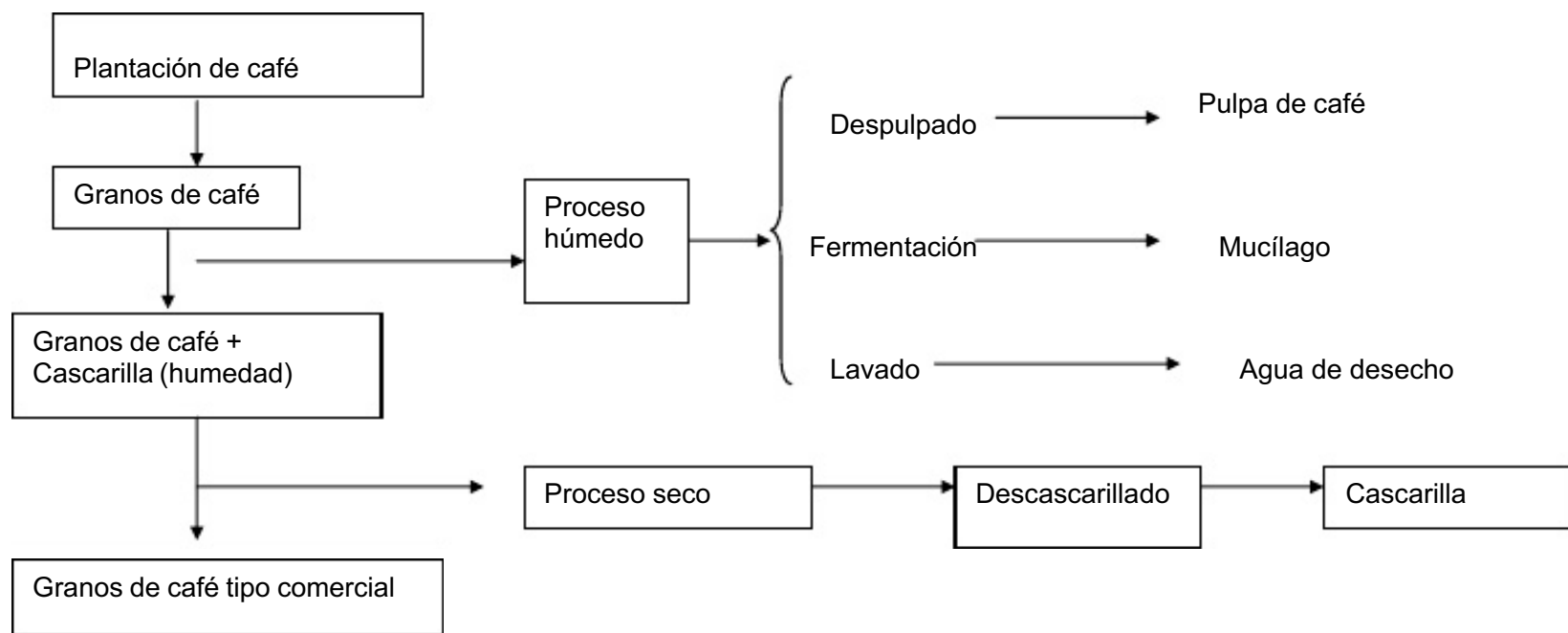


En esta etapa se puede considerar como valor agregado la oferta de servicios financieros y técnicos para beneficios de menor escala e inclusive hasta la producción agrícola, por lo que es común encontrar empresas cafetaleras que ofrecen créditos, venden insumos agroindustriales y ofrecen asistencia técnica a productores, beneficiadores y servicios de comercialización. Existen empresas que ponen su capital en acciones de bolsa para incrementar su rendimiento, de tal forma que el capital de la empresa esté trabajando o ganando intereses.

3.1.2.3. Los subproductos de los beneficios seco y húmedo

El café ha sido por muchos años uno de los cultivos más rentables, tanto en América Latina como en otras partes del mundo. Es importante señalar que aunque la productividad ha venido aumentando, el método usado para procesar el fruto del café no ha sufrido mayor cambio a través de los años. Por otra parte, se ha prestado poca atención a los subproductos, pero debido a la contaminación ambiental y a la escasez de materia prima para procesar y elaborar raciones para animales, estos materiales han recibido una gran atención comparativamente con el pasado. Los subproductos principales son: pulpa de café, mucílago y el pergamino o cascarilla (Campos, P.J, 1987).

Figura 29. Diagrama de procesamiento del grano de café y sus subproductos



3.2. Aprovechamiento maderable en sistemas cafetaleros tradicionales

Durante la reciente crisis cafetalera, las unidades de producción especializadas en café se vieron en la necesidad de buscar proyectos productivos alternativos que resolvieran en parte los problemas económicos causados por los bajos precios del grano.

En reuniones conjuntas entre los productores y la Universidad Autónoma Chapingo, se determinó que los talleres-aserraderos para la elaboración de cajas de empaque tienen una gran demanda de madera de especies corrientes tropicales, las cuales forman parte de la sombra de las fincas cafetaleras; por lo contrario, estos recursos maderables, por mucho tiempo se han utilizado sólo para uso doméstico. Por lo anterior, se concluyó que el aprovechamiento comercial de los recursos maderables existentes en la sombra de los cafetales, es un proyecto viable.

La sombra de café encierra una gran riqueza, ya que su composición está constituida por una gran cantidad de especies vegetales de usos múltiples como son sombra, maderable, alimenticia, hospederas de insectos

3.2. Aprovechamiento maderable en sistemas cafetaleros tradicionales

Durante la reciente crisis cafetalera, las unidades de producción especializadas en café se vieron en la necesidad de buscar proyectos productivos alternativos que resolvieran en parte los problemas económicos causados por los bajos precios del grano.

En reuniones conjuntas entre los productores y la Universidad Autónoma Chapingo, se determinó que los talleres-aserraderos para la elaboración de cajas de empaque tienen una gran demanda de madera de especies corrientes tropicales, las cuales forman parte de la sombra de las fincas cafetaleras; por lo contrario, estos recursos maderables, por mucho tiempo se han utilizado sólo para uso doméstico. Por lo anterior, se concluyó que el aprovechamiento comercial de los recursos maderables existentes en la sombra de los cafetales, es un proyecto viable.

La sombra de café encierra una gran riqueza, ya que su composición está constituida por una gran cantidad de especies vegetales de usos múltiples como son sombra, maderable, alimenticia, hospederas de insectos comestibles, ornamental, medicinal o aportadora de abono.

CAPÍTULO IV

VALOR AGREGADO INDUSTRIAL

Se considera industria final a la que obtiene productos de consumo final, en este caso el producto de consumo final más importante es el polvo soluble listo para obtener la bebida de café, inclusive ésta representa el producto al detalle, último en la cadena agroindustrial del café. Como industrias de consumo final tenemos dos importantes: las plantas torrefactoras y las plantas solubilizadoras.

4.1. Industria de la torrefacción

Existe una diversidad de productos de café empezando con las mezclas de café con sucedáneos como maíz, garbanzo, haba, etc., las mezclas de café con azúcar tal como lo permite la norma de café tostado y las mezclas de cafés lavados, naturales y robustas. La introducción de cafés mezclados con saborizantes representa un nuevo valor agregado para los cafés de baja calidad.

4.1.1. Proceso de tostado y molido del café

a) Recepción

El café verde procedente de las principales zonas cafetaleras del país, es transportado en sacos de 69 kg a la planta. Al momento de recibirlo se hace un muestreo de la carga para definir sus características.

b) Mezcla y alimentación

El café verde es mezclado con el fin de balancear las propiedades sensoriales que lo caracterizan (sabor, acidez, cuerpo y aroma). La mezcla está compuesta por granos de las diferentes regiones cafetaleras del país.

c) Tostado

El café verde es suministrado a los tostadores (a base de gas) en cargas de 280 kg, donde se hace pasar aire caliente dentro del cilindro que gira continuamente. El tiempo de tostado es entre 10 y 20 minutos.

El tostado del grano del café es esencialmente un proceso de exposición de los granos verdes a un proceso de calentamiento que es suficientemente rápido para dejar el grano libre de humedad, el residuo del grano seco es calentado a más de 180° C (300° F). A esta temperatura, ocurren cambios químicos dentro del grano como la pirolisis o descomposición termal. El tostado también ocasiona cambios físicos en el color, tamaño y la forma del grano.

Los principales métodos de tostado son: Métodos de contacto de sólidos y fluidos, método de expansión o hinchado de los granos, método de altas temperaturas y corto tiempo de tostado, tostado con aparatos de anaquel,

método de tostado individual de los granos, tostado a presión, removimiento del dióxido de carbono en el tostado, método de recubrimiento condensado y regreso al tostado, tostado con calor dieléctrico, método de calentado de los granos en cera derretida y edad artificial de los granos de café verde.

d) Enfriamiento A

Una vez que el café tomó el punto de tostación definido, se expone a un enfriamiento brusco mediante un rociado de agua dentro del mismo cilindro del tostador.

e) Caramelizado

Inicia incorporando el azúcar en ollas rotativas que son expuestas a altas temperaturas, lo que provoca que pase a un estado líquido, espeso y de color oscuro. Enseguida se añade el café semitostado y se mezclan, hasta que toma el típico color y brillo de los granos de café caramelizado.

f) Enfriamiento B

Para disminuir la temperatura con la que sale el café, debe permanecer de 15 a 20 minutos en el enfriador rotatorio, donde se somete a aire frío.

g) Reposo y desgasificado

Ya frío, el café se empaca y se pone a reposar por 24 horas, para que termine de desgasificarse, disminuya a temperatura ambiente y el azúcar se cristalice.

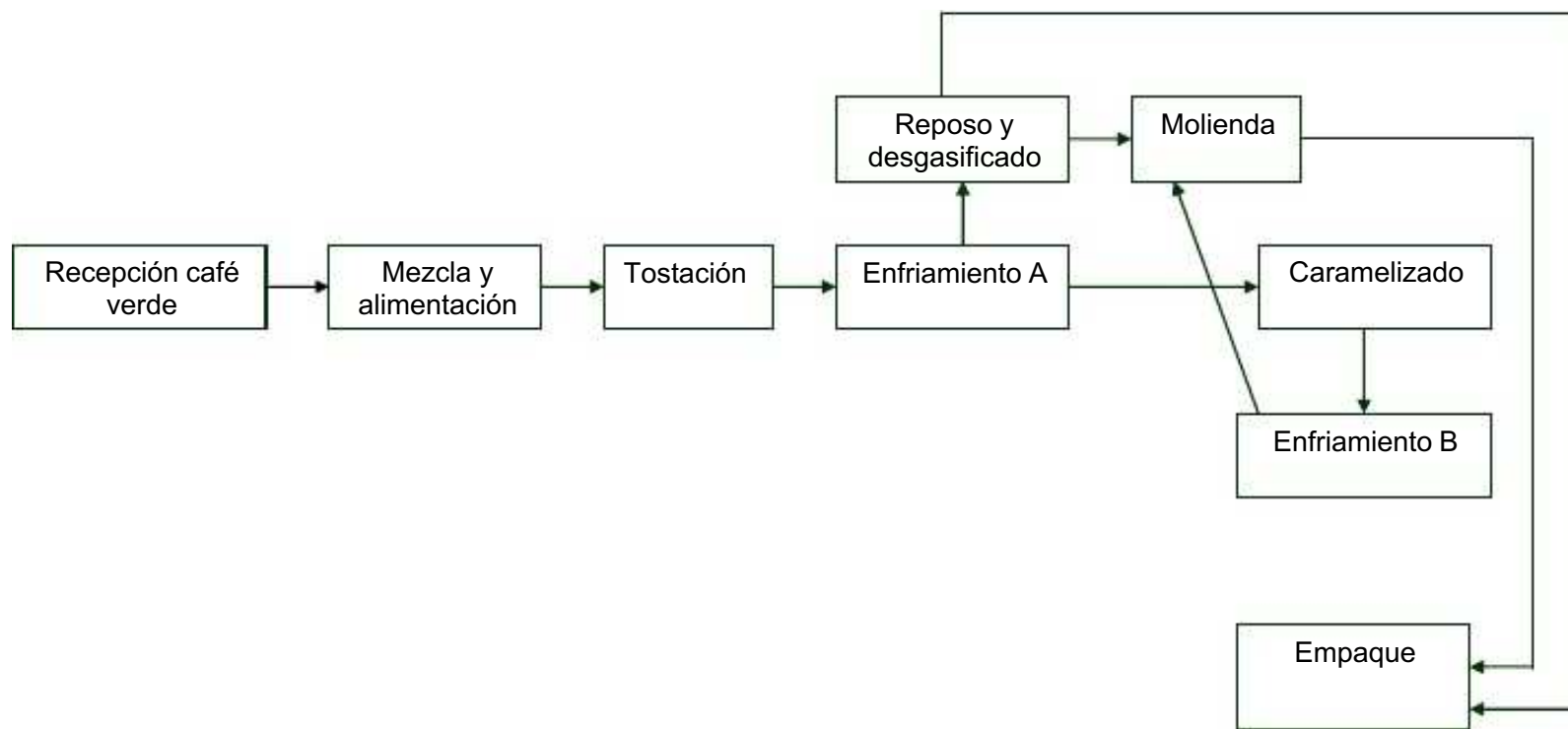
h) Molienda

Para facilitar la extracción de sólidos al colar, el café se alimenta a un molino de rodillos donde es quebrado hasta ser reducido al tamaño deseado; enseguida el café pasa por una criba vibratoria para eliminar las partículas que no cumplan con el tamaño de molienda requerido.

i) Empaque

El café tostado y/o molido es envasado en diversas presentaciones según el peso. Puede ser empacado en bolsas laminadas, papel filtro o latas; estas últimas son llenadas al alto vacío para darle mayor frescura en su vida de anaquel (Morales R.V.1993).

Figura 30. Diagrama de proceso de tostado y molido del café



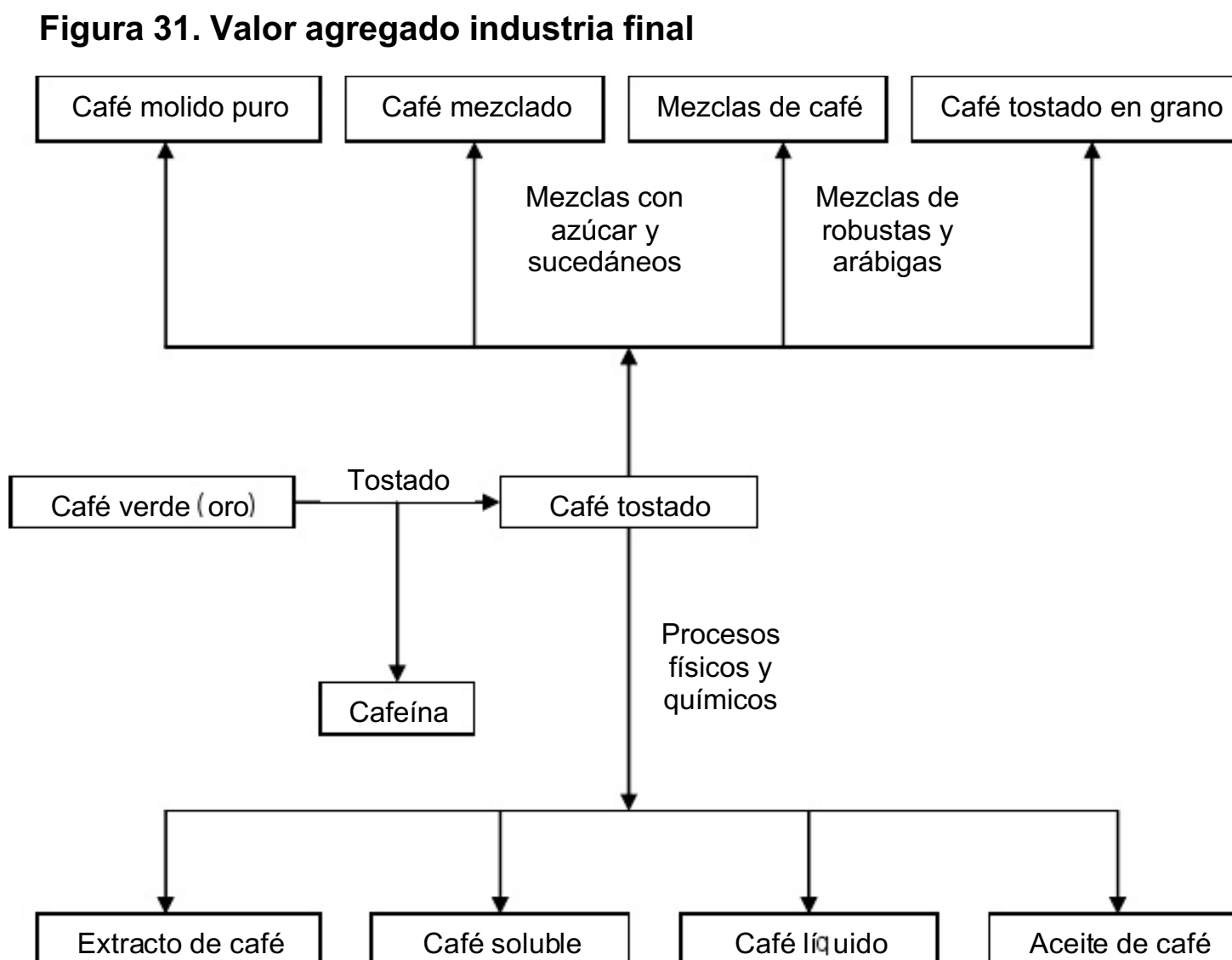
4.2. Industria del café soluble

El tostado forma parte del proceso de obtención de café soluble, que representa el producto con mayor valor agregado dentro de la cadena agroindustrial. Cabe destacar que el consumo nacional de café es en gran medida como café soluble. La compañía Nestlé es la que domina el mercado, con pequeñas participaciones de empresas como Cafés Solubles de Veracruz, Café Internacional de Córdoba y Cafés Marino. En esta industria es donde se encuentra el mayor potencial de diversificación de productos y de mayor valor agregado, en la cual integran sistemas de control de calidad, de investigación y desarrollo de nuevos productos. El café soluble es el principal producto en sus diferentes mezclas, sin embargo, pueden integrar procesos de descafeinado (antes de tostar el café), obteniendo cafeína para la industria farmacéutica y de refrescos. La obtención de café líquido ha permitido obtener un producto novedoso en el mercado. La extracción de aceites de café y extractos, son productos que se destinan a la industria de confitería para la elaboración de dulces y postres con sabor a café y de la industria de licores para obtener mezclas de aguardiente, mezcal o tequila con café.

4.2. Industria del café soluble

El tostado forma parte del proceso de obtención de café soluble, que representa el producto con mayor valor agregado dentro de la cadena agroindustrial. Cabe destacar que el consumo nacional de café es en gran medida como café soluble. La compañía Nestlé es la que domina el mercado, con pequeñas participaciones de empresas como Cafés Solubles de Veracruz, Café Internacional de Córdoba y Cafés Marino. En esta industria es donde se encuentra el mayor potencial de diversificación de productos y de mayor valor agregado, en la cual integran sistemas de control de calidad, de investigación y desarrollo de nuevos productos. El café soluble es el principal producto en sus diferentes mezclas, sin embargo, pueden integrar procesos de descafeinado (antes de tostar el café), obteniendo cafeína para la industria farmacéutica y de refrescos. La obtención de café líquido ha permitido obtener un producto novedoso en el mercado. La extracción de aceites de café y extractos, son productos que se destinan a la industria de confitería para la elaboración de dulces y postres con sabor a café y de la industria de licores para obtener mezclas de aguardiente, mezcal o tequila con café.

En el siguiente diagrama se incluyen los diferentes productos con valor agregado de la industria de transformación final.



4.2.1. Proceso de solubilización del café

El café soluble es el producto de la concentración de los sólidos solubles del café (*Coffe arabiga*, *C. canephora* y *C. liberica*, principalmente), hasta convertirlos en un polvo fino con no más del 3% de humedad. Es preparado únicamente con café tostado y/o molido y agua, además puede contener trazas de material insoluble, el café soluble puede ser obtenido de mezclas de diferentes especies.

a) Clasificación y tostado

El café se recibe y almacena por lotes identificados, con los datos de procedencia, fecha de ingreso y calidad. Se utilizan tostadores con capacidad de 138 kg para obtener de 120 a 125 kg de café tostado. Los aspectos principales son: la correcta identificación de los lotes a procesar y dar un tostado ligero a medio para lograr un café soluble con mejores cualidades.

b) Pesado y mezclado de café

El grano tostado se recibe en 4 silos de 7 toneladas cada uno, registrando la cantidad recibida (peso). Aquí se realizan las mezclas según las proporciones preestablecidas. A excepción de que se maneje un sólo tipo de café.

c) Molienda

La mezcla de café se tritura con un molino de martillos, el cual procesa 330 kg cada 15 minutos y el mayor cuidado debe ser lograr una molienda media, ya que el grano fino tapa los extractores y una molienda gruesa reduce la eficiencia en la extracción.

d) Extracción

El café molido se deposita en 4 tolvas de 350 kg cada una, desde donde se distribuye a los 7 extractores conectados en serie. De acuerdo a la densidad del café, se depositan entre 320 y 330 kilogramos a cada unidad, la que se cierra herméticamente y a través de la inyección de agua a 180° C y 15-16 kg/cm² de presión, se realiza la extracción durante 45 minutos. Por cada kilogramo de café se obtendrán 3 kilogramos de extracto y en conjunto una tercera será de licor "A" más rico, con alrededor de 16° Bx y las otras dos terceras partes son de licor "B" con 8 a 9° Bx. El licor "A" pasa directamente después de la centrífuga al tanque de mezclado para el posterior secado, lo que permite mantener en parte las cualidades del café y, el licor "B", dada su baja concentración, se lleva al proceso de evaporación.

La extracción es la etapa donde más se dificulta la separación entre lotes del proceso, por la conexión en serie de los extractores, donde el agua utilizada se pasa en cinco ocasiones por diferentes unidades hasta lograr el "agotamiento" (extracción completa) de los sólidos solubles del café. Se requieren entonces tres cargas de extractor, para garantizar la pureza del soluble obtenido. En este

caso, por las cantidades de café enviadas para “arrastre” y las indicaciones de proceso, la separación entre café convencional y el orgánico es adecuada.

Una vez que el café ha sido agotado, se retira del extractor y se envía a un patio de secado. Por su parte, el extracto se pasa a un intercambiador de calor para bajar su temperatura hasta 40-42° C y se deposita en 3 tanques de 4000 lt cada uno.

e) Evaporación

El extracto se centrifuga mientras que el licor “B” se envía al proceso de evaporación para su concentración en un sistema de placas de triple efecto, que lleva el licor a 40-50° Bx. Las condiciones de operación son 4 kg/cm² de vacío y 90-100° C de temperatura, siendo esta etapa donde se provoca la mayor pérdida de compuestos aromáticos del café. El extracto concentrado se almacena en 3 tanques de preparación, donde se mezclan los dos tipos de extracto, cuya combinación se lleva a 2 tanques de alimentación de 3000 y 4000 lt, respectivamente. De los evaporadores se descarga agua condensada, que se lleva a un sistema de enfriamiento y se recircula.

f) Secado y pulverización

El licor concentrado se alimenta al secador de cascada (torre de 34 m) a 45 kg/cm² de presión y se atomiza a través de una tobera. El secado es con aire a contracorriente a 260° C y se procesan en 24 hr 6 toneladas de café seco, el cual se pasa a un molino de martillos que opera a 3600 rpm y permite tener un polvo fino con alta superficie de contacto para la siguiente fase del proceso.

g) Aglomeración

Mediante un ciclón de 12 mangas, el café seco pulverizado se alimenta al aglomerador de cascada, donde se inyecta vapor a 3 kg/cm² de presión y 95° C de temperatura, cuya corriente hace que las partículas de café pulverizado se adhieran unas a otras, formando cadenas conglomeradas con 10 a 15% de humedad.

h) Secado y tamizado

Del aglomerador, el café pasa a un lecho fluidizado, llamado “caja de muerto”, al cual se inyecta aire a 30° C por un lado y, por otro, aire a temperatura ambiente, provocando un pequeño choque térmico que seca al aglomerado (2 a 2.4% de humedad) y lo hace más resistente al transporte. La vibración del lecho fluidizado hace que se separen el polvo fino que no fue aglomerado. El producto pasa a un tamiz donde se terminan de eliminar los finos, que no se separaron en el secador y todos se recirculan al aglomerador.

i) Envasado

El café soluble con facilidad absorbe la humedad del medio, por lo que se debe almacenar en lugares con humedad controlada e incluso se recomienda envasarlo inmediatamente, ya que de no hacerlo se siguen perdiendo compuestos aromáticos y de sabor. En un principio se usaban envases de vidrio, luego el envase PET (polietilentereftalato) y ahora se utiliza más el PVC. El envase es llenado, pesado, etiquetado y tapado, colocando debajo de la tapa una película de papel encerado o de aluminio para asegurar que el producto no tenga intercambio gaseoso con el exterior, antes de que llegue al consumidor (Díaz C. S., 1995).

4.2.1.1. Características del producto envasado

- Humedad: menor a 3%
- Densidad: alrededor de 200 g/l
- Color: café oscuro a claro
- Aspecto: polvo aglomerado
- Porcentaje de finos: menor a 40%
- Envasado: envases de plástico
- Presentación: frascos de 50, 100 y 200 gramos
- Embalaje: cajas de cartón con 12 envases
- Vida de anaquel: con el envase herméticamente cerrado y manteniendo en lugar fresco, más de un año
- Preparación doméstica: polvo soluble más azúcar y agua caliente o fría (Morales, R.V. 1993)

4.2.1.2. Empaque del café soluble

Debido a la naturaleza higroscópica del café soluble, el empaque debe ser realizado donde se mantenga controlada la humedad. El equilibrio relativo de humedad de los cafés puros solubles a 23°C son recomendados por Landrock y Proctor.

Cuadro 21. Contenido de humedad inicial versus equilibrio de humedad relativa, en el envasado del café soluble

Contenido de humedad inicial (%)	Equilibrio de humedad relativa (%)
1.00	0.0
1.61	7.5
1.85	10.9
3.14	18.0
5.48	32.0
6.47	36.3
6.94	39.3
9.31	51.2

Si el café soluble es mantenido estrechamente en contenedores cerrados, el producto no se endurece ni muestra cualquier otro signo de deterioro. Sin embargo, si no se lleva un control de humedad, el polvo podría perder sus características y si es expuesto a altas temperaturas atmosféricas por largos períodos puede convertirse en una masa.

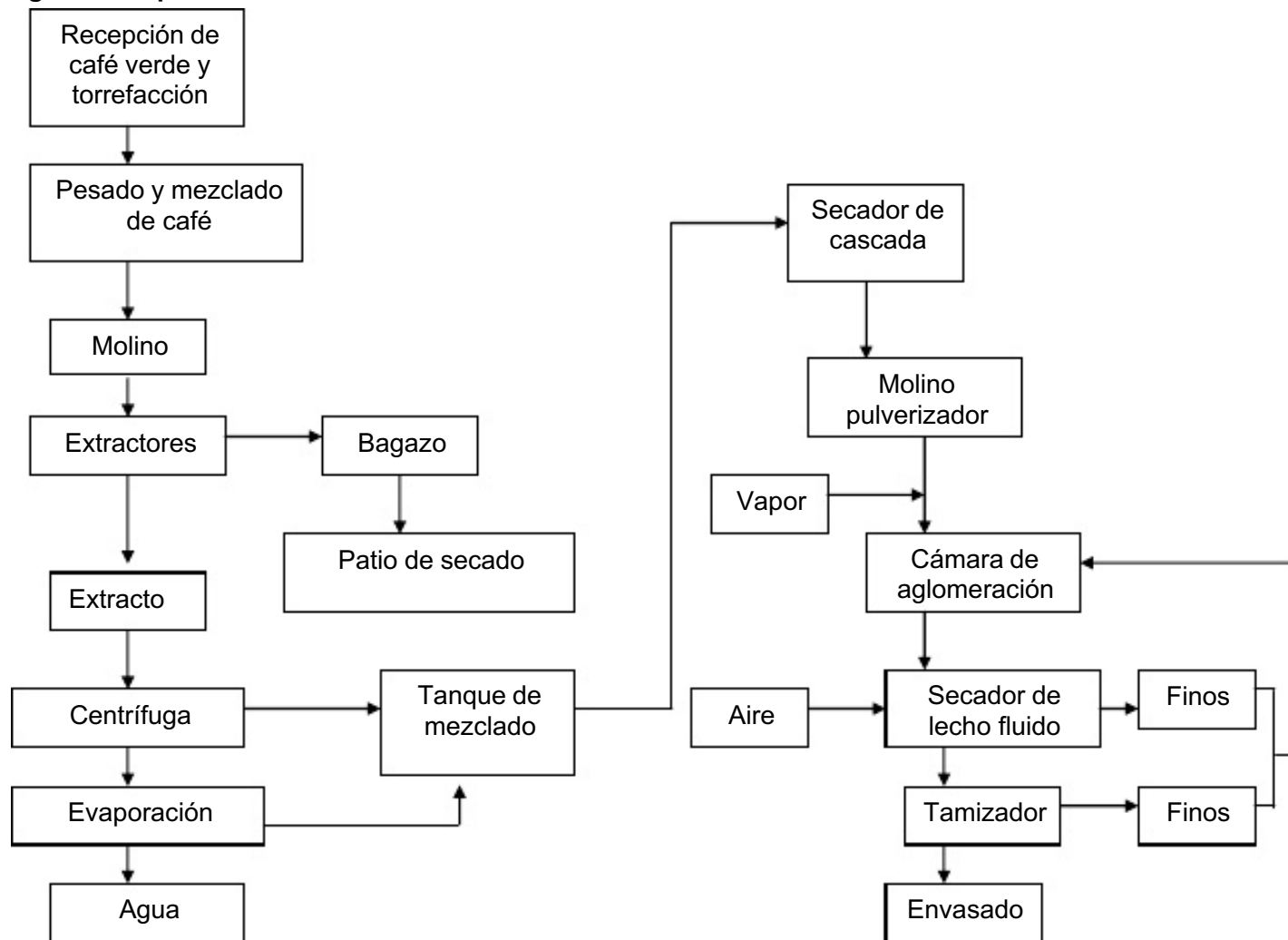
Otro requerimiento en el empaque de café soluble es el protegerlo contra las pérdidas de aromas volátiles o de los componentes del sabor. Esas pérdidas ocurren particularmente cuando los contenedores son abiertos y expuestos a las condiciones atmosféricas (oxígeno y humedad).

Las características grasas del aceite de café causan que las partículas del café instantáneo se adhieran unas con otras y en consecuencia el producto se torna de una apariencia poco atractiva. Debido a que no fluye libremente, esto dificulta que los consumidores midan con una cuchara la cantidad requerida para dar a una taza de café la fuerza deseada. Como el nivel del aceite de café se incrementa, el sabor y la intensidad del aroma del café instantáneo es también incrementado, pero estas características llegan a ser malas. Así la solubilidad, sabor y la intensidad del aroma pueden ser sacrificados en la parte previa del proceso.

El proceso de I.M. Reich permite mejorar las características de solubilidad a un finamente dividido café instantáneo, mismas que han sido reducidas por mezclarse con un material grasoso comestible. Esto es efectuado por mezcla con un polvo de café instantáneo, las partículas que tienen una mayor área de superficie por unidad de peso que las partículas del café instantáneo a las cuales se les mezcló el aceite. Este resultado puede ser obtenido sobre un amplio rango de niveles de aceite de café sin afectar la calidad del café instantáneo y sin el uso de otros aditivos. El aceite de café puede ser derivado del tostado de café, por ejemplo, por prensado o por extracción con solventes.

El agregar polvo de café instantáneo puede provenir de un secado convencional, por spray o puede ser un café instantáneo secado por otros métodos, por ejemplo, por congelado u otros.

Figura 32. Diagrama del proceso de la solubilización del café



4.2.2. Proceso de descafeinización por intercambio iónico

La cafeína es removida del café mientras el concentrado del extracto de café va pasando a través de una o más camas de intercambio de iones la cual es capaz de remover la cafeína del extracto. Se ha encontrado que la remoción de la cafeína de esta manera puede ser eficiente desechando de esta forma aproximadamente el 100%.

Sin embargo, la acción del intercambio iónico reduce el valor del pH del extracto al punto tal que se da una pérdida de sabor y se produce una precipitación. Si el extracto es mantenido por un largo tiempo en este nivel bajo del pH la precipitación puede ser eliminada con dificultad y la pérdida del sabor no puede ser evitada después que ésta ha empezado a desarrollarse. Se ha encontrado que la pérdida de sabor y precipitación se pueden eliminar si se trata inmediatamente el extracto descafeinado con un agente neutralizador bajo condiciones que restauren el pH original a su valor original de 5 a 5.2. Con la adición de la cantidad adecuada de un agente neutralizante como el sodio o hidróxido de potasio, carbonato, fosfato o preferentemente hidróxido de potasio, ya que este es un ingrediente natural del café.

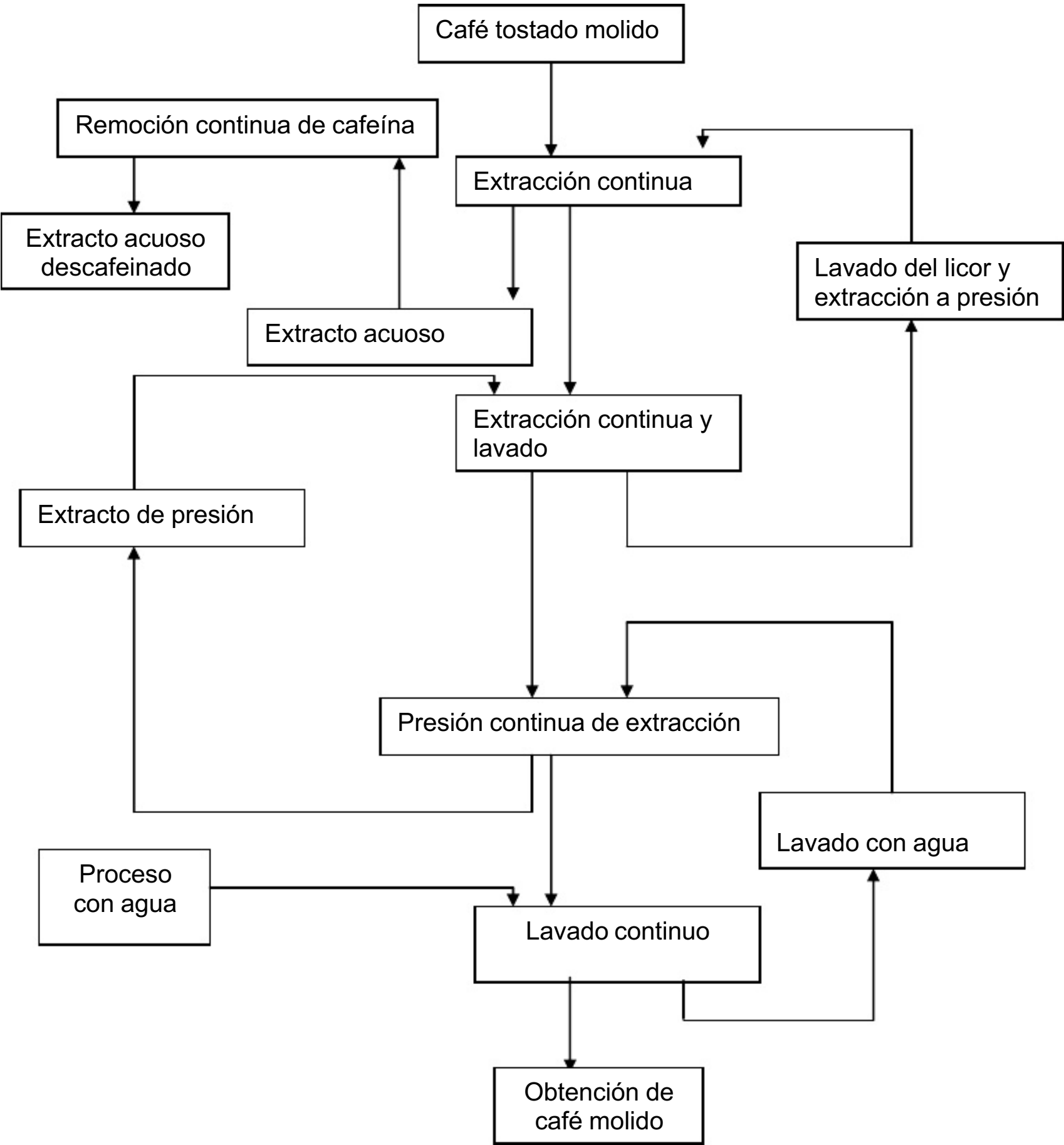
4.2.2. Proceso de descafeinización por intercambio iónico

La cafeína es removida del café mientras el concentrado del extracto de café va pasando a través de una o más camas de intercambio de iones la cual es capaz de remover la cafeína del extracto. Se ha encontrado que la remoción de la cafeína de esta manera puede ser eficiente desechando de esta forma aproximadamente el 100%.

Sin embargo, la acción del intercambio iónico reduce el valor del pH del extracto al punto tal que se da una pérdida de sabor y se produce una precipitación. Si el extracto es mantenido por un largo tiempo en este nivel bajo del pH la precipitación puede ser eliminada con dificultad y la pérdida del sabor no puede ser evitada después que ésta ha empezado a desarrollarse. Se ha encontrado que la pérdida de sabor y precipitación se pueden eliminar si se trata inmediatamente el extracto descafeinado con un agente neutralizador bajo condiciones que restauren el pH original a su valor original de 5 a 5.2. Con la adición de la cantidad adecuada de un agente neutralizante como el sodio o hidróxido de potasio, carbonato, fosfato o preferentemente hidróxido de potasio, ya que este es un ingrediente natural del café.

Después de la descafeinización y neutralización el extracto es secado en la manera usual para formar polvo instantáneo de café. En el cual el contenido de la cafeína puede ser reducido a valores de 0.1 a 0.01%. Cuando el contenido de la cafeína de la cama de intercambio iónico ha ascendido a un punto al cual es incapaz de efectuar efectivamente el ciclo de la descafeinización, la cama es removida del ciclo de descafeinización y es regenerada pasando un enjuague de agua a través de la cama, seguido por un lavado con ácido el cual es capaz de remover la cafeína de la resina, por ejemplo un ácido sulfúrico diluido, seguido por un enjuague con agua preferentemente en dirección inversa. La cama reactivada esta entonces lista para ser puesta en el ciclo de la descafeinización para el tratamiento de altas cantidades de extracto. Por medio del uso de una pluralidad de camas de resina en secuencia continua.

Figura 33. Proceso continuo de descafeinización, tratamiento del café tostado molido



4.3. Aprovechamiento de los subproductos del café

El aprovechamiento de los subproductos del café como estructuras físicas del fruto se mencionan a continuación, al igual que el de los efluentes resultado del beneficio húmedo del café.

4.3.1. Pergamino o cascarilla de café

El pergamino representa alrededor del 13% del grano de café en base seca, el contenido de extracto libre de Nitrógeno del pergamino de café es el más bajo y, por consiguiente, su valor como alimento para animales deja mucho que desear. La concentración de lignina es muy alta así como el contenido de pentosas y hexosas, sugiriendo que a través de algún tratamiento químico, el valor energético de esta materia prima potencial podría ser aumentado. Para aumentar la utilización metabólica de la cascarilla de café, sería necesario hidrolizar la celulosa y otros compuestos similares.

4.3.2. Mucílago

El otro subproducto de interés es el mucílago, el cual está localizado entre la pulpa y la cáscara del grano de café y representa alrededor del 5% de peso seco de éste.

El mucílago constituye una capa de aproximadamente $\frac{1}{2}$ a 2 mm de espesor que está fuertemente adherida a la cáscara del grano. Desde el punto de vista físico, el mucílago es un sistema coloidal líquido, liofilico, siendo por lo tanto un hidrogel. Químicamente el mucílago contiene agua, pectinas, azúcares y ácidos orgánicos. Durante la maduración del grano de café el pectato de calcio localizado en la laminilla, media y la protopectina de la pared celular son convertidos a pectinas, esto es resultado de la desintegración de la pared celular.

Se ha encontrado también que el pH del mucílago varía de acuerdo con el grado de madurez, así como con el método usado para el procesamiento del mismo. El mucílago debe retirarse tan pronto como sea posible después de separar la pulpa del grano de café, ya que el contacto prolongado de estos dos materiales es una desventaja para la deshidratación del grano, pues el producto final se obtiene manchado, y también porque el mucílago constituye un excelente sustrato para el crecimiento de hongos, bacterias y otros microorganismos, los cuales deterioran el grano haciendo que el control de calidad sea muy difícil.

Existen varios estudios sobre la posibilidad de recuperar las sustancias pecticas del mucílago, uno de estos es acidificando el mucílago a un pH de 2, inmediatamente después de la extracción, para así reducir la separación enzimática. El material fue centrifugado para separar las sustancias pecticas y luego se trató con alcohol etílico para precipitar la pectina, la recuperación se logró por medio de filtración. El total de pectinas obtenidas expresado como

ácido galacturónico fue de 17 gramos por cada 100 gramos de mucílago. El problema de este proceso es el costo del alcohol etílico.

Otro método es agregando óxido de calcio a pH igual a 12, el óxido de calcio coagula las sustancias pecticas las cuales sedimentan como pectato de calcio, el cual es filtrado posteriormente.

4.3.3. Los efluentes del beneficiado húmedo

Los desechos más importantes son:

- a) La pulpa: es el desecho más molesto y en mayor volumen, aproximadamente representa el 40% del peso total del fruto, en algunos beneficios se recolecta la pulpa, pero en la mayoría de éstos no se cuenta aún con dispositivos adecuados para su manejo y disposición
- b) Agua de despulpado: Contiene relativamente una alta cantidad de sólidos sedimentables, azúcares, materia orgánica en abundancia, lo cual la hace altamente contaminante
- c) Agua de lavado de la fermentación. Contiene una gran cantidad de geles coloidales de pectinas y otros productos, los cuales son comparativamente sustancias contaminantes menores.

4.3.3.1. Tratamientos de las aguas residuales del café

La remoción de sustancias que originan insalubridad puede lograrse mediante diversos procesos que en ingeniería sanitaria reciben el nombre de tratamiento primario y secundario de aguas.

A continuación se enumeran las alternativas viables para el tratamiento de aguas residuales.

- Proceso de lagunas
- Proceso de digestión de lodos
- Proceso de planta tipo paquete

Después de examinar pruebas realizadas y de acuerdo a la eficiencia de las aguas residuales de beneficios húmedos, se llegó a la conclusión que la planta paquete es la mejor alternativa de los tratamientos antes mencionados, el proceso de su manejo es el siguiente:

a) Tratamiento previo

- Neutralización con cal
- Sedimentación de sólidos producidos por medio de sulfato de amonio
- Filtración por medio de arena silica y carbón activado
- Posible retorno del agua tratada para su reaprovechamiento en el beneficiado, se requiere proveer los tratamientos físico-químicos y biológicos, necesarios para el óptimo control de calidad

b) Tratamiento físico

El tratamiento físico abarca los procesos mediante los cuales las impurezas se separan del agua sin producirse cambios en la composición de las sustancias. Dentro de este tratamiento encontramos el proceso de sedimentación y filtración:

➤ Sedimentación

Es un proceso donde se aprovecha la acción que ejerce la fuerza de gravedad sobre las partículas más pesadas en el medio acuoso, con la cual descienden depositándose en el fondo. Las aguas de desecho del beneficio contienen sólidos sedimentables de tipo orgánico, que deben separarse antes de la descarga final. Dependiendo de la naturaleza de los sedimentos y de la materia suspendida; la sedimentación simple (sin coagulante) requiere un tiempo de retención que varía de 4-12 horas para eliminar un 20% de materia sedimentable.

Cuando se utilizan coagulantes (sulfato de aluminio), la sedimentación es rápida, el tiempo de retención varía de 40-60 minutos, lográndose eliminar hasta el 95% de material sedimentable, permitiendo la separación de un líquido que pueda filtrarse, el pH óptimo para la formación de los grumos es de 5.5 a 7.0.

➤ Filtración

La remoción de sólidos suspendidos, al pasar el agua a través de un medio poroso, es principalmente una acción mecánica, muchas partículas no pasan por los intersticios del filtro a causa de su tamaño.

Esta acción sola, sin embargo, puede no dar una clarificación completa de sólidos finalmente divididos son solo eliminados por la formación de películas gelatinosas alrededor de los granos del medio filtrante.

En algunos filtros, este recubrimiento de los granos de arena, se obtiene por acción biológica, la cual es más acentuada en filtros lentos de arena, en los cuales se forma una capa limosa sobre la superficie del lecho filtrante. La resistencia de la capa a la rotura se debe usualmente a su relación con organismos microscópicos, la masa reticular que ellos forman ayuda a la clarificación.

c) Tratamiento químico

El tratamiento químico es uno de los procesos en los que la separación de las impurezas del agua implica la alteración de la composición del material contaminante, dentro de este tratamiento nombraremos únicamente el proceso de neutralización.

d) Neutralización

En algunos casos, para que el agua que se utiliza en el proceso sea de calidad satisfactoria o para el tratamiento de aguas de desecho, se requiere de la neutralización de la acidez o basicidad; la neutralización puede aumentar o disminuir el pH a un valor deseado o conveniente.

Cuando se procesan grandes volúmenes de agua se prefiere adicionar un álcali, el dosificador de la solución alcalina alimenta en forma continua la solución acuosa de lechada de cal; la adición debe hacerse a una velocidad controlada a fin de mantener el valor de pH. La neutralización no es instantánea y se requiere de un periodo de contacto que por lo general no sobrepasa los 5 minutos. La solución alcalina puede dosificarse por gravedad o vertiéndola a la corriente a tratar; los tanques de almacenamiento de liquido se diseñan para una operación de 12-24 horas entre cada relleno.

e) El tratamiento físico-químico con dosificación de cal y coagulante: H

El tratamiento físico-químico con dosificación de cal y coagulante sulfato de aluminio; logró obtener una reducción y separación más eficiente de lodos y contaminantes que llevan las descargas de desecho del beneficio húmedo. Los productos cal y sulfato de aluminio son fácilmente adquiribles en el comercio.

f) Bases generales del diseño conforme a los resultados obtenidos

Los reactivos utilizados en el área de pretratamiento fueron solución hidróxido de calcio al 40% 1.2 a 1.4 ml y en el área de tratamiento final fueron:

- Cal química 1.6 ml a 40%
- Sulfato de Aluminio 1 al 40% por cada litro de agua a tratar.

4.3.4. Pulpa del café

La pulpa de café ha sido uno de los desperdicios que más ha llamado la atención como posible fuente de materia prima. Se ha explorado la posibilidad de utilizarla para la preparación de bebidas, ya que contiene muchos de los constituyentes somáticos estimulantes del grano de café. Por la composición química que posee, se destina a la elaboración de otros productos. Los usos de este subproducto se enumeran a continuación:

4.3.4.1. Para el cultivo de microorganismos

Por su contenido de azúcares, la pulpa de café es un medio de cultivo para la propagación de microorganismos.

Se ha ensayado la utilización de pulpa para producir levaduras alimenticias (*Torulopsis utilis*); se han empleado la pulpa de café y el mucílago para propagar algunos hongos de los géneros *Penicillium* y *Rhizopus*, que aceleran la disociación del mucílago y, en consecuencia, el beneficiado del café.

También se ha sugerido que la pulpa de café es también relativamente buena como sustrato para *Aspergillus oryze*, *Bacillus megatherium* y *Saccharomyces cerevisiae*.

4.3.4.2. Para la extracción de cafeína

La cafeína ha sido identificada como uno de los componentes de la pulpa de café responsable de los efectos físicos adversos observados en nutrición animal. Por otra parte, el precio de mercado de la cafeína es relativamente alto, y este alcaloide tiene una extensa variedad de usos.

4.3.4.2.1. Usos de la cafeína en la farmacología

Las funciones de la cafeína en la medicina son:

a) Estimulación del sistema nervioso central (CNS)

- En caso de agotamiento nervioso
- Mitiga dolores de cabeza y migraña
- Prolonga el estar despierto y mantiene despiertas las facultades mentales
- Mitiga la fatiga física y mental; incrementa la capacidad de trabajo (puede contribuir al insomnio en algunas personas y también puede hacer nerviosas a algunas personas)

b) Activa el sistema respiratorio

- En casos de colapso, narcóticos y envenenamiento alcohólico
- En ataques severos de asma
- En casos de falta de respiración

c) Mitiga la Hipertensión

- Dilata las arterias coronarias y reduce la presión de la sangre
- Mejora la circulación de sangre
- Reportada como importante en el tratamiento de la angina de pecho

d) Intestino

- En algunas personas, estimula la secreción intestinal y contribuye a la pérdida de apetito
- Suave estimulante diurético y del flujo urinario

Los efectos de la cafeína pueden ser de 1 a 3 horas y a veces muchas más, dependiendo de la dosis. Sin embargo la cafeína no se puede descomponer químicamente hasta 24 horas más tarde.

Las concentraciones típicas de la cafeína y solubilidad son:

- a) 50/50 por peso con ácido cítrico solubilizada en 4 partes de agua
- b) 50/50 por peso con benzoato de sodio es soluble en su propio peso de agua
- c) Existe también para ser usada para administración intramuscular en concentraciones de 250-500 mg/wml solución
- d) 55/45 por peso silicato de sodio y cafeína respectivamente

4.3.4.2.2. Origen comercial de la cafeína y producción

La cafeína fue aislada en forma pura por Runge y otros en 1821. Fue preparada por metil de teobromine por Strecker en 1961.

Cuadro 22. Algunas de las fuentes naturales de cafeína

Nombre de la planta	Parte de la planta	% peso
Café arábica	Semilla	1.1
Café robusta	Semilla	2.0-2.2
Té	Hoja	2.0-4.0
Guarana	Semilla	> 4.0
Cocoa	Semilla	0.1

La fuente primaria comercial de la cafeína es el metil de teobromine de los desperdicios de la cocoa y su fuente comercial secundaria es el solvente o extracción de agua de los granos de café; ésta también es extraída de las hojas de los desperdicios de té (tea).

De dos terceras a tres cuartas partes de cafeína es usada en bebidas de cola. El resto de cafeína usada contra dolores de cabeza (Café aspirina) y remedios de resfriados.

4.3.4.2.3. Métodos de descafeinización

Se han llevado al cabo estudios para conocer si la extracción de la cafeína de la pulpa del café es un proceso económico y factible. Se han ensayado, para este propósito, varios solventes y métodos de extracción de la cafeína de la pulpa de café fresca y seca. Estos fueron, extracción con alcohol y con agua a 25° C seguida de alcohol.

El efecto de los varios métodos utilizados sobre la composición química del residuo de extracción, es el de percolación llevado al cabo en tres pasos de 1 hora de duración cada uno, deja un residuo menor de cafeína, taninos, ácidos cloro génico y cafeico, que la extracción con agua a 25° C, extracción con agua a 25° C y alcohol y extracción solamente con alcohol.

Cuadro 23. Eficiencia de extracción de la pulpa de café con diferentes procedimientos

Procedimiento de extracción	Cafeína (% extracción)	Sólidos totales (% extraídos)
Alcohol	69.53	19.10
Agua (25° C)	78.11	28.33
Agua (25° C)+alcohol	84.65	35.50
Percolación	99.06	29.01

Fuente: Raya, M.S., "Industrialización de la Pulpa de Café"

Los datos revelan que el proceso de percolación resulta en la remoción casi total de la cafeína, con 29% de extracción de sólidos totales.

Muchas patentes han sido otorgadas para producir café descafeinado. Existen dos clases:

- a) Extracción con solventes de cafeína después de varios tratamientos preliminares que incluyen vapor, tratamientos de ácidos y tratamientos de Alkali,
- b) Extracción de agua de cafeína.

La extracción de solventes ha sido el método utilizado para producir casi toda la cafeína comercial. Los tratamientos de ácido y álcali de granos de café nunca han producido un café descafeinado comercial porque el sabor del producto es inferior al café resultante del proceso normal.

a) Extracción de cafeína con solventes

Existen 5 pasos (las primeras tres operaciones son llevadas al cabo en un tambor rotatorio):

- El contenido de humedad del café es incrementado con vapor del 10% a cerca del 40%,
- El café es tratado contracorriente con un solvente orgánico cloruro de metileno por 12 a 18 horas, tiempo suficiente para extraer el 97% de la cafeína,
- El café es limpiado con vapor para remover todos los residuos del solvente,
- El exceso de humedad es removido por aire o secado al vacío, y
- El café descafeinado es tostado.

El solvente es recuperado de la mezcla de la solución: cafeína y solvente, en un evaporador de circulación natural continua. El residuo del concentrado es una solución de aproximadamente 60% de cafeína y 40% de otros materiales, como un compuesto de cera que originalmente constituye la capa protectora de la parte exterior del grano de café. Esta cera nunca ha sido usada para algún propósito comercial.

La solución es enviada a la operación de refinación de la cafeína para la recuperación del 99.9% de pureza, grado farmacéutico de los cristales de

cafeína. La cafeína es transferida de la fase de solvente a la fase del agua, concentrado, cristalizado y refinación.

Purificación de la cafeína. La solución de agua caliente con cafeína disuelta es enfriada para cristalizar cafeína cruda. La disolución de los cristales de la cafeína cruda en agua, tratamiento de carbón, filtración y recristalización por procedimientos de enfriado, purifican los cristales de cafeína. El agua es centrifugada y la molécula de agua asociada con cada molécula de cristales de cafeína es secada con aire caliente de vapor en un secador rotatorio.

b) Extracción de agua de la cafeína

Es un proceso desarrollado para minimizar residuos de solventes.

Los granos de café verdes son extraídos a contracorriente en una batería de columna de filtros con un extractor, para la solución de agua saturada de cafés solubles (cerca de 25% de solubles). Después, la solución enriquecida de la cafeína abandona la batería de grano verde, este líquido / líquido GATX es extraído con TCE, un solvente corinatado. La cafeína es recuperada del solvente y purificada.

4.3.4.3. Obtención de alcohol y vinagre

Debido a su contenido de azúcar, la pulpa ha sido investigada para producir alcohol por métodos de fermentación. Se sabe que con la pulpa picada y prensada se obtiene un rendimiento de alcohol que puede presentarse así: de 200 kg de café es posible obtener 1200 cm cúbicos de alcohol a 85 grados, 1 litro de alcohol a 90 grados por 25 libras de pergamino seco.

Se observó que trabajando con *Saccharomyces*, la pulpa machacada y pasteurizada a 75 grados centígrados se fermenta completamente en 12 días; obteniéndose rendimientos de 43.5 g de alcohol por 100 g de azúcar (12.5% de azúcar en la pulpa).

También se ha observado que si se colaba el licor fermentado en barricas y se introducían virutas de madera empapadas de vinagre activo, se obtenía un vinagre tipo vino de Rin, con olor a pera y sabor semejante al güisqui. El sabor desaparecía con un almacenaje de 3 a 4 semanas y el color se aclaraba (añejamiento). El vinagre tenía finalmente un peso específico de 1.0154 y una acidez total en ácido acético del 4.60%. El rendimiento fue del 76% del rendimiento teórico.

4.2.4.4. Obtención de licor de café

4.2.4.4.1. Proceso de preparación

El modo de la preparación del licor de café, generalmente es artesanal y existen diferentes maneras de prepararlo, según sean las costumbres del lugar

y el gusto de los consumidores. A continuación se describen algunos de los procesos:

- 1.- Primeramente preparamos el café y lo dejamos enfriar, para verterlo en un recipiente; añadimos el resto de los ingredientes y removemos bien para que el líquido quede bien mezclado. Y terminamos pasando el licor al envase en que se servirá ya se puede tomar al instante y también podemos conservarlo siempre que este bien cerrado el frasco.
- 2.- En una botella dejaremos macerar durante dos semanas, el café, el alcohol y dos barritas de vainilla; una vez transcurrido este período hacemos un almíbar con el agua y el azúcar, siempre a fuego lento. Cuando ya este en su punto, lo apartamos unos diez minutos y dejamos enfriar. Lo mezclamos bien con la maceración del café, y alcohol y lo dejamos durante diez días bien tapado. Para finalizar la elaboración de este licor sólo nos queda filtrarlo y embotellarlo. Puede ser necesario filtrar el licor varias veces, eso depende del papel filtro que se utilice.
- 3.- Primero se lleva a ebullición el agua y el azúcar y se revuelve hasta que el azúcar se haya disuelto completamente, luego se retira del fuego y se añade el café. Posteriormente se deja que la mezcla se enfríe hasta alcanzar la temperatura ambiente y entonces se le incorpora la glicerina, la cantidad de vodka que consideres oportuna según los gustos de concentración alcohólica y una vaina de vainilla. Mezclar bien y echar en una jarra, taparla y dejarla en reposo durante tres semanas, revolviendo ocasionalmente. Pasado este tiempo, se retira la vainilla, y ya se puede consumir el licor de café.
- 4.- Se pone en un recipiente el vino con el azúcar, las nueces, las uvas pasas, el café y las cáscaras de naranja; luego ponemos el recipiente a fuego lento y removemos constantemente para mezclar los ingredientes y que tome color; con un cazo o una cuchara, comprobamos que el color se haga cada vez más oscuro; al empezar a hervir retiramos del fuego el recipiente y comprobamos el color, si todavía no es muy oscuro (el café no se ha pasado) la volvemos a poner al fuego y si es necesario añadimos café en grano para darle mas color y sabor, si el color es casi como el de un café solo y ha hervido, retiramos el recipiente del fuego y le añadimos el aguardiente mezclándolo todo muy bien.

Es recomendable no descuidar el recipiente ni un minuto, pues el aguardiente cuando se calienta desprende un vapor inflamable y en las cocinas de fuego puede prenderse y provocar un incendio, se sugiere utilizar un recipiente con el doble de la capacidad necesaria y no la descuidarla ni un momento.

Volvemos a poner el recipiente al fuego lento y removiendo de manera constante esperamos a que empiece a hervir, para retirarla del fuego, entonces se le quitan las cáscaras de la naranja y del resto de las frutas

que se nos haya ocurrido añadir y la cubrimos con un trapo, papel de aluminio o poniéndole la tapa encima.

Se hace la prueba para saber si está dulce, sino se añade un poco de azúcar hasta ponerlo a nuestro gusto. Una vez retirado y tapado el recipiente como se describe, se debe dejar reposar como mínimo una semana o quince días, cuanto más mejor. Luego se filtra con un colador de tela preferiblemente y finalmente se embotella.

- 5.- De las naranjas y los limones sólo utilizamos las cáscaras, así que procedemos a pelar la naranja y los limones, procurando pelarlos de manera que no lleguemos a la parte blanca, ya que ésta daría un gusto amargo al licor, posteriormente se cortan en trocitos y las introducimos en el licor para dejamos reposar durante tres días. En una cacerola, con azúcar y agua se mezclan y calientan a fuego lento, hasta que hierva.

Verter el azúcar restante en un cazo y caramelizarlo a fuego lento, sin remover, hasta que adquiera un color dorado. Añadir este caramelo al jarabe preparado, aún caliente. Remover rápidamente y dejar que se enfríe; cuando este frío agregar el café y el licor previamente filtrado para eliminar las cáscaras de la naranja y los limones; mezclar, envasar, taparla y dejar reposar dos días. Verter el líquido en botella de cristal y cerrar con tapones.

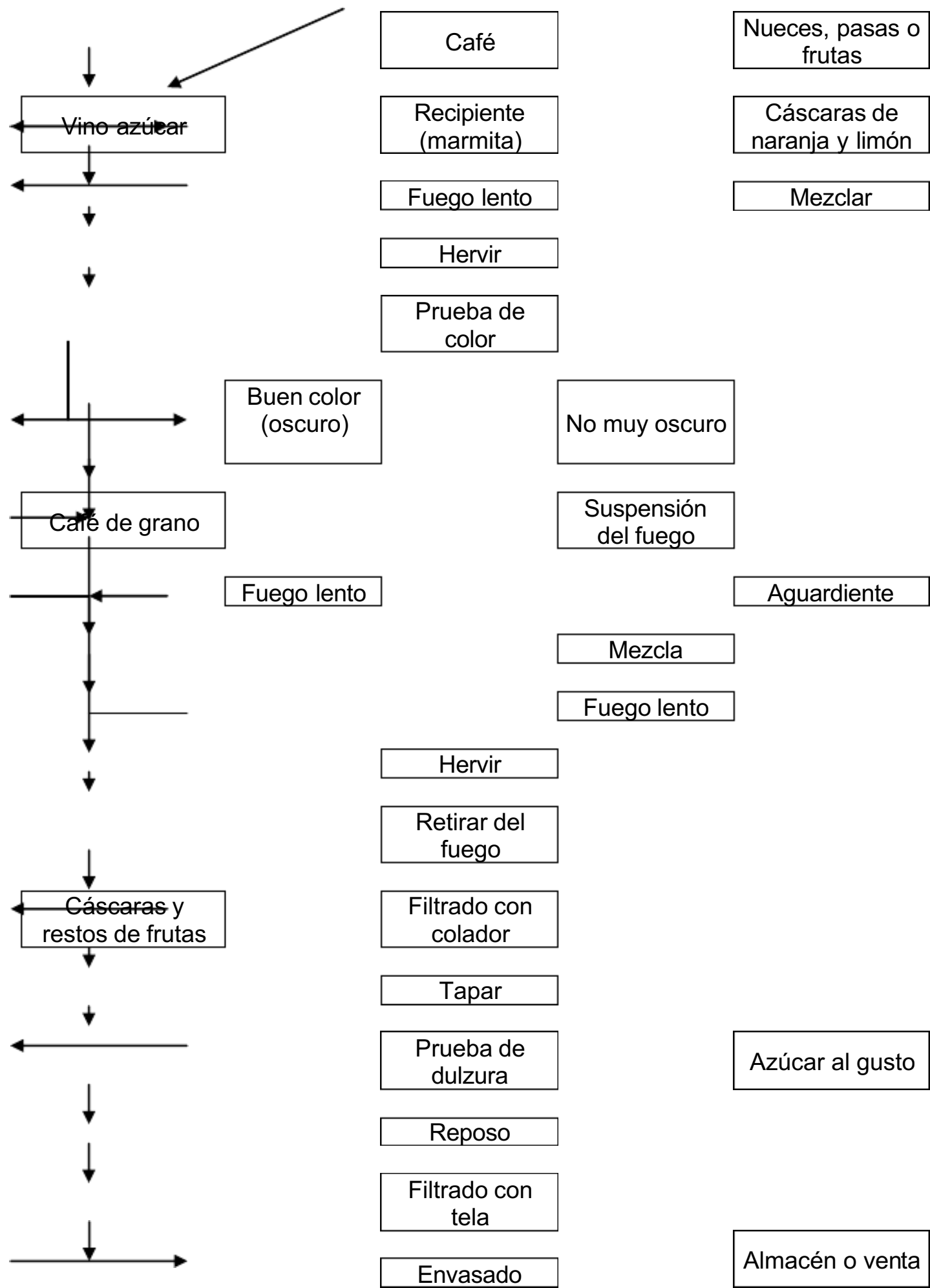
Ingredientes

A continuación se presentan cuatro listas de ingredientes para preparar un litro de licor de café los cuales son aplicables a volúmenes mayores:

Cuadro 24. Ingredientes para preparar un litro de licor

1 litro de anís seco o dulce u orujo (a gusto de cada cual) 1 naranja ½ kilo de azúcar 2 tacita de café muy fuerte 2 limones 2 vasos de agua	3/4 de litro de aguardiente (orujo gallego) de RIBEIRO 1/4 de litro de vino tinto de RIBEIRO 4 cucharadas soperas de café en grano torrefacto La cáscara de una naranja De 1 o 2 nueces, el grano comestible Un puñado de uvas pasas 1/4 de kilo de azúcar
2 barritas de vainilla ¾ kilo de azúcar ¾ litro de agua ¼ kilo de café 1 litro de alcohol de 90º	4 tazas agua ¾ taza café instantáneo vodka al gusto 4 tazas azúcar blanquilla 2 C. glicerina finísima 1 vaina vainilla

Figura 34. Diagrama de flujo del proceso del licor de café



4.3.4.5. Obtención de gas biológico

Dado que la pulpa es un material fácilmente fermentable que contiene carbohidratos, tales como azúcares reductores y celulosa, se ha considerado su utilización para fermentación mecánica, con miras a producir un gas para combustión y recuperar un residuo que pueda utilizarse como abono.

Se han hecho experimentos de fermentación mecánica de la pulpa de café, mezclándola con estiércol y colocando la mezcla en un tanque cerrado. El gas producido fue recogido en una campana. De 30 kg de pulpa suspendidos en 18 litros de agua se obtuvieron 670 litros de gas en 72 días. Este gas arde con llama azul pálido, sin humo y sin dejar residuo, y no tiene olor desagradable.

Como combustible es un carburante rico, ya que 1 metro cúbico produce 6000 calorías, que equivalen a la energía térmica que puede obtenerse de 1.10 litros de alcohol, 0.80 litros de gasolina, 1.50 metros cúbicos de gas de alumbrado, 1.40 kw de energía eléctrica. En estos experimentos parece que la producción de metano, a partir de la pulpa, da los mismos rendimientos que a partir del estiércol. Al término de la fermentación, la pulpa presenta una reducción en volumen y un enriquecimiento en nutrientes, especialmente en Nitrógeno que se conserva íntegramente; también, tiene un pH elevado. Estas cualidades lo hacen aconsejable para emplearse como abono y corrector de acidez de suelos de pH bajo.

4.3.4.6. Obtención de materiales curtientes

El procedimiento consiste en tratar la pulpa seca y molida, durante media hora, con una disolución hirviente de hidróxido de sodio al 4%. Luego se sulfita con una corriente de bióxido de azufre y se agrega ácido sulfúrico hasta que el pH se sitúe de 2.5, o bien, como alternativa se deja que la pulpa se descomponga al aire hasta que el pH se sitúe entre 8 y 9; se seca al sol, se muele y se hierve en disoluciones de bisulfito de sodio y ácido sulfúrico. Este tratamiento produce un material con buenas propiedades curtientes. Es posible curtir pieles a un grado comparable al obtenido con los taninos sintéticos producidos con fenol sulfónico.

4.3.4.7. Obtención de hongos comestibles sobre la pulpa de café a nivel semindustrial

Los hongos desempeñan un importante papel en la degradación de los vegetales, ya que son los únicos organismos que descomponen y metabolizan eficientemente la lignina. Por esta razón, sobre los desechos agrícolas crece una gran variedad de hongos; muchos de estos son comestibles y han sido muy aceptados entre la población porque poseen un alto contenido de proteínas y algunas vitaminas así como minerales.

Para cultivar un hongo, primeramente es necesario aislarlo en el laboratorio a partir de especímenes frescos.

La pulpa de café debe recibir un corto tratamiento fermentativo y de pasteurización para obtener los mejores rendimientos.

El proceso de fermentación se realiza por medio de una sucesión microbiana en el sustrato; durante ésta, todos los materiales orgánicos son convertidos en un medio apropiado para el crecimiento de los hongos. Dicha sucesión incluye bacterias, actinomicetos y mohos, principalmente.

Por otro lado, mediante la pasteurización, la actividad de dichos microorganismos se detiene parcialmente, para el fácil establecimiento del hongo en el sustrato después de la inoculación del micelio en los frascos.

La inoculación del hongo en el sustrato equivale a sembrar la semilla de las plantas en el suelo. El inóculo desarrollado en los frascos se mezcla con la pulpa de café, dentro de bolsas de plástico o mallas metálicas. De esta manera la colonización del hongo sobre la pulpa abarca un periodo aproximado de 20 días, al cabo de los cuales los primordios de la fructificación comienzan a surgir. Tres o cuatro días después, los cuerpos fructíferos estarán completamente desarrollados y listos para cosecharse y pueden obtenerse hasta cuatro cosechas en un periodo de dos semanas.

Durante el desarrollo del micelio del hongo en el sustrato, deben controlarse adecuadamente la humedad y la temperatura de crecimiento con objeto de alcanzar buenos rendimientos. Es conveniente mantener la temperatura entre 25° C o 30° C durante el día.

La principal especie cultivada es el hongo *Pleurotus ostreatus*. Tomando en cuenta que el país produce aproximadamente un millón de toneladas de pulpa, mediante el cultivo de los hongos podría bioconvertirse en cerca de 100,000 toneladas de hongos comestibles frescos. Se producirían más de 5000 toneladas de proteínas de buena calidad para consumo humano directo.

Además de que la tecnología empleada para el cultivo de hongos, por su bajo costo de implantación y por su sencillez, resulta muy adaptable y puede emplearse en diferentes niveles, ya sea en forma comercial, comunal, ejidal, o incluso a nivel casero.

4.3.4.8. Obtención de forraje o abono a partir de los residuos del cultivo de los hongos

Actualmente, a través de la biotecnología se ha logrado que diversos hongos comestibles se empleen en la producción masiva de proteínas unicelulares microbiana muy digerible, mediante su crecimiento en desechos agrícolas diversos. La mayor parte de estos hongos tiene la ventaja de degradar eficientemente la lignina, lo que hace que los desechos sean digeribles y de mayor consumo para el ganado.

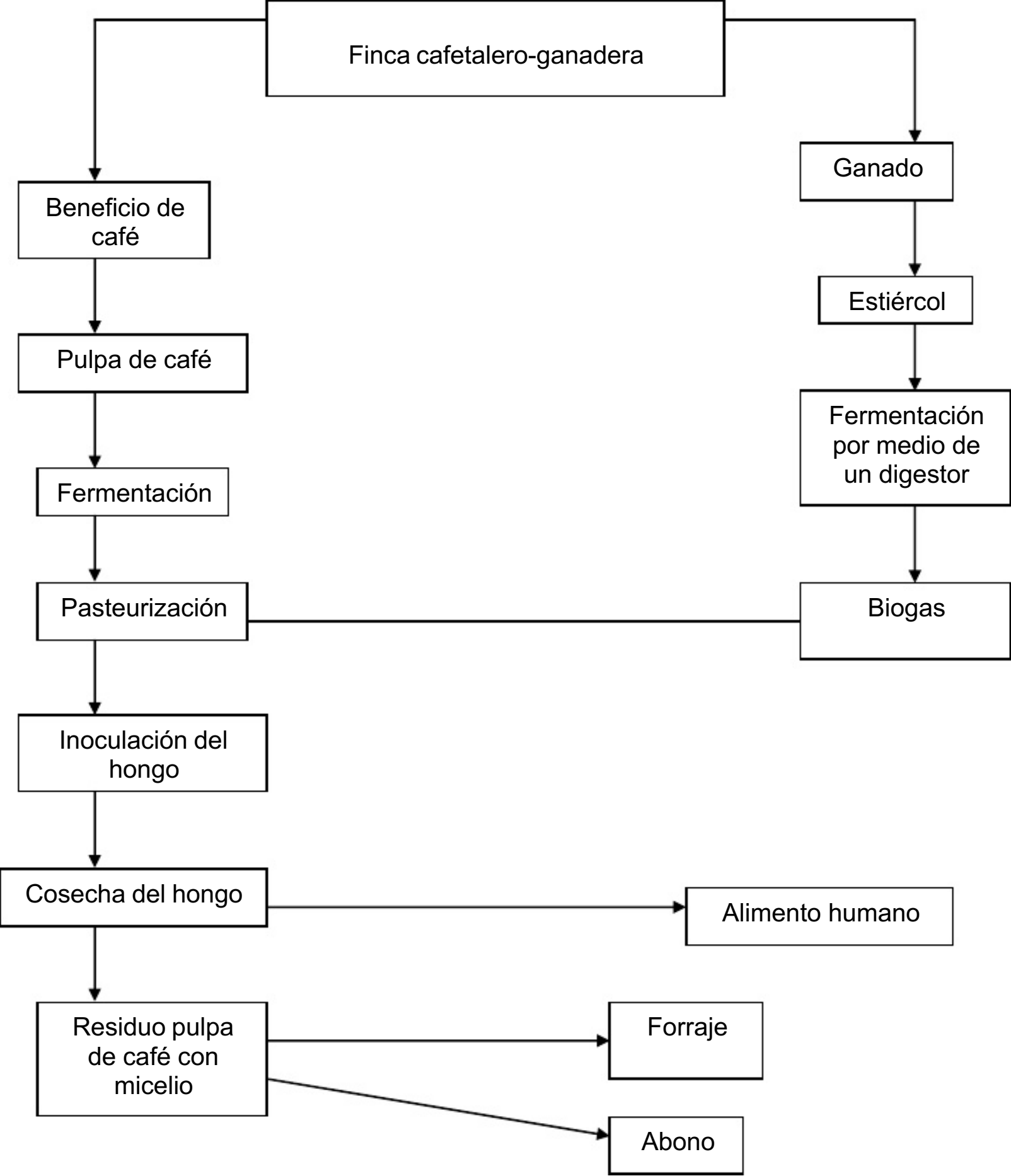
En el caso concreto de la pulpa de café, ésta contiene diversos elementos anti fisiológicos que impiden su aprovechamiento en la alimentación del ganado, la

cafeína, la lignina, los taninos y los fenoles son algunos de los más importantes. Por otra parte, por medio de estudios se ha demostrado que la cafeína, considerado el principal agente antifisiológico de la pulpa de café, puede reducirse hasta un 92.5% después del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en tal desecho. Además, se sabe que este hongo posee enzimas capaces de desdoblar la lignina, los fenoles y los poli fenoles hasta un 60% con respecto al contenido original.

Otra alternativa más para alcanzar el aprovechamiento integral de la pulpa de café, en este caso el residuo del cultivo del hongo, consiste en su aplicación como forraje; este hecho reviste especial importancia debido al valor proteico que le da el micelio del hongo. Además del uso anterior, este residuo puede emplearse como fertilizante orgánico y como acondicionador del suelo, en vista de que tal material, formada básicamente de celulosa y lignina, degradada por acción del hongo, puede mejorar la calidad del suelo y proporcionar una fuente útil de nitrógeno y carbono para el desarrollo de las plantas. Actualmente, los autores, en colaboración con el médico veterinario del programa de Ecodesarrollo en el INIREB, están determinando la cantidad adecuada de residuo que diario debe incluirse en la ración alimenticia del ganado.

Además del ganado, por la composición química que tiene la pulpa, como es la elevada cantidad de carbohidratos, alto contenido de proteínas etc., la pulpa de café es empleada en la elaboración de raciones para la alimentación de ganado bovino, porcino; en aves, peces, etc.

Figura 35. Modelo de uso integral de los residuos agroindustriales en una finca cafetalero-ganadera, mediante el cultivo de un hongo comestible y con la obtención de forraje y abono, además de biogas, a partir de estiércol



4.3.4.9. Otros productos obtenidos de la pulpa del café

La destilación seca de la pulpa del café produce alcohol metílico y cafeína, y deja un residuo de alquitrán y carbón. Por medio de una destilación fraccionada de la pulpa seca tratada con ácido sulfúrico a 2% se obtiene furfural. La pulpa fresca hervida con sulfito de calcio hasta destruir su textura puede comprimirse para fabricar una especie de cartón. Similares resultados se obtienen hirviendo con ácido sulfúrico; se logran mejores resultados al hervir la pulpa con ácido oxálico al 5%, molerla y agregarle glicerina antes de prensarla.

La producción de melaza de pulpa durante 4-6 horas con una solución de HCL al 6% a 121 grados centígrados y 15 psi. Además de este tipo de melaza, se han producido también otros tipos por medio de la concentración de los azúcares y productos de hidrólisis derivados del mucílago y de los extractos de la pulpa de café. Este tipo de compuesto se ha evaluado en cerdos, incorporándolo en niveles de hasta 30% en la dieta. Los resultados sugieren que es tan bueno como la melaza de la caña de azúcar.

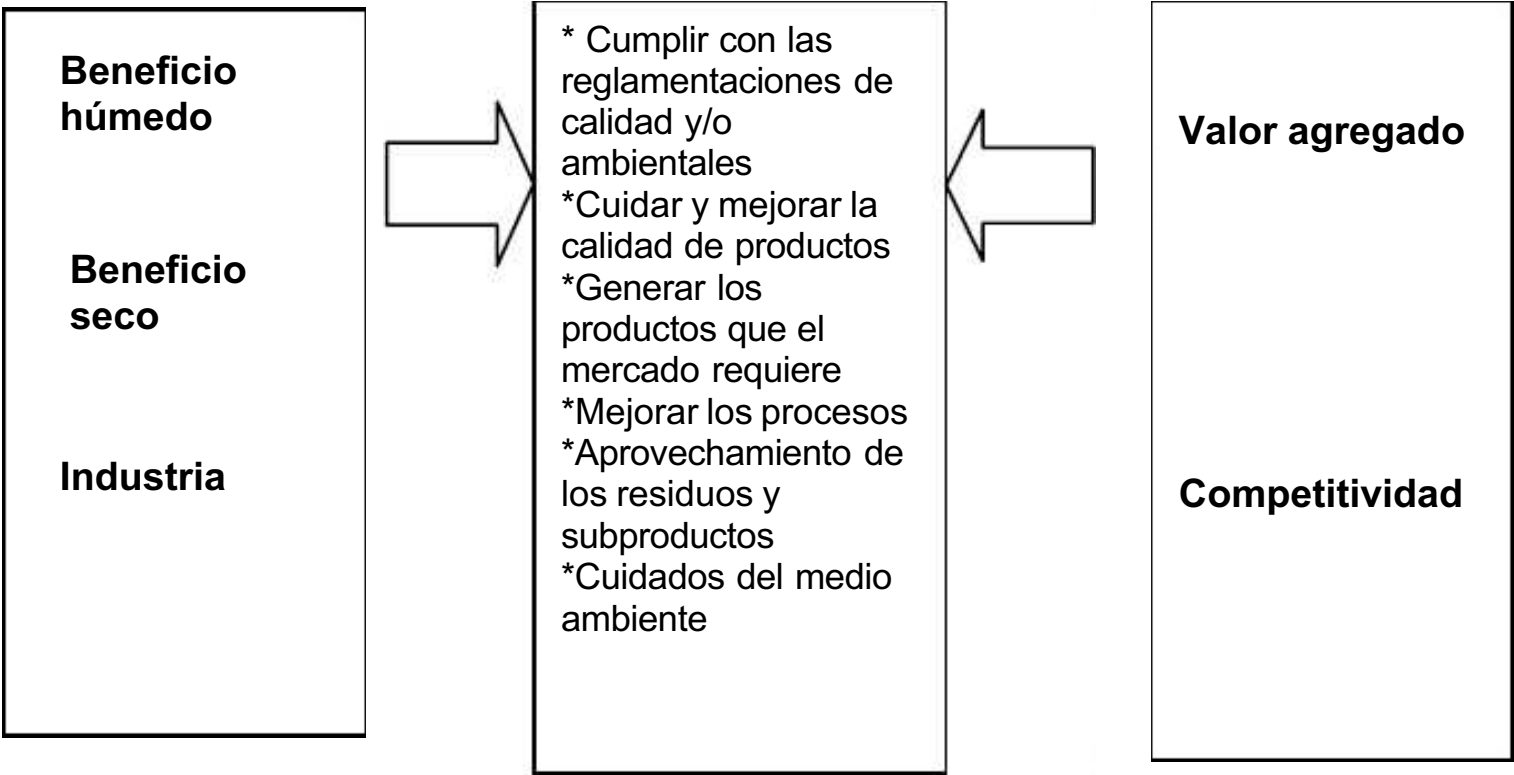
El tostar la pulpa de café o los granos de café, aumenta significativamente el contenido de niacina. En la pulpa de café, después de 20 minutos de tostado, se encontró un aumento de 15 veces el contenido de esta vitamina, mientras que en el grano de café, el aumento fue de alrededor de 19 veces. La niacina producida durante el proceso de tostación es biológicamente disponible, como se ha demostrado en estudios con pollos en crecimiento (Raya, M.S. 1987).

4.4. Estrategia de la modernización agroindustrial

En la actualidad, se está concientizando a los productores de la importancia que significa el incorporar un proceso más allá de la obtención y venta del café cereza. El proceso de industrialización del producto genera importantes márgenes de utilidad, los cuales son factibles de ser aprovechados por los mismos productores en la medida en que se incorporan a la cadena de valor agregado.

En este sentido se está capitalizando al sector por medio de proyectos productivos viables que permitan además de transformar el café, comercializar su producto en mejores condiciones.

Figura 36. Diagrama de modernización industrial



En general, algunos de los conceptos que otorgan valor agregado son: la integración de beneficios funcionales tanto húmedo como seco, la practica de la torrefacción e integración ordenada y bien orientada a la comercialización, generación de marcas y denominación de origen y producción de cafés sustentables y orgánicos.

Cuadro 25. Modernización en beneficio húmedo

Antes	Actual
Instalaciones grandes y de alta capacidad	Instalaciones compactas y de menor capacidad
Obra civil voluminosa	Sistemas modulares
Sifones grandes	Poca obra civil
Uso excesivo de agua:	Sifones mecánicos compactos
• Despulpado con grandes volúmenes de agua	Sistema de recirculación de agua
• Tanques de fermentación y lavado con uso excesivo de agua	Recepción en seco
Proceso por lotes	Despulpado sin agua o con mínimo consumo
Clasificación y separación de impurezas con agua	Desmucilaginado mecánico con uso mínimo de agua
Transporte de materiales (grano, pulpa y mucílago, con agua)	Optimización de tiempo y de consumo de agua
Secado mecánico y en patios	Medios Mecánicos
	Sistemas mecánicos y neumáticos
	Secado mecánico y en patios

Equipos de gran tamaño, de gran capacidad, tiempo de proceso largo y alto consumo de combustible Descargas de aguas residuales a ríos y arroyos	Optimización de espacio, capacidad y tiempo de proceso Oreadora horizontal de lecho fluidizo reducción del consumo de combustible y uso de vapor Separador de pulpa y sólidos Plantas de tratamiento
--	--

Cuadro 26. Modernización del beneficio seco

Antes	Actual
Equipos de gran tamaño Altas capacidades Obra civil voluminosa Instalaciones viejas y de fabricación doméstica Cuidado de calidad Operación Manual Control y supervisión manual	Equipos compactos Diversas capacidades Optimización en la separación y clasificación de calidades Optimización de tiempos de proceso Controles automáticos Seleccionadoras electrónicas A favor del ambiente (Concentración de polvo y baja emisión de ruido)

El realizar un grado más de transformación a lo que tradicionalmente está acostumbrado el productor, permite incrementar los márgenes de ganancia. Transformar de un grado de cereza al café pergamino y, de igual forma, integrarse a la transformación industrial hasta la obtención del producto terminado, hace que al mismo tiempo se cuente con mayor oportunidad de poder negociar el precio, así como la posibilidad de acceder hacia la nueva tendencia de los negocios de las cafeterías, barras de café, etc. A través de la modernización industrial se está orientando hacia el cuidado y homogenización de la calidad, permitiendo la integración a la cadena del valor agregado.

Cuadro 27. Modernización industrial (tostado y molido)

Antes	Actual
Instalaciones modestas (expendios) Instalaciones industriales	Instalaciones modestas (expendios) Instalaciones semindustriales Equipos orientados a cuidar y homogeneizar la calidad Envasado orientado a preservar la calidad y atractivo al consumidor Obtención de productos con diversas presentaciones

La producción de cafés sustentables u orgánicos permite enfrentar el problema de los precios bajos, disminuye los costos por la compra de agroquímicos, además de

permitir elevar sus rendimientos y obtener un pago justo por su producto, más un premio garantizado que es determinado con base en la calidad.

La creación de nuevas marcas de café tostado y molido que llevan inmersa la modalidad de certificación, permite posicionar al café de México como un producto de excelente calidad en el contexto de los consumidores, tanto nacionales como internacionales. Aunado a esto, el impulso en la denominación de origen del café de México garantiza a los compradores el consumir un café de alta calidad con las características que representa la obtención de un café, ante las condiciones naturales únicas que existen en cada uno de los estados y regiones de nuestro país.

Finalmente, con el fomento y creación de los enlaces comerciales se está tratando de orientar a que sea el productor quien realice directamente el trato comercial con el consumidor final, en donde se asegure la obtención de mayores ganancias para los productores.

4.4.1. La integración de valor agregado con un enfoque de mercado

Ante la difícil situación que atraviesa la cafeticultura en el ámbito mundial, se hace necesario coadyuvar hacia el fortalecimiento de la cadena productiva en el sentido de integración de valor eficaz en todas y cada una de las etapas, para cubrir las exigencias que el mercado, con sus características actuales de alta competencia y cada vez más globalizado, está demandando.

Ante lo anterior y como organismo rector de la cafeticultura, el Consejo Mexicano del Café, A.C., está implementando diversas acciones para enfrentar esta problemática, con una política cafetalera acorde con las necesidades existentes, conjuntamente con el apoyo del Gobierno Federal, los Consejos Estatales y los demás participantes del sector, con objetivos como:

- Obtener un padrón de productores cafetaleros confiable para una asignación eficiente y transparente de recursos a través del Padrón Nacional Cafetalero
- Otorgar recursos competitivos mediante proyectos que favorezcan la integración de la cadena productiva
- Favorecer una producción de calidad y con valor agregado
- Obtener un desarrollo productivo, rentable y sustentable

4.4.2. Diversificación de productos e integración de servicios para las grandes industrias

En el caso de las agroindustrias, una tendencia para aumentar el valor a su producción ha sido mejorando sus procesos para obtener lotes de muy buena calidad, reducir los costos de transformación y aprovechando los subproductos.

CAPÍTULO V INTEGRACIÓN DE CADENAS DE VALOR

Con la información y consideraciones vertidas en los dos capítulos anteriores, parece claro que para desencadenar procesos para agregar valor, bajo las nuevas características de la cafeticultura mexicana y el mercado mundial del café, es necesario conjugar tres tipos de capital: natural, social y tecnológico.

Por **capital natural** entendemos tanto al conjunto de condiciones geográficas que les confieren a los cafés atributos exclusivos de la denominación de origen, como a la dotación de biodiversidad, agua y suelo con que cuenten las distintas regiones cafetaleras. El sobreprecio que los cafés de tipo ambiental alcancen en el mercado reflejará el valor agregado intrínseco que obtienen sólo por poseer una determinada cantidad y calidad de capital natural. En este caso no se trata de dar valor agregado, sino en mantener un valor que no está integrado en el producto sino en la preferencia del consumidor al constatar la forma en que fue producido.

El **capital social** se refiere a la capacidad organizativa que tengan los productores para enfrentar los nuevos retos del mercado. Para dar valor agregado se requiere construir infraestructura organizativa, capacitar a los productores y sus técnicos, generar redes de relaciones con los mercados de exportación y diseñar estrategias de venta. Los productores que carezcan de esta infraestructura social tendrán fuertes problemas para la transformación del café a partir de la cosecha.

Los procesos agroindustriales que cambian las características de la materia prima y las maquinarias necesarias para realizar estos cambios conforman el **capital tecnológico**, el cual se ha considerado como la fuente del valor agregado. Los sistemas de producción que confieren características específicas al café y que son distintas a las formas de producción de café convencional, también los consideramos parte del capital tecnológico necesario para crear el valor agregado.

La integración de las cadenas de valor requiere de la conjunción de estos tres tipos de capital reuniendo: a) los procesos físicos de transformación de la materia prima; b) los objetivos de los actores sociales; y c) las condiciones ambientales requeridas para un desarrollo sostenible de la cadena agroindustrial del café.

La descripción que sigue de las partes de la cadena agroindustrial está basada en estos tres aspectos.

5.1. Cereza a pergamino

En la figura 36 se resume la primera parte del recorrido de la materia prima (café cereza) hasta el procesamiento que le confiere una menor perecedibilidad, el café pergamino y la generación de nuevos e importantes subproductos como la pulpa fresca con una amplia diversidad de usos.

El esquema está dividido en cuatro componentes: 1) los productos (en color verde) como el café cereza, la pulpa y el mucílago, el café natural y el pergamino, que significan los objetivos principales en la cadena de valor agregado; 2) las técnicas (en color negro), que se refieren a los conjuntos tecnológicos requeridos para obtener esos productos; 3) los procesos (en color rojo) que describen el diagrama de flujo de los pasos y cambios que va teniendo la materia prima (lavado, despulpado, almacenado); y 4) los subproductos (en color azul) que enumeran las distintas posibilidades de continuar agregando valor después de obtenido el producto principal.

La cadena así descrita incorpora nuevos elementos al análisis de la integración de valor. Considera en primer lugar, los sistemas de producción diferenciados que influyen en el valor final del producto. Incluye un nuevo proceso como la selección de cereza madura antes de entrar a la vía seca o a la vía húmeda. Incorpora también, toda la gama de subproductos de la pulpa y el mucílago que anteriormente se consideraban desperdicio.

La integración de la cadena de valor requiere que los productores cuenten con capacitación para abordar los procesos (color rojo) y manejar los sistemas de producción diferenciados (color negro); que cuenten con un mínimo de capital tecnológico para desarrollar las vías de beneficio seca y artesanal; los productos principales y subproductos necesitan un fuerte apoyo para la comercialización. Finalmente, los subproductos en general, necesitan un fuerte apoyo en capacitación y capital tecnológico.

5.2. Café verde

La Fig. 37 muestra el camino que recorre el café verde después de haber sido seleccionado y diferenciado. Hay dos grandes rutas: la exportación en verde como café diferenciado para las mezclas, gourmets, convencionales y sostenibles, y, la llegada a la industria tostadora nacional para la venta directa, las solubilizadoras, la extracción de cafeína y los tratamientos para cafés especiales y saborizados. Esta ruta de integración de valor es la que está dominada por capital tecnológico de punta y fuertes inversiones de capital. Los pequeños y medianos productores que aspiren a agregar valor a su producto deberán tener un fuerte apoyo en estos aspectos si se quiere que incursionen en esta parte de la cadena.

5.3. Industria final

Finalmente, en la Fig. 38 se aprecia la cadena que lleva el café tostado a la industria final que utiliza este café como materia prima. Se señalan dos vías principales: el concentrado líquido o café líquido que se usa principalmente en las bebidas instantáneas de máquina, y los extractos que se usan para la industria farmacéutica (cafeína) y para la confitería que abarca una gran variedad de productos. Debido a la sofisticación tecnológica y la especificidad de sus mercados, esta parte de la cadena merece un estudio a detalle, pero al igual que la parte II, implica una fuerte inversión en capacitación y tecnología.

Figura 37. Cadena agroindustrial café cereza a pergamino

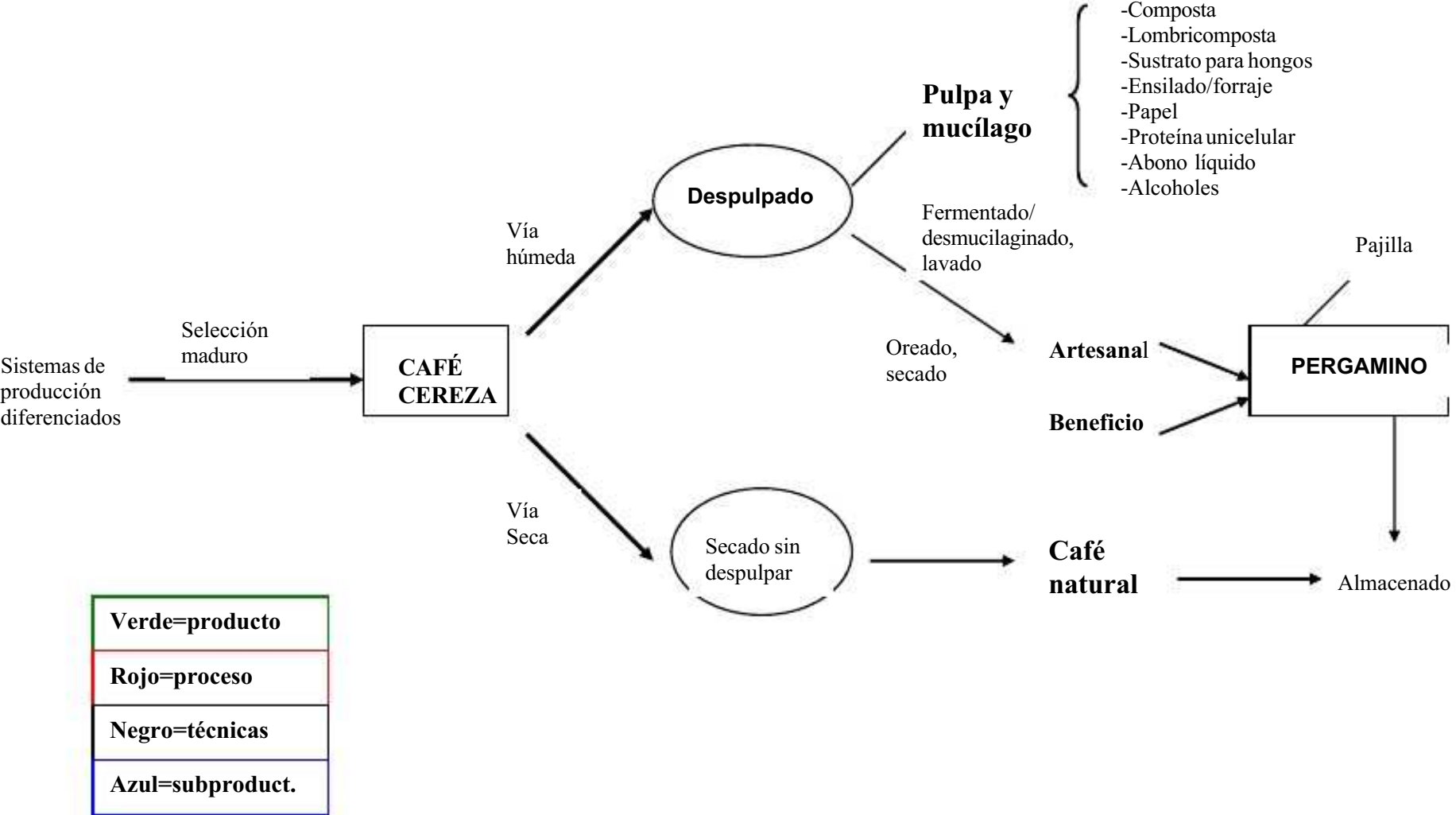


Figura 38. Cadena de café pergamino a café verde (oro)



Figura 38. Cadena de café pergamino a café verde (oro)



Figura 39. Cadena de café tostado a industria final



Figura 39. Cadena de café tostado a industria final



CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES

6.1. Recomendaciones de reconversión productiva

En México, el criterio de altura (altitud) se ha utilizado como un indicador determinante para identificar y clasificar zonas productoras de café por calidad, generando una clasificación en cuatro calidades (buen lavado, prima lavado, altura y estrictamente altura), también la altitud es un indicador para diferenciar áreas marginales para el cultivo del café, con el propósito de impulsar programas de diversificación productiva a través de cultivos alternativos. Sin embargo, la cafeticultura en nuestro país se desarrolla en condiciones ambientales contrastantes, por lo que no se puede asumir la altitud como un criterio único de diferenciación, debido a que es demasiado general y no permite captar las condiciones ambientales particulares en las aproximadamente 50 regiones productoras del grano. Por ejemplo las zonas productoras de café, en sus extremos, se pueden ubicar desde los 100 msnm (Martínez de la Torre y

CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES

6.1. Recomendaciones de reconversión productiva

En México, el criterio de altura (altitud) se ha utilizado como un indicador determinante para identificar y clasificar zonas productoras de café por calidad, generando una clasificación en cuatro calidades (buen lavado, prima lavado, altura y estrictamente altura), también la altitud es un indicador para diferenciar áreas marginales para el cultivo del café, con el propósito de impulsar programas de diversificación productiva a través de cultivos alternativos. Sin embargo, la cafecultura en nuestro país se desarrolla en condiciones ambientales contrastantes, por lo que no se puede asumir la altitud como un criterio único de diferenciación, debido a que es demasiado general y no permite captar las condiciones ambientales particulares en las aproximadamente 50 regiones productoras del grano. Por ejemplo las zonas productoras de café, en sus extremos, se pueden ubicar desde los 100 msnm (Martínez de la Torre y Tezonapa, Veracruz), hasta los 1900 msnm (montañas de Atoyac de Álvarez, Guerrero).

En el caso de Veracruz, la latitud y la humedad determinan un comportamiento diferente, en áreas con clima cálido húmedo es posible cultivar el café hasta los 100 o 200 msnm, en cambio en regiones que tienen clima cálido subhúmedo, el cultivo se limita a los 500 o 600 msnm, para dar lugar al trópico seco. En el caso de los cafés de altura, tenemos que en Chiapas se ubican desde los 1000 hasta los 1500 msnm, en cambio en los estados cafetaleros como San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Nayarit, los cafés de altura pueden ubicarse desde los 800 hasta los 1100 msnm. Es importante considerar los criterios de marginalidad más relevantes en zonas cafetaleras de México, como son: altas temperaturas, presencia de heladas, déficit hídrico y exceso de lluvia.

Con base en lo anterior se parte de que los criterios altitudinales no funcionan para todas las regiones cafetaleras mexicanas. Hacen falta las evidencias científicas para justificar ampliamente una propuesta de reconversión y que no se generalice para todo el país, en este sentido es necesario ubicar las áreas potenciales para rendimiento y calidad del café, mediante estudios de zonificación agroecológica en los doce estados productores de café. El primer trabajo de zonificación agroecológica del café en México se realizó en el centro de Veracruz (Pérez P., 1989), aunque sólo consideró criterios ambientales y de productividad. Actualmente la Universidad Autónoma Chapingo, con financiamiento del CONACYT (Sistema Regional del Golfo de México), está desarrollando proyectos de investigación para regionalizar la calidad del café en las zonas de Coatepec, Huatusco e Ixhuatlán en el estado de Veracruz. Esta experiencia y su metodología pueden ser útiles para implementarla en otras regiones cafetaleras.

Cabe mencionar que la información que se genere con el Censo Cafetalero puede ser empleada como insumo para aportar elementos científicos y generar recomendaciones más específicas, no obstante se requieren recursos humanos calificados e infraestructura para realizar este trabajo.

La dinámica de la cafecultura mundial que ha estado inmersa en situaciones de bonanza y crisis, ha llevado a implementar programas de diversificación productiva, los cuales cobran importancia en períodos de bajos precios como el actual, sin embargo, en este contexto de globalización la situación de crisis se agudiza debido a que la mayor parte de los cultivos alternativos están inmersos en la misma situación o con mercados en crecimiento.

La cafecultura mexicana desde sus inicios fue sumamente diversificada, debido a la naturaleza del cafeto de requerir árboles de sombra y la convivencia con una enorme diversidad de especies vegetales. Algunas regiones se hicieron famosas por los esquemas de diversificación que desarrollaron, basados principalmente en la intercalación de cultivos o policultivo, tal fue el caso de las regiones de Coatepec y Córdoba en Veracruz. Con la presencia del INMECAFE, durante el periodo de 1958 a 1993, la recomendación oficial fue impulsar el monocultivo con sombra específica (sistema especializado) en todas las regiones del país y la diversificación se recomendó exclusivamente en áreas marginales, de tal forma que los esquemas de policultivo no se recomendaban e incluso suspendían los apoyos a los productores que insistían en sembrar otros cultivos en el cafetal (principalmente plátanos y naranjas).

En la actualidad consideramos que las recomendaciones de diversificación productiva deben ser flexibles, dando apertura a los esquemas de monocultivo (mosaico) y policultivo, incluyendo las zonas marginales y las zonas aptas para el café. Es frecuente observar en varias regiones, que los productores menos afectados por la situación de crisis económicas (1989-1994 y 1998-?), son los que han implementado sistemas diversificados, que les permiten amortiguar el impacto del bajo precio del café.

De tal forma que en áreas cafetaleras bajas (100-500 msnm), con temperaturas medias superiores a los 24° C con disponibilidad de humedad (2000 a 4000 mm de precipitación), se pueden cultivar especies convencionales como caña de azúcar, hule, cacao y tabaco, entre otras, sin embargo, también presentan condiciones desfavorables de precios. Algunas especies que pueden tener perspectivas son frutales como el rambután, litchi, zapote mamey, mangostán y maracuyá; especias como la pimienta gorda, la pimienta negra y la canela; forestales como cedro rojo, caoba, teca, melina, primavera, cedro rojo (mundani) y Xochicuahuatl (bojón o laurel), ornamentales (palmas, como camedor y tepejilote o pacaya) y flores (hawaianas, zingiberáceas, musaceas, anturios, etc). También en estas condiciones de alta humedad, temperaturas cálidas y suelos fértiles, prospera la vainilla, aunque ha mostrado ser más viable en sistemas agroforestales que le permiten recrear las condiciones selváticas. Estas áreas son privilegiadas debido a que en ellas la diversificación es muy amplia, se cuentan

con numerosas opciones, sin embargo, se deben evitar los monocultivos, sobre todo partiendo de que estas áreas por vocación son de alta biodiversidad, donde es posible diseñar sistemas agroforestales, bajo diferentes modelos, además de que pueden aspirar a incentivos por servicios ambientales e incluso al café de sombra o amigable.

Se han desarrollado experiencias de investigación en los módulos agroforestales en los Campos Experimentales del INIFAP “El Palmar” localizado en Tezonapa, Veracruz y “Rosario Izapa”, en Tapachula, Chiapas, así como interesantes experiencias de finqueros del Soconusco (Fincas Argobia, Irlanda, etc.), y las zonas bajas de la sierra norte de Puebla (Cuetzalán, Xicotepec y Hueytamalco). Cabe mencionar que el café de la especie arábica, en estas condiciones enfrenta diversas limitantes ambientales y de calidad, siendo un área más adecuada para el café robusta.

En las regiones cafetaleras arriba de los 500 msnm y debajo de los 900 msnm, es necesario impulsar la reconversión productiva en dos vertientes; la primera para mejorar la calidad del café y buscar mercados especiales (orgánicos, de sombra, Comercio Justo), en este sentido es importante considerar dos elementos para mejorar la calidad, las variedades de café y el cultivo bajo sombra. Las variedades mejoradas que se han recomendado en estas áreas, como son Caturra, Catuaí, Garnica, Oro Azteca, Costa Rica 95 y Colombia, no han mostrado ser las mejores en calidad física y sensorial, por lo que una reconversión hacia variedades tradicionales de alta calidad es fundamental (como son Typica, Pluma Hidalgo, Bourbon, Blue Mountain, Maragogype y Pacamara), incluso muchos de estos materiales están arraigados en los productores y ellos valoran sus cualidades, aunque también es cierto que gran parte de estas variedades se encuentran en plantaciones viejas, completamente abandonadas y sin manejo agronómico.

La segunda vertiente es la diversificación productiva a través de sistemas agroforestales y policultivos comerciales, en donde se incorporen especies de valor comercial. Entre las especies vegetales factibles de impulsar están: zapote mamey, guanábana, limón persa, naranja (azúcar, valencia, Washington, etc.), plátano (roatán, dominico, etc.), pimienta gorda, palma camedor, cardamomo, tangerinas, mandarinas, nuez de macadamia (variedades de la especie integrifolia), litchi, cedro rojo, cedro rosado, xochicuauhtl, pastoreo con ovinos, como las más importantes. Además es recomendable implementar diversificación fuera del cafetal, con granos básicos, hortalizas, ornamentales y ganadería de bovinos y ovinos; con gran expectación se han establecido invernaderos para jitomate y viveros de anturios. Los cultivos convencionales que coexisten en estas áreas con café, como la caña de azúcar y cítricos, también requieren urgentemente alternativas de diversificación y de generación de valor agregado.

En regiones cafetaleras arriba de los 900 msnm, se cuentan con las condiciones más adecuadas para obtener cafés de altura, en estas áreas se debe enfatizar más en la calidad para desarrollar calidades regionales que puedan buscar denominación de origen, algunas regiones son reconocidas por su excelente

calidad, como Jaltenango, Chiapas, Pluma Hidalgo, Oaxaca y Coatepec, Veracruz. Sin embargo, se tienen las condiciones para impulsar otras regiones con excelente calidad, además de la inserción a otros cafés especiales, como el orgánico, de sombra y Comercio Justo. Las variedades de café cobran relevancia en la calidad, de la misma forma que se comentó en las zonas medias, además de contar con café de sombra diversificada. Con respecto a la diversificación, a medida que se incrementa la altitud se reducen la diversidad vegetal y con ello las especies factibles de implementar para la diversificación, asimismo las necesidades de sombra se reducen, debido a que la sombra excesiva limita la producción de café y favorece la incidencia de enfermedades fungosas. No obstante estas condiciones, se han establecido algunas especies como plátano para producción de hoja o “velillo”, nuez de macadamia (particularmente variedades de la especie *tetraphylla*), palma camedor, cedro rosado, nogal, durazno (variedades de bajo requerimiento de frío) y aguacate Hass. A nivel de diversificación fuera del cafetal se cultiva caña de azúcar para ingenio y trapiche, chayote, tomate de cáscara, chile y granos básicos, también se inicia con la producción de anturios y jitomate en invernadero.

El tema del café robusta es un asunto sumamente controvertido, a nivel mundial y nacional. Países como Costa Rica y Colombia tienen prohibido cultivar este tipo de café como una estrategia para preservar la calidad de los cafés árabes. Sin embargo, en los últimos años los excedentes de café en el mundo han sido originados por el incremento en la producción de robusta en Vietnam e Indonesia. En el caso de Brasil, el 20% de su superficie es de Robusta. Se comenta que gradualmente se están incorporando mayores dosis de café robusta en las mezclas con cafés árabes, que llegan a los consumidores tratando de habituarlos a estas mezclas de menor calidad.

En México se ha desarrollado el café robusta en algunas áreas de Veracruz, Chiapas y Oaxaca, los datos oficiales reportan alrededor de 200 mil sacos, otras fuentes consideran 300 mil sacos; tan sólo la Nestlé en México comercializa los 200 mil sacos, destinados para la preparación de café soluble.

En Veracruz se cultiva café robusta en la región de Tezonapa en altitudes desde los 100 a los 400 msnm, lo ideal es entre 200 y 300 msnm, cabe mencionar que en esta región la baja altitud y la disponibilidad de mayor humedad durante el invierno, por la presencia de los “nortes”, permite que el café incursione en estas altitudes. En cambio en el municipio de Tepatlaxco, el café robusta se encuentra de los 500 a los 950 msnm, aunque lo ideal es de los 600 a 700 msnm, esto debido a la menor disponibilidad de humedad. Regiones emergentes de café robusta se tienen en Catemaco y Uxpanapa, que en los últimos años fueron estimuladas por los precios, anteriores a la presente crisis.

En Chiapas, la región productora más importante se ubica en Tapachula, en los municipios de Cacahuatán, Tuxtla Chico y Unión Juárez, en esta área se ha incrementado la superficie e incluso mediante sustitución de arábicas; las altitudes varían desde 300 hasta 900 msnm, aunque lo ideal son de 500 a 600 msnm.

Finalmente en Oaxaca se produce robusta en las regiones de Valle Nacional e Ixtepec, con menor participación que Veracruz y Chiapas. En otras regiones del país se localizan plantas dispersas de robusta en los huertos familiares y en los cafetales tradicionales de café árabe, en donde no se realiza comercialización. En general se aprecia que las áreas más adecuadas para robusta en México, dependiendo de las regiones, se ubican entre los 300 y 700 msnm. En el caso de las regiones del Pacífico, las altitudes adecuadas para el robusta tienen que ser mayores debido a las condiciones de menor disponibilidad de humedad.

Consideramos que no se debe impulsar la producción de robusta en México, debido a que esto impactaría en la imagen del café mexicano, sobre todo recordemos los castigos históricos que se aplicaron en años recientes (1998-2000). Más bien debemos estar concientes de que existen regiones que tradicionalmente han cultivado robustas, en estas áreas es donde se pueden impulsar proyectos para mejorar la productividad e incluso tratar de buscar nichos de calidad para diferenciar el café robusta mexicano, como pueden ser el orgánico, Comercio Justo o café robusta de sombra. Por ejemplo en Tepatlaxco, Veracruz están iniciando la producción de robusta orgánico. También es imprescindible que la producción de robusta se recomiende en sistemas agroforestales y policultivos que permitan a los productores contar con más opciones de ingresos (es importante considerar que los costos de producción de robusta en países asiáticos son muy bajos, inferiores a los 30 dólares por quintal) y que además minimicen el impacto ambiental.

En resumen, **no se recomienda una reconversión masiva al cultivo de café Robusta** por:

- El alto costo ambiental de un monocultivo sin sombra como lo es el cultivo de café Robusta.
- El probable deterioro del prestigio del café mexicano catalogado como *otros suaves*, donde un aumento en la superficie de Robustas podría hacer cambiar esa posición.
- La alta susceptibilidad del café Robusta a la broca del grano del café, lo que complicaría más el problema en las áreas afectadas.

Las zonas altitudinales propuestas para regionalizar y reconvertir el cultivo del café (0-500, 500-800, y 800-en adelante) tienen fuertes modificaciones climáticas debido a otras variables, lo que dificulta hacer tabla rasa de estas áreas para recomendaciones de reconversión. Aquí falta un estudio de sistemas de información geográfica para detectar a nivel nacional áreas apropiadas y no apropiadas para el cultivo del café.

La nueva tendencia en la elaboración de cafés solubles es usar más arábigas en lugar de robustas para suavizar los sabores en la nueva moda del café gourmet.

Recomendaciones

Debido a los cambios estructurales a nivel nacional e internacional, que ha sufrido el comercio del café, y a la compleja situación por la que atraviesan los productores es que se establecen las siguientes consideraciones:

Estructurar un programa diferenciado de apoyos a la comercialización, uno enfocado hacia las zonas consideradas como marginales, las cuales no están en condiciones ideales de producción y otro hacia las zonas con mejor potencial productivo y de calidad.

Fomentar todos aquellos tipos de producción en donde el café tenga un valor diferencial como los cafés orgánicos, los producidos en policultivos bajo sistemas artesanales.

Promover en las zonas importantes de México los denominados certificados de origen para diferenciarlos por sus características especiales poderlos ofertar de manera diferenciada a un mayor precio.

Fomentar los esquemas de producción en donde se tenga un mayor valor diferencial como los cafés orgánicos, los producidos en policultivos bajo técnicas artesanales.

Promover la formación de empresas integradoras para mejorar y uniformizar la producción y la calidad desde la cosecha hasta la comercialización.

Fomentar de manera decidida la utilización de desechos de café con pulpa y cascarilla para otros procesos como la producción de hongos comestibles, compostas, lombricultura y la producción de biogás de manera casera y semiindustrial.

Elaborar un inventario y mapeo de las diferentes zonas productoras del país en base a los modelos SIG's (Sistema de información geográfico satelital), con el fin de poder dimensionar con mayor precisión y con la mayor información posible la problemática y tomar las acciones bajo una mejor concepción de la realidad.

Impulsar la comercialización de los cafés denominados naturales de manera amplia y fomentar el consumo de un producto más sano y a un precio más justo para el productor.

Promover el desarrollo de empaques novedosos y de calidad para los cafés naturales y ofertarlos en los centros comerciales como una alternativa disponible.

6.2. Para la agregación de valor

La **capacitación** del sector debe ser prioritaria para desencadenar acciones que permitan mejorar el ingreso de las familias en el corto y mediano plazos. Los grupos de productores deben mejorar en sus productos y procesos, para poder agregar valor desde su unidad de producción. Una recomendación para las cuencas cafetaleras cerceras, es incorporar programas de capacitación para **diferenciar** su café, procesándolo para obtener diferentes clases de pergamino (por ejemplo: por variedad cultivada, por origen y por tipo de proceso) desde su unidad de producción familiar. Esto permitirá reducir el enorme impacto ambiental de los beneficios industriales de las regiones cerceras, de tal manera que los desechos que se generen al procesar individualmente o familiarmente se **reciclaría** a la unidad de producción como abono orgánico para mejorar la fertilidad de los suelos, ésto tendría un impacto ambiental favorable. Por otro lado, una parte del valor del café se incorporaría al productor cercero, aumentaría el crecimiento de talleres locales de construcción de maquinaria para beneficiado húmedo, por lo que el impacto en la economía local y regional sería favorable.

Por otra parte las zonas marginales donde el café no es de buena calidad pueden ser reconvertidas para **producir cafés naturales**, ésto permitiría tener un producto que puede suplir las importaciones de café robusta en un porcentaje alto. En las zonas donde el café es de buena calidad, deben someterse a procesos de capacitación e **integración** para mejorar la producción y los procesos para conservar su calidad, de tal forma que puedan ofertarse como cafés especiales como gourmet, de origen, orgánicos, etc., de tal manera que permitan ofertarse a mejores precios e incrementar su valor agregado al ofrecerlos en un buen porcentaje sólo como café tostado, para que su valor agregado se quede en el lugar de origen del café y permita incentivar este tipo de café.

Se recomienda que se apliquen o mejoren los programas para integrar local y regionalmente a los productores minifundistas libres, en beneficios secos que mantengan la diferenciación del café obtenida desde la producción. Estos programas deben permitir diferenciar los precios de acuerdo a la calidad y tener una vía de comercialización alternativa de los canales convencionales. Esta integración local y regional debe permitir la **comercialización en conjunto** de los minifundistas libres, pero con la intervención directa del estado para supervisar que los márgenes de utilidad no se queden en la integradora, sino que fluyan directamente hacia el productor. Esta estrategia debe plantearse como alternativa a los canales tradicionales de comercialización, pero también debe servir para ordenar los precios y calidades regionales e integrarlos en una **red nacional** que permita ordenar los inventarios, los precios y calidades sin llegar a ser un organismo burocratizado y centralizado, de tal forma que permita una comunicación más rápida, que pueda reaccionar ante los cambios del mercado internacional del café, donde la participación del gobierno federal sea más eficiente y eficaz, y la participación de los productores más dinámica.

En general, **una primera condición** para aumentar el valor agregado para los pequeños y medianos productores, pasa por la estrategia de acercar a estos productores a los consumidores, una estrategia altamente valorada en los mercados justos y ambientales. **La segunda condición** es evitar entrar a la competencia en áreas de gran intensidad de capital de la industria intermedia y final. Se recomienda entrar a las partes de la cadena donde se requiere más capital social y ambiental que financiero. **La tercera condición** sería utilizar tecnologías de pequeña y mediana escala y de bajo impacto ambiental.

Finalmente, los procesos de valor agregado están integrados a los sistemas de producción. Las organizaciones de productores y las pequeñas y medianas empresas cafetaleras generalmente producen el café que procesan. Una política de valor agregado debe fortalecer estos sistemas de producción diferenciados en el seno de las propias empresas y organizaciones.

6.3. Cambios a la Normatividad

6.3.1. Norma de Café Sustentable

A nivel mundial México se ha constituido como pionero y líder en la cafecultura orgánica y el Comercio Justo, estos logros han impulsado el movimiento de café sustentable. Desde el año 2000 diversas organizaciones de pequeños productores de café, organismos no gubernamentales, instituciones académicas, agencias certificadoras, organismos gubernamentales, empresarios, despachos y otros agentes de muy diversas disciplinas se han interesado en la cafecultura sustentable.

En febrero del 2001 se realizó el evento “Cafecultura Sustentable en México” en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, con el objetivo de promover y desarrollar actividades sustentables para el café mexicano.

Como resultado de estos trabajos, en octubre del 2001 se constituyó el Consejo Civil para el Café Sustentable en México, integrado por las diferentes instancias que han participado en el proyecto.

Entre las actividades del Consejo, destaca la elaboración de las normas para la producción de café sustentable en México, cuyos objetivos son los siguientes:

- Proveer las directrices que caractericen a la producción de café sustentable en beneficio del productor, consumidor y medio ambiente.
- Promover sistemas diversificados de producción de café, particularmente los sistemas de policultivo tradicional y rusticano.
- Integrar un enfoque de desarrollo social y conservación ambiental a la producción cafetalera en el país.

- Integrar los criterios de café de sombra diversificada, los de cafecultura orgánica y los de Comercio Justo en un sólo sistema de certificación y en un sólo sello. Asimismo visualizados al contexto rural de México.

Las normas se basan en seis principios que son:

- a) Manejo y conservación de los recursos naturales,
- b) Manejo y conservación del agroecosistema,
- c) Control de calidad del café,
- d) Calidad de vida y participación social,
- e) Inspección y certificación; y
- f) Auditoria y etiquetado del producto.

También se incluyen los requisitos y procedimientos para la acreditación de agencias de certificación (con algún sistema de acreditación: 150 65, IAF y/o USDA).

La cafecultura sustentable, por su carácter integrador, es una alternativa para que el café mexicano logre posicionarse estratégicamente en el mercado internacional y sobre todo que permita superar los profundos estragos ocasionados, en las dos últimas crisis.

6.3.2. Cambios a la Norma de café verde, tostado y soluble

De acuerdo a la revisión de las normas y los cambios ya mencionados sobre los nuevos mercados y la preeminencia de la calidad como factor determinante en la comercialización, se propone una revisión minuciosa de la norma de café verde, tostado y soluble con miras a fundamentar y proponer algunos cambios de fondo que a continuación se enumeran.

6.3.3. Norma de café verde

Incluir forma de producción y beneficiado: Orgánico, ambiental, artesanal, convencional.

Definir la categoría de café *gourmet* o *fino*, de acuerdo a las normas de SCAA.

Definir norma para cafés de origen.

Proponer sellos como: Taza de excelencia, denominación de origen, café sostenible.

6.3.4. Revisar la norma café tostado y soluble

Con miras a que todo el café sea 100% puro, revisar la mezcla con azúcar y eliminarla.

Revisar la norma de café soluble ya que establece un mínimo de 2% de cafeína lo que promueve un mayor uso de robustas y una mayor adicción. Tampoco se establece un máximo de cafeína lo que también favorece el mayor uso de robustas que tienen una cantidad mucho mayor de cafeína (Cuadro 28).

Cuadro 28. Rendimiento de solubles y cafeína, en café arábica y robusta

Contenido de extractos solubles en muestras de café tostado Arábica y Robusta			
Método	Arábica	Robusta	
Jacobson-Staub	% de extracto		
Navellier	26.44-30.34	30.17-36.92	
Oficial Brasileño	27.66-31.54	31.21- 35.50	
	26.63-27.83	29.65 – 30.64	
Contenido de cafeína en diferentes especies y variedades (% de materia seca)			
Especies	Variedad	Hoja	Grano
C. arabica	Mundo Novo	0.98	1.11
	Typica	0.88	1.05
	Catuai	0.93	1.34
	Laurina	0.72	0.62
C. canephora	Robusta	0.46	> 4
	Kouillon/Conillon	0.95	2.36
	Laurenti	1.17	2.45

Fuente: Illy and Viani (1998)

6.4. Para el control de calidad

Uno de los grandes problemas con la diversificación de etiquetas, métodos de producción y denominaciones de origen del café, es la falta de control que se tiene, sobre todo a nivel de venta al menudeo, en la presentación tostado y molido. Ante la caída de los precios y la saturación de los mercados, las adulteraciones y la falta de certificación de las virtudes establecidas en la etiqueta están a la orden del día. Una manera de establecer cierto control, es el muestreo de estos productos y su análisis en *laboratorios de control de calidad alimentaria* y determinar el verdadero origen del producto. Otra forma de mantener un control de calidad es la instalación de un *laboratorio de catación*, donde se estén probando las calidades de los cafés que se ofertan al mercado internacional, y comprobar que se satisfacen los niveles exigidos. Dichos laboratorios deben estar acordes con una actualización de la Norma Mexicana de Café Verde, así como de un establecimiento de sellos de calidad en coordinación con las instancias gubernamentales involucradas y las recientes propuestas internacionales. En los apartados siguientes se dan los términos de referencia generales para instalar estos laboratorios.

6.4.1. Laboratorio de control de calidad de alimentos

6.4.1.1. Diferenciación entre arábicas y robustas

Uno de los análisis básicos con que se empieza el control de calidad del café es la diferenciación entre arábicas y robustas. Siguiendo a Martín *et al* (1998), los procedimientos quemométricos aplicados a análisis de muestras de café usan como principales descriptores químicos: esteroides, alcoholes, diterpenos, componentes volátiles, metales, ácido clorogénico, cafeína, trigonelina, aminoácidos y polifenoles.

Según la metodología seguida en este trabajo, los descriptores químicos más consistentes para diferenciar cafés arábicas de robustas fueron la **cafeína y los aminoácidos**.

El equipo de laboratorio requerido para este análisis es:

- Espectrofotómetro UV-V Phillips PU 9720
- Bomba 510 Waters HPLC
- Controlador de bomba Waters AGC-680
- Válvula de inyección Rheodyne 7120
- Detector Waters 440 UV
- Integrador CE Instruments DP 700
- Lichrosorb RP-18

La técnica es la de espectrofotometría y análisis cromatográfico iónico bajo los estándares ISO y AOAC.

6.4.1.2. Análisis de café verde almacenado

Este apartado está basado en Bucheli *et al* (1998). La determinación de humedad es el procedimiento para monitorear el estado del café verde almacenado pero no da información sobre el manejo antes del almacenaje y los cambios en sabor y olor. Cafés almacenados con humedad pueden generar hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*, los que aparte de deteriorar la calidad del café verde pueden crear compuestos tóxicos al humano como la ocratoxina.

Este procedimiento está basado en la cantidad de glucosa presente: en café bien almacenado se encuentra sólo en cantidades traza, pero aumenta a medida que el café se deteriora.

Los análisis de laboratorio en este apartado incluyen: incremento de glucosa, infestación de moho (hongos), contenido de humedad, análisis microbiológico, y, análisis de azúcares solubles. Las técnicas son: cromatografía de intercambio de aniones de alta resolución (HPAE), detección electromecánica pulsada (PED), límites de contenido de humedad según norma ISO 1447.

Los equipos requeridos son:

- Columna de intercambio de aniones (Carbo Pac PA-100 4x250mm)
- Incubadora P-39000-10 (Cole-Parmer)
- Equipo DECAGON
- Pastorex Aspergillus Kit (Sanofi Diagnostics Pasteur)
- Microscopio esteroescópico
- Mezcladora Waring

6.4.1.3. Análisis químico de cafés de origen

Estos análisis se basan en la composición de los minerales traza en el café como un indicador de origen y los siguientes protocolos de referencia están basados en Rivera (1997).

Hay tres métodos instrumentales de análisis según este autor: 1) absorción atómica (AA) que analiza hasta sesenta elementos metales; 2) plasma acoplado inductivamente que puede analizar de veinte a cuarenta elementos simultáneamente y no sólo metales; y 3) espectrometría de masas (MS) que es muy preciso, analiza estructuras de complejos moleculares orgánicos e inorgánicos y composición de superficies sólidas, pero es muy caro.

El equipo necesario para Absorción Atómica es según este autor:

- Lámpara catódica (HCL)
- Sistema nebulizador-quemador
- Monocromador
- Photomultiplier tube (PMT)
- Espectrofotómetro
- Estufa de secado al vacío

6.4.1.4. Análisis de mezclas

Un análisis preciso de esteroides y de cafeína en café verde, tostado normal y descafeinado puede estimar la proporción de granos de arábica y de robusta en una mezcla con una aproximación del 10%.

El procedimiento es la cromatografía por capilaridad de gases y se requiere:

- Cromatógrafo de gases
- Evaporador rotativo
- Filtro Millipore
- Cafetera Melitta
- Determinador de porcentaje de sólidos (CEM moisture microwave)

6.4.1.5. Laboratorio de catación

Para hacer las evaluaciones de la calidad del café en taza a nivel de beneficio seco se requiere un espacio equipado según el cuadro siguiente:

Cuadro 29. Equipo y precio laboratorio de catación

Equipo*	Precio (\$)
Morteadora de rendimientos	5,100.00
Báscula de precisión	1,900.00
Tostador de catación	12,500.00
Tostador para muestras	6,700.00
Zaranda para muestras	600.00
Escupidera	800.00
Mesa de catación	2,300.00
Taza	40.00
Calador	400.00
Charola	90.00
Medidor de humedad	8,900.00
Molino Mahlkonig Kenia	11,600.00

*Equipo y precios según catálogo de *PROMOR Maquinaria para Café*, Coatepec, Ver.

CAPÍTULO VII LITERATURA CONSULTADA

Brando, C. 2001. Comercialización en el Internet de Cafés Especiales en Grano Verde. SCAA 13th Annual Conference, Miami Beach, Florida, April 20-23, 2001.

Bucheli, P., Meyer, I., Pittet, A., Vuataz, G. and Viani, R. 1998. Industrial storage of green robusta coffee under tropical conditions and its impact on raw material quality and ochratoxin A content. *J. Agric. Food Chem.* 46, 4507-4511.

Cafés de México. 2001. Centro de Certificación y Cotización de Café en Nuevo Laredo. Publicaciones Camacho. México, D.F. Suplemento Marzo 2001.

Cafés de México. 2001. Publicaciones Camacho. México, D.F. Octubre 2001. 157:6

Cantú P.,F. 2001. Red internacional de mercados organizados en los países de origen del café. México, D.F

Castillo P.,G.; S. Díaz C.; E. Escamilla P. y B. Rodríguez P. 2000. Cafeticultura en Veracruz y Tabasco: análisis integral, investigación y tecnología. Primer Foro Sigolfo-Fundación Produce. Grupo Interinstitucional Coordinador del Sistema Producto Café. Veracruz, Ver. México. s.p.

Comercio Justo México, A. C. 2000. Norma General de Comercio Justo. En: Memorias del Taller: café orgánico como alternativa de diferenciación. Diciembre 2001. FIRA. Agencia Córdoba. Córdoba, Ver. 37 p.

Consejo Mexicano del Café. 2002. www.sagar.gob.mx/Cmc.café04spl.htm

Carpentier C.L. and Giovannucci D. 2001. What is the Real Size and Demand of the Sustainable Coffee Market? SCAA 13th Annual Conference, Miami Beach, Florida, April 20-23, 2001.

Castillo, Z.J. y Moreno, R.G. 1988. La variedad Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. CENICAFE, Chinchina, Caldas, Colombia.

Chávez Z., C. 2001. Nuevo enfoque de Fomento. Protocolo del Proyecto "Integración para la producción de café sustentable en el estado de Veracruz". Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). Dirección Regional del Sur. Residencia Estatal Veracruz. Agencia Córdoba. Córdoba, Ver. 17 p.

Dicum, J. 1999.

Escamilla P., E. 2001. Café Sustentable: definición y retos tecnológicos. En: Memorias del Taller: café orgánico como alternativa de diferenciación. FIRA. Agencia Córdoba, Ver. s.p.

Escamilla P., E. y S. Díaz C. 2002. Sistemas de Cultivo de Café en México. Universidad Autónoma Chapingo. CRUO-CENIDERCAFE. Fundación Produce Veracruz. Huatusco, Ver. México. (en prensa).

Giovannucci, D. 2001. Encuesta sobre café sustentable en el mercado de especialidad de América del Norte. Summit Foundation, Nature Conservancy, Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, Asociación Estadounidense del Café de Especialidad, Banco Mundial, <http://www.scaa.org>.

Gómez C., M.A.; R. Schwentesius R., L. Gómez T.; I. Arce C.; M. Quiterio M. y Y. Morán V. 2000. Agricultura orgánica de México. Datos básicos. SAGAR-Subsecretaria de Desarrollo Rural. Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM. Chapingo, México. 46 p.

Gómez T., L. 2001. Taller “La producción de café orgánico como alternativa de diferenciación. En: Memorias del Taller: café orgánico como alternativa de diferenciación. FIRA. Agencia Córdoba. Córdoba, Ver. 30 p.

Grupo de Trabajo sobre Cafecultura Sustentable en México. 2001. Propuesta de Normas para la Certificación del Café Sustentable en México. Documento de Trabajo, San Cristóbal de las Casas, Chis., febrero del 2001.

Guadarrama-Zugasti, C. 2000. The Transformation of Coffee Farming in Veracruz, Mexico. Sustainable Strategies? Ph. D. Dissertation, University of California Santa Cruz, CA, USA.

Guadarrama Z. C., Trujillo O. L., Illescas M. E., Palma M. C., García G. A., Alcántara Ch. A., Salgado P. L., y Rodríguez A. M. 2001. Cafecultura Sostenible para Pequeños Productores de Ixhuatlán del Café. Proyecto de los Grupos de Ahorro Solidario, Ixhuatlán del Café, Ver., Octubre de 2001.

Guadarrama Z. C. y Trujillo O. L. 2001. Calidad de Café, Variedades y Fertilidad del Suelo entre Pequeños Productores de Ixhuatlán del Café, Ver.: Diagnóstico Preliminar. Memoria XIV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2001, 25 y 26 de octubre del 2001, Veracruz, Ver.

Haarer, A.E. 1980. Producción moderna de café. CECOSA, México, D.F.

INMECAFE. 1991. Datos estadísticos de la cafecultura mexicana. Xalapa, Ver. México.

Illy, A. And Viani, R. (eds). 1995. Espresso Coffee. Academic Press, San Diego, CA.

Katzeff, P. 2001. The Coffee Cuppers Manifesto. CEO, Thanksgiving Coffee Company, May 5, 2001, CA.

Malavolta, E. 1986. Nutrição, adubação e calagem para o cafeiro. Cultura do cafeiro: fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para la investigación del fósforo y potasio. Sao Paulo.

Martín, M.J., Pablos, F.A., y González, A.G. 1998. Discrimination between arabica and robusta green coffee varieties according to their chemical composition. *Talanta*, 46, 1259-1264.

Monroy M.,B. 2001. ¿Qué hay detrás de una taza de café?. Rostros y Voces de la Sociedad Civil. 24:13-19

Moguel P. y V.M. Toledo. 1999. El café en México. Ecología, cultura indígena y sustentabilidad. En: El Jarocho Verde. Red de Información y Acción Ambiental de Veracruz. Xalapa, ver. 11:3-12.

Muschler, R.G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 85: 131-139

Paige, Jeffery M. 1997. Coffee and Power: Revolution and the rise of Democracy in Central America. Harvard University Press, Cambridge. 432pp.

Pendergrast, 1999.

Pérez P., E. 1989. Zonificación agroecológica del café en la zona centro del estado de Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 133 p.

Prujin, J. 2001. El poder de los pequeños. Rostros y Voces de la Sociedad Civil. 24:7-12.

Proceso-Sur. 2002. Revista Catorcenal. Enero 5-2002. 49:37-44.

Ramírez...1985.

Renard, Marie-Christine.1999. Los Intersticios de la Globalización: un label (Max Havelaar) para los Pequeños productores de café. Embajada de Los Países Bajos. México.340p

Rice, R.A. 2001. Noble goals and challenging terrain: organic and fair trade coffee movements in the global marketplace. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 14: 39-66.

Rivera, J. 1997. Preliminary report on the development of a practical protocol for the verification of origin of specialty coffees. Specialty Coffee Institute, Technical Papers.

Rostros y Voces de la Sociedad Civil. 2001. Comercio Justo en México. Organo de Difusión de Redes y Organismos Civiles. Nueva Epoca. Año 6. No. 24 Septiembre-Octubre 2001. México, D.F. 48 p.

Santoyo C., V.H., S. Díaz C. Y B. Rodríguez P. 1994. Sistema Agroindustrial Café en México: diagnóstico, problemática y alternativas. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM. SARH.México, D.F. 157 p.

VanderHoff B., F. 2001. Por qué un Mercado Justo de México. Rostros y Voces de la Sociedad Civil. 24:21-23.

CAPÍTULO VIII
ANEXOS

8.1. Maquinaria para procesar café

La maquinaria para procesar café se ha desarrollado con más dinamismo en los últimos 15 años, que en todo el siglo anterior. La cada vez más rígida legislación ambiental, el desarrollo de los procesos para mejorar la calidad del café procesado y la reducción de los costos, han hecho que recientemente se hayan desarrollado diferentes modelos de maquinaria para procesar el café. La tecnología de la maquinaria se ha desarrollado principalmente en Centroamérica, sobresaliendo el caso de Costa Rica, Brasil, Colombia y en menor medida México. Aquí se sintetiza la maquinaria desarrollada por las principales industrias fabricantes de maquinaria de México y el extranjero.

8.1.1. Maquinaria para el beneficiado húmedo del café

La reducción del agua usada para estas industrias es la constante en el equipo desarrollado, así como el ahorro energético del oreado y el secado.

a) Despulpadoras

Existen diferentes modelos de despulpadoras, sin embargo, las podemos clasificar en tres tipos de acuerdo al mecanismo de despulpado, de la siguiente forma:



Figura 30. Despulpadoras de disco: son las más ampliamente usadas en México debido a su resistencia, durabilidad y facilidad de operación, despulpa los frutos de café de diferente grado de maduración, son fáciles de calibrar y limpiar. Los principales fabricantes son PROMOR, INGAR, CAMPOLLO y pequeños talleres de maquinaria para café. Se fabrican desde manuales de 200 hasta 5 000 kg/h con series de cinco discos. Las despulpadoras pequeñas se ofertan desde 3,500.00 pesos con motor eléctrico.

Cuadro 30. Modelos de despulpadoras de disco

Capacidad (kg/h de café cereza)	Marca	Modelo	No. de discos	Diámetro de los discos	Hp
200	INGAR	PID/01	1	12"	S/M
300	INGAR	500/00	1	12"	0.75
800	INGAR	500/01	1	14"	1
1500	INGAR	500/02	2	14"	1.5
3000	INGAR	500/03	3	18"	3
5000	INGAR	500/04	5	18"	3

Figura 31. Despulpadoras de tambor horizontal: son muy comunes en Centroamérica y en algunos beneficios de Chiapas, constan de un cilindro vertical que puede tener camisas con perforaciones especiales de cobre y de hule, son específicos para frutos maduros y no daña al fruto. Sin embargo, son muy delicados puesto que alguna impureza puede romper las camisas. Fabricante INDUSTRIAS BENDIG.



Cuadro 31. Despulpadoras de cilindro horizontal

Marca	Modelo	Potencia (Kw)	Capacidad (ton/h)	Velocidad (r.p.m.)	Peso (kg)	Ancho (mm)
BENDIG	DPH-20	2.2	4	125	160	610
BENDIG	DPH-10	1.1	2	125	125	305
BENDIG	DPI-15	2.2	3	140	180	610
BENDIG	DPI-10	1.1	2	140	140	305



Figura 32. Despulpadoras de tambor vertical. También son de camisas montadas sobre un cilindro vertical, diseñadas para reducir el uso de agua en esta operación. Fabricante PENAGOS.

Cuadro 32. Modelos de despulpadoras verticales

Marca	Modelo	Capacidad (kg cereza/h)	Potencia (Hp)	Peso (kg)	Velocidad (r.p.m.)	No. de percheros
PENAGOS	DV-181C	200-300	0.5	28	250	1
PENAGOS	DV-253C	1200-1500	1	58	500	3
PENAGOS	DV-255CM	2000-2500	2	70	500	5

b) Eliminación del mucílago

La remoción del mucílago es una operación mecanizada que puede ser llevada al cabo por dos máquinas: las bombas lavadoras y los desmucilagadores.

Figura 33. Bomba lavadora



Utilizada únicamente con café fermentado, consiste en una bomba de agua con sólidos de propela o, puede ser una bomba del tipo sumergible que al mismo tiempo que transporta el grano, lo lava. La eliminación del mucílago se realiza con la fricción que tiene el grano con la propela de la bomba. Debe existir una adecuada proporción de agua y grano para evitar atascamientos y el trabajo en seco de la misma. Este es el método más adoptado de lavado en los beneficios de escalas industriales. Generalmente son bombas de agua adaptadas a la industria, los principales fabricantes son PROMOR, BENDIG.

Cuadro 33. Modelos de bombas lavadoras

Marca	Modelo	Potencia (Hp)	Diámetro nominal	Velocidad angular (r.p.m.)	Peso (kg)
BENDIG	B-3	5-7.5	3"	750-1100	75
BENDIG	B-4	7.5-15	4"	750-1250	115
BENDIG	B-6	20-25	6"	900-1250	210
PROMOR					

c) Desmucilagadora

Figura 34. El desmucilagador: La eliminación del mucílago con el desmucilagador es un proceso que no ha sido adoptado ampliamente debido a dificultades operativas y desconfianza en la calidad organoléptica obtenida, al suprimir el proceso de fermentación. Generalmente se ha adoptado como máquina lavadora después de fermentar el café. Originalmente se planteó como ahorro en tiempo de proceso, sin embargo, su mayor ventaja es la poca cantidad de agua usada para eliminar el mucílago, obteniendo un efluente altamente concentrado que puede manejarse fácilmente en su tratamiento. Es necesario incluir sistemas de transporte mecanizados para mover el café hacia el secado, con lo que se incrementa la demanda de energía eléctrica.

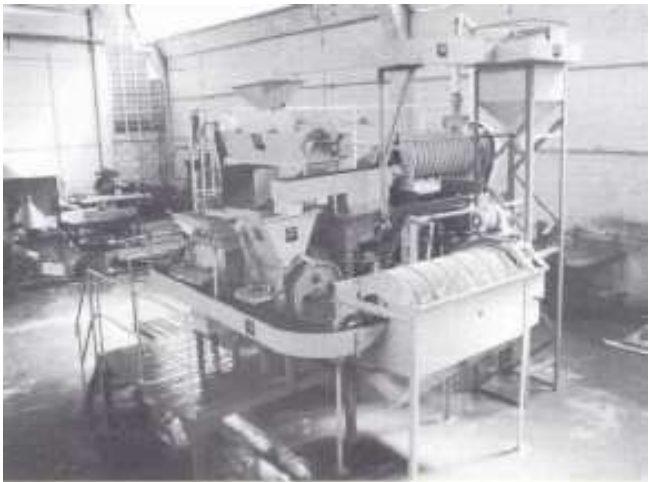


Cuadro 34. Modelos de desmucilagador

Marca	Modelo	Capacidad (kg/h)	Potencia (Hp)
INGAR	5000/00	120	1.5
INGAR	5000/00	320	2
INGAR	5000/00	600	3
INGAR	5000/00	1200	3
INGAR	5000/00	2000	5
PINHALENSE	DFA-1	1500 A 4000	
BENDIG	AB-10	900	15
BENDIG	AB-30	2700	30
BENDIG	AB-30W	3600	25-30

d) Unidades compactas de beneficiado

Figura 35. Las unidades compactas de beneficiado, denominadas “ecológicos” (UCBE), integran las máquinas despulpadoras con mecanismos de limpieza antes del despulpado, como deshojadores y, después del despulpado, con cribas para separar la pulpa y granos sin despulpar, mecanismos de transporte helicoidales y en algunos casos integran la recirculación del agua. Generalmente todos los modelos incluyen una desmucilagadora para eliminar el mucílago inmeditamente después del despulpe. Existen diferentes modelos que varían en la capacidad en toneladas por hora de frutos de



café procesados desde los 400 hasta los 7,500 kg/h, en los mecanismos de limpieza y de transporte incluidos. Son equipos muy compactos que requieren de poco espacio, que pueden ser transportados de un sitio a otro, incluyen la instalación eléctrica. Con estas unidades se asegura un

ahorro significativo de agua, pero tienen el inconveniente de trabajar sólo con frutos completamente maduros, ya que los diferentes grados de madurez representan problemas operativos que tienen que solucionarse con mecanismos de preselección. Los principales fabricantes de esta maquinaria son PENAGOS, BENDIG, MERCATOR, INGAR y PHINALENSE.

Cuadro 35. Modelos de unidades de beneficiado compactos

Marca	Modelo	Capacidad (kg cereza/h)	Potencia (Hp)	Peso (kg)	Dimensiones (m)	Otras especificaciones	Precio (\$)
PENAGOS	UCBE500	500	1	140		Lava 200 kg/hr	49,910.00
PENAGOS	UCBE1500	1500	5	336	1.7x1.5x1.9	Lava 600 kg/hr	103,845.00
PENAGOS	UCBE2500	2500	8	450	2x1.5x1.9	Lava 1000 kg/hr	120,980.00
PENAGOS	UCBE4000	4000	12	1200	2x2.5x2.8	Lava 1600 kg/hr	175,375.00
PENAGOS	UCBE6000	6000	17.5	1480	2.5x2.5x3	Lava 2400 kg/hr	225,285.00
BENDIG	BHC	5000	28		4.5x3.8x3.85	Necesita 5 lps de agua	n.d.
INGAR	5000/00	300	2.25			Lava 120 kg/hr	n.d.
INGAR	5000/01	800	3			Lava 320 kg/hr	n.d.
INGAR	5000/02	1500	4.5			Lava 600 kg/hr	n.d.
INGAR	5000/03	3000	6			Lava 1200 kg/hr	n.d.
INGAR	5000/04	5000	8			Lava 2000 kg/hr	n.d.
ESTRADA	ME1500	1400	4.5	350	2.9x1.2	1 disco	n.d.
ESTRADA	ME3000	2800	5	505	3.35x1.25	2 discos	n.d.
ESTRADA	ME4500	4200	8.5	765	3.9x1.35	3 discos	n.d.
ESTRADA	ME600	5600	11	890	4x1.45	4 discos	n.d.

e) Oreado

Después del lavado del café es necesario remover el excedente de agua que aun permanece en el grano para lo cual la oreadora es la maquinaria adecuada para llevar al cabo esta operación eficientemente. Tradicionalmente el oreado se realiza en oreadoras de columna donde el café se eleva hasta la parte superior de la torre



de oreado y a la parte inferior se le inyecta aire caliente a contracorriente para remover la humedad. Generalmente la oreadora tiene integrado un quemador de gas o diesel, un intercambiador de calor para elevar la temperatura del aire que se inyecta mediante un ventilador. En industrias grandes la alimentación del calor es centralizado. El proceso de oreado puede tardar hasta cuatro horas a 70° C.

Existe otro diseño de oreadora que actualmente se ha adoptado ampliamente, sobre todo en beneficios de pequeña escala, la oreadora horizontal o de “cascada”. El paso del café sobre una



base perforada donde entra aire caliente a presión de tal forma que el café al irse secando pierde peso y se mueve hacia la parte donde se descarga el café para secarse, de tal forma que el oreo se realiza en menor tiempo evitando problemas de fermentación posterior. El café al pasar por la cama fluidizada se limpia de las impurezas que aún tuviera.

Cuadro 36. Modelos de oreadoras

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Potencia (Hp)	Dimensiones (m)	Precio (\$)
PROMOR	HORIZONTAL	2	1.5	3.55x0.85x1.45	31,650.00
PROMOR	HORIZONTAL	7	5	4.08x0.9x1.5	45,655.00
PROMOR	HORIZONTAL	15	10	4.24x0.9x1.5	61,870.00
PROMOR	HORIZONTAL	22	15	4.4x0.9x1.55	74,865.00
PROMOR	HORIZONTAL	30	20	4.45x0.95x1.55	84,870.00
PROMOR	HORIZONTAL	50	30	4.5x1.05x1.55	119,025.00
BENDIG	OC-50	50			n.d.
BENDIG	OC-100	100		6.1x1.2x3.15	n.d

f) Secado

Figura 36. El secado del café mecánico se ha realizado tradicionalmente en **las secadoras de cilindro o tambor rotatorio denominadas del tipo “Guardiola”**, que consiste en un cilindro que tiene cuatro compartimentos y una red de tubería perforada por donde se distribuye el aire caliente. Se construyen en capacidades desde 2 hasta 120 Qq.



Figura 37. Secadoras verticales (tipo silo)

Un modelo de secadoras utilizado en Centroamérica son las verticales, ya sea de forma rectangular o de forma cilíndrica. El secado en estos modelos se realiza a bajas temperaturas y se fabrican para grandes capacidades, desde 70 hasta 480 Qq; el funcionamiento es similar al de una oreadora vertical, es decir, el secado se realiza al caer por gravedad el grano con grandes flujo de aire caliente a contracorriente a temperatura de 65° C.



Cuadro 37. Modelos de secadoras

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/ciclo)	Potencia (Hp)	Dimensiones (m)	Otras especificaciones	Precio (\$)
PROMOR	MODULAR	5	2	2x1.2x2	Consume 30 kg de gas por ciclo	31,740.00
PROMOR	MODULAR	10	2.5	2x1x3	Consume 60 kg de gas por ciclo	38,410.00
PROMOR	MODULAR	15	3.5	2.5x1.5x3	Consume 90 kg de gas por ciclo	45,885.00
PROMOR	MODULAR	20	5	2.5x1.5x3.5	Consume 120 kg de gas por ciclo	52,440.00
PROMOR	GUARDIOLA	30	8	3x1.9x4.5	Consume 180 kg de gas por ciclo	118,680.00
PROMOR	GUARDIOLA	45	12.5	3x1.9x5.8	Consume 270 kg de gas por ciclo	144,440.00
PROMOR	GUARDIOLA	60	15	3x1.9x7	Consume 360 kg de gas por ciclo	167,095.00
PROMOR	GUARDIOLA	90	22.5		Consume 430 kg de gas por ciclo	202,055.00
INGAR	PIS/MINI	3	2			n.d.
INGAR	PIS/1	5	2.5			n.d.
INGAR	PIS/2	12	2.5			n.d.
BENDIG	PC-35	70	12	7.6 m de alto	Secador vertical	n.d.
BENDIG	PC-65	130	23	9.1 m de alto	Secador vertical	n.d.
BENDIG	PC-130	260	45	12.2 m alto	Secador vertical	n.d.
BENDIG	PC-180	360	67.5	15.2 m alto	Secador vertical	n.d.
BENDIG	PC-240	480	85	18.3 m alto	Secador vertical	n.d.

Figura 38. Unidades generadoras de calor



del café para ahorrar combustible como el gas o el diesel, también tienen la versatilidad de utilizar mezclas de combustibles si así se desea.

En industrias grandes el suministro de calor para realizar el oreado y el secado del café se realiza de manera centralizada, mediante sistemas de hornos o calderas. Es muy común en Centroamérica el uso como fuente de energía la madera de las fincas cafetaleras y el uso de la pajilla

Cuadro 38. Generadores de calor

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/ciclo)	Otras especificaciones	Precio (\$)
PROMOR	HOR-VER-180	180	Puede usar pajilla, leña, diesel o mezcla de combustibles	113,390.00
PROMOR	HCM-08	480	Consume 12 m ³ de pajilla por día	
BENDIG		120	Puede usar pajilla, leña, diesel o mezcla de combustibles	
BENDIG		500	Puede usar pajilla, leña, diesel o mezcla de combustibles	

8.1.2. Maquinaria para el beneficio seco

La maquinaria y equipo para el beneficiado seco del café, permite obtener lotes de café de una calidad uniforme a partir del café pergamino, eliminando defectos de la cosecha y granos mal procesados en el beneficio húmedo, para satisfacer las necesidades de los diferentes tipos de café solicitado por el mercado. En el país las principales industrias fabricantes de equipo de beneficiado de café son PROMOR, MAQAFE, INGAR y MERCATOR. Se incluyen modelos fabricados en otros países productores de café como BENDIG de Costa Rica, PINHALENSE de Brasil y SPECTRUM de la India. La tecnología de clasificación de color ha sido desarrollada en los Estados Unidos, Alemania y Japón con las compañías Xeltron, Delta; Elexso y Satake. A continuación se presentan los diferentes modelos de maquinaria para los procesos de beneficiado seco.

a) Prelimpia

En esta operación es importante separar las impurezas (polvo, piedras, palos, etc.) que pudiera tener el pergamino y separar los frutos de café secos (capulines) para mortearlos por separado. También se denominan descapulinadoras o zarandas Crippen que tiene perforaciones oblongas de 7 mm de ancho por 19 mm de largo que permiten el paso del café pergamino reteniendo los cerezos secos o “capulines”

Cuadro 39. Modelos de prelimpiadoras

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Precio (\$)
PINHALENSE	PRELI-1/2/3, CPF 1/2/3, CPFBNR 1/2/3	65 A 175	n.d.
INGAR		15	23,920.00
MERCATOR	5488-V		n.d.
PROMOR			n.d.

Figura 39. Prelimpiadoras



b) Morteo

El morteo es la operación mecánica de separar el endocarpio de las semillas (pergamino); existen dos tipos diferentes de morteadoras: para pergamino (por fricción) y para frutos secos o capulines (por medio de cuchillas). Las capacidades están desde 1 hasta 70 Qq por hora.

Figura 40. Morteadoras



Cuadro 40. Modelos de morteadoras

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Potencia (Hp)	Dimensiones	Precio (\$)
PROMOR	Expendio	1	1.5	0.4x0.5x0.3	13,200.00
PROMOR	#4	3	3		23,920.00
PROMOR	#3	5	5		27,025.00
PROMOR	#2	7.5	7.5		31,970.0
PROMOR	#1	15	15	1.5x2x1	40,595.00
PROMOR	#0	25	25	1.5x2x1	57,730.00
PROMOR	#00	35	40	1.80x2.20x1.20	74,980.00
MERCATOR	0-1A		10		94,070.00
MERCATOR	Engelberg	20-40-60			n.d.
INGAR	PIM/MINI-E	1			n.d.
INGAR	PIM/01	3			n.d.
INGAR	PIM/02	10			n.d.
INGAR	PIM/03	16			n.d.
PINHALENSE	DECER-12	10			n.d.
PINHALENSE	DECER-24	25			n.d.
SPECTRUM	CH-100-B1	20			US7,350.00
SPECTRUM	CH-100-B1	40			US8,400.00
KAACK	KSE510*				n.d.
KAACK	SSM 510*				n.d.
BENDIG	PE-M*	Muestras	Manual		n.d.
BENDIG	PE-1*	0.5	0.7	1x0.5x0.8	n.d.
BENDIG	PE-4*	2	5	1.65x1.25x.55	n.d.
BENDIG	PE-15*	5	11	2.35x1.8x0.7	n.d.
BENDIG	PE-40*	20	25	3.15x1.3x2.55	n.d.

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Potencia (Hp)	Dimensiones	Precio (\$)
BENDIG	PE-80*	40	55	3.45x1.45x2.65	n.d.
BENDIG	PS-15	15	15		n.d.
BENDIG	PS-20	25	20-30		n.d.

*Son morteadoras de cuchilla para cafés naturales

c) Clasificación por densidad

La clasificación por densidad se realiza en máquinas denominadas “catadoras”, que constan de un tunel neumático que permite separar la basura, pergamino, polvo y café de bajo peso (mancha).

Figura 41. Catadoras



Cuadro 41. Modelos de catadoras

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Potencia (Hp)	Dimensiones	Precio (\$)
PROMOR	#2	7.5	1		20,585.00
SPECTRUM		20			US4,000.00
BENDIG	CS-50	50	5.25	1.41 m ²	n.d.

d) Clasificación por tamaño y forma



Figura 42. Clasificadoras por tamaño y forma. Esta operación se realiza en máquinas mediante un sistema de zarandas o cilindro que constan de un juego, generalmente, de 5 cribas con diferentes tamaños de

perforaciones para clasificar el grano en diferentes tamaños y formas. La primera criba separa el capulín (frutos secos), la segunda que es redonda de 7 mm, separa planchuela de primera y segunda, la tercera criba separa caracol.



Cuadro 42. Modelos de clasificadoras por tamaño y forma

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Potencia (Hp)	No. de Clasificaciones	Precio (\$)
PROMOR	#2	7.5	0.5	6	26,220.00
MERCATOR	3 X 99		3	6	65,895.00
SPECTRUM	VG 240 S	20		4	US7,350.00
SPECTRUM	VG 240 D2	40		7	US13,400.00
BENDIG	CV-35	35	2	8	n.d.
BENDIG	CV-50	50	3	8	n.d.
PINHALENSE	PI-2/PI-4/PII	30-350		7	n.d.

e) Clasificación por densidad

Figura 43. Clasificadora por densidad. Esta operación se realiza en una mesa de gravedad que tiene pendiente, movimiento vibratorio y se le inyecta aire en la parte inferior, lo que permite diferenciar al café por su densidad, aun cuando tengan la misma forma y tamaño, en primera, segunda y terceras. Se fabrican desde 15 hasta 40 Qq/hr.



Cuadro 43. Modelos de clasificadoras vibroneumáticas

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Potencia (Hp)	No. de Clasificaciones	Precio (\$)
PROMOR		16	5	3	48,530.00
PROMOR		32	7.5	3	n.d.
PROMOR		54	10	3	n.d.
SPECTRUM	GS-120	20			US4,125.00
SPECTRUM	GS-320	40			US6,800.00
BENDING	0-60	65	10	3	n.d.
MERCATOR	300	40	5	3	83,099.00
	400-SIL			4	n.d.
	780			4	n.d.
INGAR		15		3	52,325.00
PINHALENSE	PP-40/75, MVF-0,1,2	20-115		4	n.d.

f) Clasificación por color

Figura 44. Clasificadora por color. Esta operación, que anteriormente se realizaba manualmente, ahora se realiza mecánicamente mediante la implementación de líneas de seleccionadoras electrónicas de color, que han tenido un desarrollo muy grande en los últimos años. Los granos de café pasan por una cámara donde se compara con un código de colores programado que permite separar los granos manchados y de color diferente. Existen diferentes modelos que se diferencian en las capacidades y en la tecnología usada para clasificar.



Cuadro 44. Modelos de clasificadoras por color de café

Marca	Modelo	Capacidad (kg/h)	Charolas	Expulsores	Otras características	Precio (\$)
DELTA	CASACADA	800-1000	1	16		US20,000.00
DELTA	VICTORIA	1600-2000	2	32		US40,000.00
DELTA	NIAGARA	3200-4000	4	64		US80,000.00
DELTA	IGUAZÚ	5600-7000	7	112		US140,000.00
SATAKE	SM II 100		1		10 Canales	n.d.
SATAKE	SM II 200		2		20 Canales	n.d.
SATAKE	SM II 400		4		40 Canales	n.d.
SATAKE	SM II 800		8		80 Canales	n.d.
ELEXSO	TR-4	700-1100	4		4 Canales	n.d.
ELEXSO	TR-8				8 Canales	n.d.
ESPECTRUM	S 2001	400	2			US19,000.00
ESPECTRUM	S 4001	3000				US60,750.00
XELTRON						n.d.

g) Unidades compactas de beneficiado seco

Figura 45. Unidades compactas de beneficiado seco. Para pequeñas empresas y organizaciones sociales de productores, se ofertan unidades compactas de beneficiado seco que constan de una morteadora, un catador y una clasificadora por forma y tamaño. Algunos modelos compactos integran una clasificadora densimétrica.



Cuadro 45. Modelos de unidades compactas de beneficiado seco

Marca	Modelo	Capacidad (Qq/h)	Potencia (Hp)	Dimensiones	Precio (\$)
PROMOR		7.5	12.75	0.4x0.5x0.3	13,200.00
PINHALENSE	CON-4,6,8	10 A 25			
PINHALENSE	CONAM				
MERCATOR		Bajo pedido			
BENDIG		Bajo pedido			

h) Sistemas de almacenamiento y transporte mecanizado



En el beneficio seco de café, **(Figura 46) los sistemas de transporte y almacenamiento son totalmente mecanizados**, por lo que la industria metalmecánica para este sector ha desarrollado diferentes sistemas mecanizados para el manejo, tanto de café pergamino como verde (oro), lo que permite un manejo más eficiente de todas las operaciones realizadas por esta industria. Existen mecanismos de transporte como: elevadores de cangilones, neumáticos, transportadores helicoidales y de banda; así como diferentes modelos de silo y tolvas de almacenamiento para diferentes capacidades y escalas de las plantas. Estos equipos se fabrican de acuerdo a la capacidad de la industria y de las distancias que es necesario mover el café.



8.2. Equipo para procesar café

Empresa: Mexicana de Suministros Agropecuarios S. A. de C. V.

Morteadora para café pergamino y/o bola seca

Características: Motor de 5HP. con capacidad para 450 kg/hr. o motor de 10HP con capacidad para 800kg/hr. Equipada con motor eléctrico con tolva de alimentación, unidad mecánica para desprender la cascarilla o pergamino sin romperlo, salida de café oro listo para selección.

Ventilador centrífugo succionador de la cascarilla o pergamino. La eficiencia de los mecanismos disminuyen el tiempo del proceso. Este modelo por su tamaño reduce los espacios para infraestructura. Se ajusta para alta o pequeña producción.

Precio del equipo 5HP.....\$ 27,483.75
10HP.....\$ 36,486.25

Morteadora para café pergamino y/o bola seca

Características: Motor de 11HP. con capacidad para 450 kg/hr. o motor de 16HP con capacidad para 800kg/hr. Equipada con motor a gasolina con tolva de alimentación, unidad mecánica para desprender la cascarilla o pergamino sin romperlo, salida de café oro listo para selección.

Ventilador centrífugo succionador de la cascarilla o pergamino. La eficiencia de los mecanismos disminuyen el tiempo del proceso. Este modelo por su tamaño reduce los espacios para infraestructura. Se ajusta para alta o pequeña producción.

Precio del equipo 11HP.....\$ 29,705.00
16HP.....\$ 49,053.75

Tostador para café de lecho fluidizado encendido electrónico y acero inoxidable

Características: 10kg/10min. Motor 3HP.diseñado para modernizar y agilizar el proceso del tostado, construido con la más alta tecnología que integra: Tostado homogéneo a base de aire caliente. Concentra aroma, aceites esenciales y azúcares naturales. Enfría con aire. No contamina al medio ambiente. Ocupa poco espacio. Construcción en lamina negra e inoxidable para la cámara de tostado. Equipado con motor eléctrico con regulador de gas.

Precio del equipo\$ 58,188.75

Tostador para café de lecho fluidizado encendido electrónico y acero inoxidable

Características: 25kg/10min. Motor 3HP.diseñado para modernizar y agilizar el proceso del tostado, construido con la más alta tecnología que integra: Tostado homogéneo a base de aire caliente. Concentra aroma, aceites esenciales y azúcares naturales. Enfría con aire. No contamina al medio ambiente. Ocupa poco espacio. Construcción en la mina negra e inoxidable para la cámara de tostado. Equipado con motor eléctrico con regulador de gas.

Precio del equipo\$ 75,000.00

Molino para café tostado

Características:50kg/hr. Equipado con motor electrico monofásico de 1HP. Tolva de alimentación, perilla reguladora, entre otros

Precio del equipo\$ 7,475.00

Molino para café tostado

Características:120kg/hr. Equipado con motor electrico monofásico de 1HP. Tolva de alimentación, perilla reguladora, entre otros

Precio del equipo\$ 10,000.00

Dosificador volumétrico o envasadora deslizante para café tostado y molido

Características: 50-60 dosificaciones por minuto de 250 o 500 grs. Vasos telescópicos ajustables. Compuertas abatibles. Embudos de alimentación. Construido en acero inoxidable. 1 ½ Juego de vasos intercambiables en acetal para 250 y 500 gramos. Motor reductor trifásico de 220 volts. Pedestal o base tubular cuadrado en hierro gris.

Precio del equipo\$ 135,000.00

Mesa redonda giratoria

Características: 1.20 de diámetro. Cubierta de formica base reforzada de metal.

Precio del equipo\$ 6,210.00

Mortedora de rendimientos o muestreo de café pergamino

Características: Capacidad de 250 grs por carga. Motor eléctrico monofásico de ½ HP. Tolva de alimentación. Cable y swich.

Precio del equipo\$ 5,250.00

Molino para muestras de café tostado

Características: Motor eléctrico monofásico. Tolva de alimentación. Cable y swich.

Precio del equipo\$ 5,550.00

Tasas para catación

Características: Color blanco

Precio del equipo\$ 652.00

Caladores para café pergamino

Características: Fabricados en lamina de acero inoxidable

Precio del equipo\$ 9,315.00

Caladores para café pergamino

Características: Fabricados en lamina de acero inoxidable

Precio del equipo\$ 11,643.80

Bolsa preformada de poliéster metalizado

Características: Capacidad de 250 grs interior de polietileno modificado, pigmentado en blanco, acabado plateado sin impresión. Precio unitario 1.15

Precio del equipo\$ 2,300.00

Bolsa preformada de poliéster metalizado