



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS VERACRUZ
POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES,
GENÉTICOS, AGRONÓMICOS Y SOCIALES EN LA
CALIDAD DEL CAFÉ ORGÁNICO EN MÉXICO**

ESTEBAN ESCAMILLA PRADO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

M. F. ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2007

INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES, GENÉTICOS, AGRONÓMICOS Y SOCIALES EN LA CALIDAD DEL CAFÉ ORGÁNICO EN MÉXICO

Esteban Escamilla Prado, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2007

RESUMEN

La presente investigación parte de la importancia del café en México y su compleja problemática. Por su creciente demanda en el mercado, los cafés diferenciados representan una oportunidad para que los productores accedan a mejores precios y puedan seguir aprovechando al café como eje de desarrollo comunitario y regional. Entre los cafés diferenciados los esquemas de certificación orgánica y de comercio justo, así como la calidad del producto ofrecen ventajas competitivas para el sector cafetalero. Esto conlleva a la necesidad de realizar estudios integrales sobre los factores que influyen en la calidad del café orgánico y que permitan diseñar estrategias y acciones para su mejoramiento, defensa y certificación. Por ello se realizó un estudio integral del agroecosistema café orgánico en México con el objetivo de determinar la influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales sobre la calidad física y sensorial del café producido por organizaciones cafetaleras distribuidas en regiones de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero. El crecimiento y el éxito del café orgánico en México se deben a diversos factores que se han conjuntado, y entre ellos los sociales destacan por su mayor relevancia en este proceso. Se determinó que el agroecosistema café orgánico tiene componentes de sustentabilidad ambiental pero con baja productividad relacionada con el limitado manejo del cultivo. Se ratifica la naturaleza multifactorial de la calidad física y sensorial del café determinada por factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales. México tiene un alto potencial de calidad de café orgánico asociada a factores agroecológicos, tales como: cultivo en zonas de óptima altitud, diversidad de suelos cafetaleros, predominio de variedades arábicas tradicionales y presencia de sombra diversa.

Palabras clave: *Coffea arabica*, agroecosistema cafetalero, calidad física y sensorial, organizaciones cafetaleras

ENVIRONMENTAL, GENETIC, AGRONOMIC AND SOCIAL FACTORS INFLUENCING THE ORGANIC COFFEE PRODUCTION IN MEXICO

Esteban Escamilla Prado, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2007

ABSTRACT

This research takes into account the importance of organic coffee in Mexico and its complex problems. Due to its increasing market demand, differentiated coffee represents a great opportunity for coffee growers to get better market prices and to keep their coffee plantations as a basis for social and regional development. Among differentiated coffee the organic certification, fair trade and the quality are competitive advantages within differentiated coffee schemes, demanding integral research that considers the influencing factors on the organic coffee quality that allows the design of strategies and actions for its improvement and certification. This research tends to do an integrated analysis of the organic coffee agroecosystem in Mexico, with the aim to identify the environmental, genetic, agronomic and social factors that influences physical and sensorial quality of organic coffee grown by coffee organisations in several states of Mexico, such as: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla and Guerrero. The increase and success of organic coffee in Mexico is due to several factors, being the social one of paramount importance. It was found that the organic coffee agroecosystem shows environmental sustainability but low productivity due to the scarce plantation management. The physical and sensorial quality of the organic coffee is confirmed and depends on the environmental, genetic, agronomic and social factors. Mexico has high quality potentials to produce differentiated coffee associated with agroecological factors, among them natural optimal altitude, soil diversity, mostly traditional Arabic varieties and a diversified natural shade.

Key words: *Coffea arabica*, coffee agroecosystem, physical and sensorial quality, coffee organisations

DEDICATORIA

A los pequeños productores y sus organizaciones que han logrado la certificación de café orgánico y de comercio justo.

A mis padres, Don Esteban (+) y Doña Ofe, que me inculcaron principios y valores.

A Olivia, mi esposa por su amor y su comprensión.

A Fany, Fabi, Oli y Nati, mis adorables hijas.

A mis hermanos Doris, Jorge, Mimis, Ofe, Enrique y Odemaris; a mis cuñados, Lupita, Víctor y Gonzalo; y a mis sobrinos, Jorge, Víctor, Doris, Alejandro, Ofe, Mili, Cristi, Edson, Anaís, Luisito y Ode.

A la memoria de mi cuñado Luis Zenteno por su inesperada partida.

A la memoria del Dr. Raúl Mosqueda y del Dr. David Riestra, pilares fundamentales del Campus Veracruz.

A mis colegas académicos y al personal administrativo del CRUO-CENIDERCAFÉ/UACH.

A todos los promotores del movimiento orgánico y del comercio justo en México, en especial a Franz VanderHoff y Lucino Sosa.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por otorgarme la beca que me permitió realizar los estudios de Doctorado.

A la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido de los fondos sectoriales a través del financiamiento del proyecto de investigación **“INFLUENCIA DEL SOMBREADO Y LAS VARIEDADES EN LA CALIDAD DEL CAFÉ ORGÁNICO EN CINCO REGIONES DE MÉXICO (CLAVE SAGARPA-2003-C01-156)”**.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz del Programa de Agroecosistemas Tropicales por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría y doctorado.

A mi consejero, Dr. Octavio Ruiz Rosado por su invaluable apoyo en mi formación y por su amistad.

A mis asesores, Dr. Víctor A. González Hernández, Dr. Alfredo Zamarripa Colmenero, Dr. Cesáreo Landeros Sánchez y Dr. Diego E. Platas Rosado, por su valiosa colaboración y sus relevantes aportaciones al estudio.

A todos los profesores del Campus Veracruz que contribuyeron en mi formación profesional. De igual forma mi agradecimiento al personal administrativo y de apoyo.

A los pequeños productores de café orgánico de las organizaciones de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla y Guerrero por aportar sus valiosos conocimientos y su gran experiencia.

A Felipe Diego, Alonso Nolasco, Justino Rosas, Bromio García, Melquíades Hernández, Alfonso Islas, Darío Arrevillaga, Gustavo López, Edwin Pérez, Manuel Jiménez, Samuel Bonvoisin, Enrico Bonauti, Luca Pianesi, Stephany Escamilla y Anastasio Nanco, por su aportación al trabajo y por ser parte importante de este gran equipo de investigación.

A todas las personas e instituciones que contribuyeron de forma directa e indirecta en este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iiiv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1 Teoría de sistemas	8
2.1.1 El concepto de sistema	10
2.1.2 Características que definen a los sistemas	11
2.1.3 El enfoque de sistemas aplicado a la agricultura	13
2.1.4 Agroecosistemas	14
2.1.5 Propiedades de los agroecosistemas	17
2.2 Agroecología	19
2.2.1 De la disciplina a la transdisciplina agroecológica	23
2.3 Sistema agroalimentario (agroindustrial)	25
2.4 Cadena agroalimentaria	26
2.5 Los conceptos del desarrollo	29
2.5.1 Desarrollo sustentable	29
2.5.2 Desarrollo regional	31
2.5.3 Desarrollo local	32
2.6 Capital social	34
2.7 El concepto de calidad	37
2.8 Procesos de certificación	42
2.9 Denominación de origen	44
2.10 Investigación y desarrollo	46
III. MARCO DE REFERENCIA	48
3.1 El contexto internacional	48
3.1.1 Causas de la crisis	51
3.1.2 Consecuencias de la crisis	52
3.1.3 Alternativas a la crisis	56
3.2 El contexto en México	58
3.3 Los cafés diferenciados	65
3.4 El café orgánico en México	68
3.5 Calidad del café	73
3.6 Café con denominación de origen	75
3.7 Factores que determinan la calidad del café	76
3.7.1 Factores ambientales	78
3.7.2 Factores genéticos	83
3.7.3 Factores agronómicos	87
3.8 Criterios para determinar la calidad del café	97
3.8.1 Evaluación física	98

3.8.2 Contenido de humedad.....	98
3.8.3 Forma del grano.....	99
3.8.4 Tamaño del grano.....	100
3.8.5 Características en la taza	101
3.8.6 Criterios para cafés convencionales y especiales	102
IV. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	106
4.1 Problemática general del Sistema Producto Café en México.....	106
4.2 Definición del problema general de investigación	111
4.3. Problemas específicos de la investigación	112
V. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	113
5.1 Hipótesis.....	113
5.1.1 Hipótesis general	113
5.1.2 Hipótesis particulares.....	113
5.2 Objetivos.....	114
5.2.1 Objetivo general.....	114
5.2.2 Objetivos particulares	114
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	115
6.1 Consideraciones metodológicas.....	115
6.2 Estudio en etapas	117
6.2.1 Primera etapa: identificación de las principales características de la producción de café orgánico	117
6.2.2 Segunda etapa: aplicación de cuestionarios y análisis en campo de los agroecosistemas cafetaleros orgánicos	118
6.2.3 Tercera etapa: evaluación de la calidad del café en las variedades de café establecidas en parcelas experimentales.....	123
6.2.4 Cuarta etapa: obtención de las muestras de café orgánico.....	125
6.2.5 Quinta etapa: evaluación física y sensorial del grano y la bebida	129
6.2.6 Sexta etapa: análisis de los datos	131
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	132
7.1 Primera hipótesis particular	132
7.1.1 Características de la producción de café orgánico en México.....	132
7.1.2 Características de los agroecosistemas cafetaleros.....	134
7.1.3 Discusión de la hipótesis	150
7.2 Segunda hipótesis particular.....	152
7.2.1 Efecto del factor altitud sobre la calidad del café.....	152
7.2.2 Efecto del factor suelo en la calidad del café.....	156
7.3 Tercera hipótesis particular.....	167
7.3.1 Efecto del factor genético en la calidad del café.....	167
7.3.2 Efecto de la edad de los cafetos y las variedades en la calidad del café	180
7.3.3 Efecto de la densidad de cafetos y tallos productivos en la calidad del café ...	182
7.4 Cuarta hipótesis particular.	184
7.4.1 Características agroecológicas de los cafetales.....	184
7.4.2 Diversidad de especies de sombra en los cafetales.....	186
7.4.3 Efecto de la sombra en la calidad del café.....	188
7.5.1 Análisis de la calidad del café a nivel estatal.....	191
7.5.2 Análisis de la calidad del café en los territorios de las organizaciones	195
7.5.3 Análisis de la calidad del café pergamino acopiado por las organizaciones ...	197

7.6 Análisis integral de los factores agroecológicos y la calidad del café	205
7.7 Otros hallazgos relevantes en el estudio	212
7.7.1 Efecto de las variedades y la altitud en la calidad del café.....	212
7.7.2 Relación de acidez, aroma y cuerpo con el buqué de la bebida	213
7.7.3 Presencia del espermodermo en la calidad sensorial de la bebida.....	216
7.7.4 Comparación de la calidad sensorial de cafés lavados y naturales	217
7.8. Discusión de la hipótesis general	220
VIII. CONCLUSIONES.....	221
IX. RECOMENDACIONES	224
X. LITERATURA CITADA.....	227
XI. ANEXOS.....	241

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características multidimensionales de la agricultura moderna y la agroecología. Aplicado al caso de la caficultura en México.	20
Cuadro 2. Principales países productores de café verde, ciclo 2005-2006.....	50
Cuadro 3. Número de regiones, municipios, comunidades, superficie y productores cafetaleros por estado.	59
Cuadro 4. Características de las organizaciones participantes en el estudio.....	119
Cuadro 5. Localización geográfica de los huertos experimentales de café orgánico.	124
Cuadro 6. Características de las variedades evaluadas en las parcelas de café orgánico.	125
Cuadro 7. Características de la producción de café orgánico en México.....	133
Cuadro 8. Perfil socioeconómico de los caficultores orgánicos.	136
Cuadro 9. Tipos de clima en las regiones cafetaleras estudiadas.....	138
Cuadro 10. Clasificación campesina de los suelos en el área de estudio.	140
Cuadro 11. Unidades de suelo FAO-UNESCO en el área de estudio.....	141
Cuadro 12. Tipos de vegetación y uso del suelo en los municipios cafetaleros estudiados.	142
Cuadro 13. Manejo en el agroecosistema café orgánico.....	143
Cuadro 14. Influencia de la densidad de cafetos y el número de tallos sobre la producción de café orgánico.....	144
Cuadro 15. Plagas y enfermedades reportadas en el agroecosistema café orgánico.	148
Cuadro 16. Caracterización altitudinal de los cafetales orgánicos.	152
Cuadro 17. Influencia de la altitud sobre la calidad física y sensorial del café.	154
Cuadro 18. Influencia de la altitud sobre los atributos sensoriales de la bebida.	154
Cuadro 19. Contenido promedio de pH, aluminio intercambiable y macronutrientes en suelos cafetaleros orgánicos.	159
Cuadro 20. Contenido promedio de micronutrientes en suelos cultivados con café orgánico en cinco regiones de México.	162
Cuadro 21. Influencia del contenido de fósforo en la calidad del café.....	162
Cuadro 22. Influencia de zinc y manganeso en la forma del grano.....	163
Cuadro 23. Influencia de calcio, hierro y magnesio en los subgrupos aromáticos de fragancia.	164
Cuadro 24. Influencia de magnesio, materia orgánica, nitrógeno total y boro en el buqué de la bebida.	164
Cuadro 25. Influencia del cobre sobre la intensidad de acidez en la bebida.....	165
Cuadro 26. Calidad física del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico.	168
Cuadro 27. Evaluación física física del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico.	169
Cuadro 28. Calidad sensorial del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico (aroma, acidez y cuerpo).	171
Cuadro 29. Calidad sensorial del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico (tazas defectuosas).....	172

Cuadro 30. Caracterización de los grupos primarios aromáticos en la bebida de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico.	173
Cuadro 31. Calidad física del grano de café en los tipos de variedades cultivadas con manejo orgánico.	174
Cuadro 32. Sabores anormales en taza por tipo de variedad de café, cultivada con manejo orgánico.	175
Cuadro 33. Calidad física del grano de café orgánico en 17 variedades.	176
Cuadro 34. Calidad sensorial de la bebida de café orgánico en 17 variedades.	178
Cuadro 35. Caracterización de los grupos primarios aromáticos en la bebida de café orgánico de 17 variedades.	179
Cuadro 36. Influencia de la edad y el tipo de variedad en la calidad física del café.	180
Cuadro 37. Influencia de la edad y el tipo de variedad en la calidad sensorial del café.	181
Cuadro 38. Influencia de la densidad de cafetos y el número de tallos productivos sobre la calidad física del café.	183
Cuadro 39. Características de la sombra en los cafetales orgánicos.	184
Cuadro 40. Otras plantas presentes en los cafetales orgánicos (%).	186
Cuadro 41. Influencia de la cobertura arbórea en la calidad del café.	188
Cuadro 42. Influencia de la cobertura arbórea sobre los atributos primarios y notas sensoriales de la bebida.	188
Cuadro 43. Calidad física del grano de café a nivel estatal.	191
Cuadro 44. Calidad sensorial de la bebida de café a nivel estatal.	192
Cuadro 45. Calidad física del grano de café en los territorios de las organizaciones (A).	196
Cuadro 46. Calidad física del grano de café en los territorios de las organizaciones (B).	196
Cuadro 47. Calidad sensorial de la bebida de café en los territorios de las organizaciones.	197
Cuadro 48. Análisis físico del café orgánico de diez organizaciones. Cosecha del ciclo 2004/05.	198
Cuadro 49. Análisis sensorial del café orgánico de diez organizaciones. Cosecha del ciclo 2004/05.	200
Cuadro 50. Caracterización de los grupos aromáticos (primarios) en la bebida de café orgánico de diez organizaciones. Cosecha del ciclo 2004/05.	201
Cuadro 51. Caracterización de los grupos aromáticos (secundarios y terciarios) en la bebida de café orgánico de diez organizaciones. Cosecha (2004/05.	202
Cuadro 52. Correlación de la altitud (m) con variables agroecológicas.	205
Cuadro 53. Correlación de la altitud con atributos físicos del grano y sensoriales de la bebida de café.	207
Cuadro 54. Correlación de la cobertura arbórea con variables agroecológicas y la calidad del café.	207
Cuadro 55. Extracción de componentes principales.	208
Cuadro 56. Extracción de los tres componentes principales.	208
Cuadro 57. Conformación de los clusters con base en la calidad del café.	209
Cuadro 58. Influencia de la intensidad de aroma en el buqué de la bebida de café.	215

Cuadro 59. Influencia de la intensidad de acidez en el buqué de la bebida de café.	215
Cuadro 60. Influencia de la Intensidad de cuerpo en el buqué de la bebida de café.	215
Cuadro 61. Influencia del número de tazas defectuosas en el buqué de la bebida de café.	216
Cuadro 62. Influencia del espermodermo en la intensidad de aroma, acidez y cuerpo de la bebida.	217
Cuadro 63. Influencia del espermodermo rojizo en la intensidad de aroma, acidez y cuerpo de la bebida.	217
Cuadro 64. Influencia de la presencia de dulzor en los atributos sensoriales de la bebida	217
Cuadro 65. Características físicas en los cafés lavados y naturales en La Pintada, Guerrero.	218
Cuadro 66. Aroma, acidez y cuerpo de cafés lavados y naturales en La Pintada. Guerrero.	218
Cuadro 67. Defectos en taza en cafés lavados y naturales en La Pintada, Guerrero.	218
Cuadro 68. Caracterización de los grupos aromáticos primarios en la bebida de café lavado y natural en La Pintada, Guerrero.....	219

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dinámica de la cadena agroalimentaria.	28
Figura 2. Las dimensiones de la calidad de alimentos.	39
Figura 3. Producción mundial de café en el periodo 2000-2005.	50
Figura 4. Producción mundial de café y exportación de café mexicano en el periodo 1980-2005.	60
Figura 5. Pirámide de diferenciación del café sustentable.	68
Figura 6. Esquema general del Sistema Producto Café en México. (Tomado de SAGARPA, 2005).	107
Figura 7. Situación problemática del Sistema Producto Café en México.	110
Figura 8. Ubicación geográfica de las regiones de estudio.	116
Figura 9. Caracterización agroecológica del cafetal.	123
Figura 10. Obtención de las muestras de café.	128
Figura 11. Municipios productores de café orgánico en México.	134
Figura 12. Imágenes satelitales de la ubicación de las seis regiones en estudio.	135
Figura 13. Tipos de relieve encontrados en los cinco estados en estudio.	139
Figura 14. Unidades de suelo (FAO-UNESCO) identificadas en el área de estudio.	141
Figura 15. Clasificación de la erosión a criterio del cafeticultor orgánico.	145
Figura 16. Prácticas de conservación de suelos en los cafetales orgánicos.	146
Figura 17. Atributos de fragancia, aroma, nariz y resabio en cuatro condiciones altitudinales.	155
Figura 18. Tipos de texturas encontradas en suelos cultivados con café orgánico en cinco regiones de México (%).	156
Figura 19. Importancia de las variedades en el agroecosistema café orgánico.	168
Figura 20. Influencia de la edad de los cafetos en la fragancia primaria.	182
Figura 21. Relación entre los atributos de fragancia, aroma, resabio y nariz, y la cobertura arbórea.	189
Figura 22. Asociación de la altitud con la cobertura arbórea.	206

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Métodos y procedimientos utilizados para las determinaciones físicas y químicas de las 78 muestras de suelos analizadas por LATO.....	241
Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos.....	242
Anexo 3. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de la parcela experimental Veracruz.	249
Anexo 4. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de la parcela experimental Oaxaca.	250
Anexo 5. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de la parcela experimental Puebla.	251
Anexo 6. Subgrupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de las parcelas experimentales (promedio).	252
Anexo 7. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de las parcelas experimentales (promedio).....	253
Anexo 8. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de las parcelas de los productores (promedio).....	254

I. INTRODUCCIÓN

Durante las dos últimas décadas, en un contexto de globalización y políticas neoliberales, la agricultura y en general el sector rural nacional enfrenta condiciones extremadamente desfavorables para producir y comercializar sus productos, al no poder competir con países que basan su agricultura en sistemas de producción intensivos y con economías de escala altamente subsidiadas. Esta situación afecta en especial a los pequeños productores y trabajadores del campo mexicano que han sido excluidos del desarrollo nacional, cuya precaria situación está estrechamente relacionada con la pobreza y la migración en el sector rural.

Uno de los sectores estratégicos de la agricultura mexicana es la cafecultura. En el siglo pasado, este importante sector se constituyó como uno de los pilares de la economía mexicana y en la actualidad se encuentra inmerso en una profunda crisis.

México ocupa el séptimo lugar como productor del grano, al aportar alrededor de 4 % de la producción mundial. La actividad cafetalera tiene un impacto muy importante que permite el sustento de 480 mil productores y sus familias que cultivan el grano en 12 entidades. El sector cafetalero constituye aún una de las fuentes de divisas agrícolas más importantes para el país, a pesar de que su aportación económica ha disminuido drásticamente en los últimos veinte años. Así mismo, el sector cafetalero proporciona empleo a 3 millones de personas de manera directa o indirecta.

En el aspecto ambiental, las más de 650 mil hectáreas plantadas con café se cultivan bajo sombra diversa, tienen una relevante contribución actual y potencial en la conservación de biodiversidad y en la generación de importantes servicios ambientales, como: captura de carbono, captación de agua y control de erosión de suelos. Esta condición privilegiada de los cafetales mexicanos tendrá mayor importancia en el futuro ante la amenaza del calentamiento global.

El café desempeña un papel crucial en la vida de miles de familias campesinas en México, y además su cultivo se encuentra estrechamente relacionado con la cultura indígena. Forma parte de la historia, tradiciones e identidad local de numerosas comunidades indígenas y mestizas ubicadas en regiones de difícil acceso con profundos rezagos en infraestructura básica y fuerte presencia de población en extrema pobreza. Paradójicamente las regiones cafetaleras en México son al mismo tiempo las más deprimidas económicamente y las que cuentan con mayor riqueza ambiental.

No obstante su importancia para el país, desde 1989 la cafecultura mexicana ha sufrido dos severas crisis originadas por la caída de los precios en el mercado internacional a causa de la sobreoferta mundial del aromático. Esta producción excedente se ha generado en los países que dominan los segmentos de cafés convencionales, principalmente Brasil y Vietnam, que basan su producción en sistemas intensivos altamente productivos y de bajos costos, pero de inferior calidad.

La volatilidad del mercado y la compleja situación creada por las condiciones comerciales inequitativas, junto con un acceso inadecuado a infraestructura, recursos financieros e información de mercado, han incrementado la vulnerabilidad económica de muchos de estos productores. Así mismo la creciente globalización y la concentración o consolidación de firmas transnacionales en la industria del café, han influido tanto en la oferta como en la demanda.

Las circunstancias anteriores impactan negativamente hacia el sector cafetalero y la estabilidad social de las regiones cafetaleras. Algunos indicadores que reflejan esta crítica situación son: alta migración de productores, abandono de las plantaciones, severo impacto ambiental al cambiar de cultivos, alta incidencia de plagas y enfermedades, bajos rendimientos, disminución de la producción en los cafetales y en las exportaciones, y principalmente la drástica caída del nivel de vida en las comunidades cafetaleras.

Aunque el precio del café ha aumentado en los últimos dos ciclos de producción, la crisis del sector cafetalero y sus secuelas se mantiene en forma

persistente, creando un impacto negativo en los sectores involucrados en esta actividad, en particular hacia los pequeños productores que carecen de los recursos para aprovechar el mejoramiento de las condiciones del mercado y siguen siendo vulnerables a los ciclos de bonanza y crisis propios del mercado de café.

Diversas opciones se han desarrollado en México para contrarrestar esta situación, que se enmarcan en la promoción de la sostenibilidad y el incremento en la participación de los pequeños productores para que puedan competir en mercados complejos y fluctuantes. Entre las opciones más importantes están: búsqueda de mercados diferenciados, mejora de la calidad del aromático, integración vertical y generación de valor agregado, fomento a la cultura de consumo nacional y diversificación productiva mediante la implementación de cultivos o actividades alternas.

Una estrategia viable para mejorar el ingreso de los productores es adicionar valor agregado para captar los márgenes superiores de la cadena productiva mediante la diferenciación del producto. De esta manera se han desarrollado nichos de mercado, conocidos como cafés de especialidad, entre los que destacan: café orgánico (ecológico o biológico), café equitativo (solidario o del comercio justo), café bajo sombra o amigable con las aves, denominación de origen (como el Café Veracruz y Café Chiapas), café gourmet y marcas regionales. Una característica de estos mercados es que por su categoría de especiales, adquieren un sobreprecio por encima del café convencional, además de otras dimensiones y valores ambientales, económicos y sociales. Los ejemplos más exitosos de los cafés diferenciados son el café orgánico y el comercio justo, en donde México ha tenido una destacada participación, en base en las experiencias de los pequeños productores de café, principalmente de Chiapas y Oaxaca.

No obstante el éxito alcanzado por estos cafés especiales en México, las exigencias del mercado para mantenerse en estos nichos o el ingreso en otros, obligan a ofertar un producto de alta calidad basado en procesos de certificación que

permitan la trazabilidad del producto. Esto solo se logrará conociendo, controlando y manejando los factores que intervienen durante todo el proceso.

Dos factores fundamentales, uno de naturaleza externa y el otro interno, que deben considerarse para visualizar el futuro del café en México, son: las tendencias del mercado internacional del café y las características propias de la cafecultura nacional. Los expertos señalan que una tendencia que marcará el rumbo del mercado cafetalero es el crecimiento en la demanda por cafés diferenciados, que garanticen calidad e inocuidad mediante procesos de certificación y el cumplimiento de estándares esta tendencia se deriva de la mayor preocupación de la sociedad y los consumidores en asuntos ambientales, sociales y éticos. Por otro lado el sector cafetalero nacional enfrenta diversos retos en materia de competitividad, y entre los más importantes están los bajos niveles de productividad y rentabilidad en el campo cafetalero, así como la supuesta disminución en la calidad genérica del café mexicano que incluso ya recibió castigos muy severos en el precio de venta.

A pesar de estos desafíos, la cafecultura mexicana presenta ciertas fortalezas que deben aprovecharse al máximo, como: fácil acceso a importantes mercados (entre ellos los EEUU, el más grande del mundo), un gran potencial de consumo en el mercado doméstico, existencia de numerosas organizaciones de productores que comercializan y exportan en forma directa a mercados diferenciados y un considerable potencial de calidad. Esta última fortaleza se basa en que la mayor parte de su café es cultivado bajo sombra diversa en zonas de altitudes óptimas, con predominio de variedades tradicionales, y la creciente importancia del cultivo orgánico a través de prácticas ambientales seguras. Con los métodos de cultivo y procesamiento apropiados estos cafés pueden ser de alta calidad y competitivos.

Es decir, la viabilidad futura del café mexicano no radica en la producción convencional, sino en los cafés diferenciados. Sin embargo, la realidad del sector es que la mayoría de la producción no es “diferenciada” y por consiguiente, ese segmento de la producción necesitará estrategias dirigidas a incrementar la calidad,

a reducir los riesgos de precio de mercado y a incrementar el valor generado en la cadena.

En este contexto, la presente investigación responde a la importancia económica, sociocultural y ambiental que tiene la cafecultura en México, y a las oportunidades y creciente demanda que presentan los cafés diferenciados, que conlleva a la necesidad de realizar estudios sobre los factores ambientales, genéticos, agronómicos, industriales y sociales que influyen en la calidad del café, y que permitan diseñar estrategias y acciones para el mejoramiento, defensa y certificación del café orgánico mexicano, con el objetivo de competir en el mercado y lograr mejores precios y así contribuir al desarrollo rural sustentable de las regiones cafetaleras.

Este trabajo constituye un primer acercamiento al estudio de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales que influyen en la calidad física y sensorial del café orgánico producido por organizaciones de productores distribuidas en algunas regiones de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero.

El documento consta de nueve capítulos. En el Capítulo 1 se hace una introducción al tema de estudio. En el Capítulo 2 se revisa el marco teórico y conceptual sobre el que se sustentan los enfoques de la investigación. Ante la complejidad del fenómeno estudiado, se ha recurrido a diversas teorías y conceptos, como son: teoría de sistemas, agroecosistemas, agroecología, cadenas agroalimentarias, conceptos del desarrollo y el capital social, así como las dimensiones en la calidad de los alimentos, entre otros temas relacionados a la investigación. En el Capítulo 3 se presenta el marco de referencia, que contiene los elementos generales sobre la importancia y problemática del café a nivel mundial y nacional, así como las principales alternativas, entre ellas los cafés diferenciados. Así mismo se revisan en forma amplia los factores agroecológicos que influyen en la calidad del grano y la bebida, y los criterios que definen la calidad física del grano y sensorial de la infusión. El Capítulo 4 contiene los aspectos más importantes que determinan la situación problemática y las interrogantes básicas que guiaron la

presente investigación. En el Capítulo 5 se presentan las hipótesis y los objetivos, y en el Capítulo 6 los aspectos metodológicos de la investigación, donde se sustentan las consideraciones metodológicas del estudio y se describen la secuencia de etapas y actividades realizadas. El Capítulo 7 contiene los principales resultados encontrados en el estudio y su discusión, a la luz de otros resultados y parámetros similares, y se presenta una discusión general en la que los resultados se contrastan con las hipótesis postuladas. Las principales conclusiones de la investigación se plasman en el Capítulo 8. En el Capítulo 9 se proponen las recomendaciones derivadas del conocimiento generado en esta investigación.

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este apartado se abordan los fundamentos teóricos y conceptuales que se han considerado de utilidad para apoyar la presente investigación.

'De la mata a la taza'¹ es una de las expresiones más coloquiales utilizadas en el medio cafetalero para resumir la ruta del café desde su cultivo hasta el consumidor de la bebida. Sin embargo, este resumen no muestra el alto grado de dificultad de la cafecultura, actividad productiva en la que intervienen múltiples factores de orden ambiental, económico, social, cultural, político y legal; y que además están insertos en contextos de ámbito local, regional, nacional e internacional.

En un mundo globalizado sujeto a cambios vertiginosos, el estudio de tal complejidad requiere considerar las aportaciones de diferentes corrientes teóricas. Esta confrontación y complementariedad de perspectivas teóricas y conocimientos es fundamental para entender las propuestas y alternativas, que han trascendido las fronteras disciplinarias del conocimiento especializado, para coadyuvar a resolver los diversos y complejos problemas de la cafecultura mexicana.

La teoría de sistemas y el pensamiento sistémico aportan un enfoque integrador que permite un conocimiento más completo y amplio del sector cafetalero, y que proporciona el marco teórico y conceptual apropiado para comprender y sugerir soluciones a sus diversos problemas. Por ello el presente estudio adoptó el enfoque de sistemas como recurso teórico-metodológico general que contribuya a la explicación del fenómeno en estudio, con una perspectiva holística y transdisciplinaria, en la que se aplican diversos conceptos como son agroecosistemas y agroecología. En adición, para tener una visión más completa de los procesos globales que están jugando un papel relevante en las tendencias actuales de generación y apropiación de valor de productos agrícolas, es necesario incorporar los conceptos de sistema y de cadena agroalimentaria, que también retoman el enfoque sistémico para visualizar y analizar todos los eslabones de la

¹ Término utilizado comúnmente por los productores de café en México para referirse a las plantas de café y que se aplica a los arbustos perennes, ramificados y leñosos, de baja altura.

cadena, es decir desde la producción primaria hasta el consumo final del café. Es también pertinente tomar en cuenta los desechos generados en estas cadenas productivas. Una ventaja de los enfoques de cadena es identificar alternativas y desafíos (fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades).

En este sentido el sector cafetalero tiene oportunidades de diferenciar su producto, dadas las posibilidades que se derivan de factores geográfico-naturales y sociales, que han posibilitado a los productores la implementación de estrategias de diferenciación a los productores de café, como son café orgánico, comercio justo, denominación de origen y café de calidad, aspectos que pueden sustentarse en las teorías de desarrollo, como las de desarrollo sustentable, desarrollo regional y desarrollo local, que pueden ofrecer una visión territorial e integral del sector cafetalero orgánico. La teoría del desarrollo local es uno de los ejes conceptuales porque da énfasis al entorno, al aprovechamiento de las externalidades y a la capacidad local de innovación. Debido a que las alternativas de cafés diferenciados han sido implementadas por las organizaciones de productores, es necesario abordar los aspectos sociales mediante la teoría del capital social, que permite explicar la dinámica particular que existe en las relaciones entre los diferentes agentes involucrados en la cafecultura. Finalmente en este marco teórico conceptual, se analiza y discute el concepto de calidad y sus dimensiones, así como los sistemas de certificación que aseguran la trazabilidad de los productos.

2.1 Teoría de sistemas

El estudio y análisis de los fenómenos y problemas como parte de un sistema permite disponer de un marco multidimensional, integrado por varias disciplinas científicas que incluyen todos los aspectos que intervienen en el fenómeno, y se concentra en las interacciones entre las partes del mismo para lograr una percepción holística² o sistémico del fenómeno y los problemas (Ruiz, 2006a). Esta visión holística es opuesta a la visión atomista o reduccionista, basada en la física

² La palabra holismo proviene del griego "holos", cuyo significado es totalidad, globalidad, calidad de entero, integridad. (Austin, 2006).

newtoniana, que ve a los fenómenos compuestos de partes completamente independientes unas de otras y en el que el todo no es más que la suma de las partes. Por ello los fenómenos y problemas no sólo deben estudiarse a través del enfoque reduccionista, sino también en su totalidad y del sistema del que forman parte a través de su interacción (Austin, 2006).

De los años 40 a los 60 del siglo pasado, se desarrollaron diversas aproximaciones que fundamentaron la teoría de sistemas. Una de las primeras aportaciones fue de Weiner (1948) que en sus trabajos sobre Cibernética abordó los sistemas recursivos con la noción de retroalimentación (feedback). Otras aportaciones posteriores fueron: teoría clásica de sistemas, informática y simulación, teoría de compartimentos, teoría de conjuntos, teoría de gráficas, teoría de redes, teoría de jerarquías, teoría de información y teoría matemática de juegos. Se avanzó así en la teoría de sistemas y su aplicación en diversos campos del conocimiento humano, lo que en 1954 condujo a la organización de la primera sociedad para la investigación de sistemas (Anónimo, 2006).

Fueron los trabajos del biólogo alemán Ludwig Von Bertalanffy publicados entre 1959 y 1968, relativos a la teoría organísmica (que considera a los organismos como sistemas abiertos), los que permitieron formalizar y formular un modelo comprensivo sobre la teoría general de sistemas, que representó una innovación teórica para integrar el conocimiento científico, más allá del enfoque reduccionista e inductivo en las ciencias (Bertalanffy, 1968). En la Teoría General de Sistemas (Von Bertalanffy, 1981 y 1991) se mencionan que la teoría puede aplicarse a tres niveles: el científico, para la explicación científica de los sistemas; el tecnológico, que aborda los conflictos que se generan en las interacciones entre sociedad y tecnología y el filosófico, que pretende reorientar el pensamiento mediante un nuevo paradigma científico en contraste con los paradigmas reduccionistas (Bertalanffy, 1968; Anónimo, 2006).

El concepto de sistema surge y se aplica con mayor intensidad durante la Segunda Guerra Mundial, que se caracterizó por acciones militares de gran complejidad logística y magnitud en cuanto a la cantidad de soldados y materiales

comprometidos, por lo que requirió el desarrollo de un procedimiento metodológico que permitiera incorporar al análisis estratégico a un conjunto de sistemas que se convertían en interdependientes en el momento de los combates. Después en la postguerra, la teoría de sistemas se aplicó a través de la teoría matemática en la investigación operacional para la solución de problemas grandes y complejos, con gran número de variables, principalmente en la programación de la producción, operaciones de carga y descarga, y tráfico. Más tarde las grandes industrias modernas incorporaron esta nueva disciplina en la planificación empresarial con el nombre de operación de sistemas, donde se hace evidente la importancia de la interdisciplinariedad y la cooperación organizada de lo heterogéneo (Anónimo, 2006).

Así, la teoría de sistemas se ha transformado en un instrumento clave en el quehacer de muchas disciplinas científicas, tanto básicas como aplicadas. Desde la economía hasta la ecología utilizan ampliamente el concepto de sistema para tratar los fenómenos que preocupan a cada una de ellas (Herrera, 2006). Sosa (2002) menciona que la teoría de sistemas ha sido aplicada por ecólogos para el análisis de la naturaleza (Mass y Martínez, 1990), por los agrónomos para abordar el estudio de los procesos agrícolas (Rodríguez y Hernández, 1985) y en la planificación de actividades agrícolas (Guerra y Aguilar, 1999); además de su utilidad científica, también ha sido usada para la administración de grandes empresas (Steiner, 1998). En época más reciente su aplicación se ha incorporado a las ciencias sociales (Austin, 2006).

2.1.1 El concepto de sistema

Resulta complicado entender el enfoque de sistemas, si no se define con claridad el concepto de sistema que tiene muchas connotaciones. En su acepción más simple se define como un complejo de elementos interdependientes e interactuantes (Bertalanffy, 1968). Este concepto fue ratificado por Van Gigch (1990) al considerarlo como una reunión o conjunto de elementos relacionados. También se puede definir como un grupo de unidades combinadas que forman un todo organizado y cuyo resultado es mayor en el que que las unidades funcionaran independientemente (Anónimo, 2006).

Un sistema puede existir realmente como un agregado natural de partes componentes encontradas en la naturaleza, o puede ser un agregado inventado o diseñado por el hombre; una forma de analizar un sistema bajo el postulado de que es un conjunto de elementos relacionados (Van Gigch, 1990), es entender las relaciones entre las partes que lo hacen funcionar como sistema.

Una forma práctica de entender el concepto de sistema es mediante la comparación con una "caja negra", con el enfoque "corriente de entrada- corriente de salida", que considera sólo las interacciones (llegadas o salidas). De esta forma, no hay preocupación por lo que sucede al interior del sistema (forma en que operan los mecanismos y procesos internos del sistema), a menos de que haya un interés particular por estudiar alguno de los procesos internos (Johansen, 2000).

El concepto de sistema resulta útil como herramienta conceptual y de análisis porque permite visualizar a un "todo" heterogéneo compuesto de diversos fenómenos y problemas, como sucede con la realidad compleja.

2.1.2 Características que definen a los sistemas

La complejidad de los sistemas requiere que su estudio considere diversos factores y atributos o propiedades (Bertoglio, 1992; Checkland, 1993; Ruiz, 1995; Figueroa, 1998; Duval, 1999; Johansen, 2000; Austin, 2006; Ruiz, 2006a). Los sistemas pueden ser caracterizados y analizados con base en los siguientes aspectos:

- **Componentes.** Son los elementos básicos del objeto de estudio, que pueden ser de naturaleza física, biológica, económica y sociocultural.
- **Entradas o ingresos.** Es el flujo que entra al sistema, como energía solar, mano de obra, insumos, entre otros.
- **Salidas o egresos.** Es el flujo que sale del sistema, pueden ser productos vegetales y animales, madera, entre otros.
- **Interacciones entre componentes o procesos.** Comprende la transformación de la energía, ya sean materias primas, recursos financieros o recursos humanos, que

ingresa al sistema y se transforma en otro tipo de energía. La cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada.

- **Comunicación de retroalimentación.** Se refiere a la transmisión de información que afecta la regulación del sistema. Es decir, la forma en que están organizados los sistemas, a los medios por los cuales los sistemas reciben, almacenan, procesan y recuperan información, y a la forma en que funcionan.
- **Límites o bordes físicos del conjunto.** Las fronteras del sistema se delimitan acorde a la relación que guardan con otros sistemas y que afectan su comportamiento. Esta delimitación es espacial, funcional y dinámica. Así mismo, los sistemas son indivisibles.
- **Jerarquía.** Los sistemas para su estudio se deben jerarquizar. A medida que se integran sistemas se pasa de una complejidad menor a una mayor. Los supersistemas se componen de sistemas y los sistemas en subsistemas, y cada uno de estos niveles tiene su propia jerarquía de complejidad.
- **Estructura y función.** Los sistemas tienen una estructura y una función particular para lograr sus objetivos. En los sistemas agrícolas la estructura incluye a todos los elementos del sistema y aporta información sobre la forma como están conectados funcionalmente por ejemplo: especies cultivadas, ganado, arvenses, insectos plaga, enfermedades, organismos del suelo. También incluye detalles del estado del suelo y todo acerca de los insumos que dan forma al sistema, el calendario anual de actividades humanas en el campo, fuentes de mano de obra, cantidad de capital y energía empleada, y su origen. La función, como consecuencia de su estructura, consiste en movimiento de material, energía e información de una parte a otra, ya sea dentro o fuera del sistema.
- **Totalidad.** Es una propiedad inherente de los sistemas, cuyas partes se comportan como un todo inseparable y coherente, y están interrelacionadas de tal forma que un cambio en una de ellas provoca un cambio en todas las demás y en el sistema total.
- **Independencia.** Un sistema es ante todo una entidad independiente, no importa que a su vez pertenezca o sea parte de otro sistema mayor, porque es un todo

coherente que se puede estudiar y analizar para mejorar la comprensión del fenómeno.

- **Propiedades emergentes.** En cualquier nivel del sistema, independientemente de su complejidad, se van a encontrar propiedades emergentes como resultado de las interacciones e interdependencias, y que son atributos totalmente diferentes a las de sus componentes en los diferentes niveles jerárquicos. Ellas son el resultado de interacciones e interdependencias de los subsistemas
- **Sistemas abiertos.** Los sistemas guardan relaciones con factores externos, y aunque sus dinámicas propias son autónomas en relación con el ambiente, poseen proceso de intercambio con éste y con el sistema mayor; además, sus funciones dependen de su estructura específica, esto es, de sus subsistemas.
- **Sistemas dinámicos.** Los sistemas no son estáticos sino dinámicos lo que hay que tomar en cuenta para poder determinar su mejoría y para entenderlos mejor. Por ello, el modelaje de un sistema incluye las variables clave que lo conforman. También esta cualidad permite comprender mejor los cambios que ocurren a través del tiempo.

2.1.3 El enfoque de sistemas aplicado a la agricultura

Puesto que la teoría de sistemas es útil como herramienta teórico-metodológica, puede aplicarse a cualquier fenómeno o actividad humana. Así, la agricultura puede verse como un sistema con múltiples factores de tipo ambiental, económico, social y cultural, y que en el contexto actual de globalización adquiere un mayor nivel de complejidad, con una problemática muy particular cuyas soluciones pueden enfocarse desde una perspectiva de sistemas, en la que es fundamental la participación e interacción de varias disciplinas (Montagnini, 1992; Ruiz, 2006a).

De acuerdo con Jones *et al.* (1997) citado por Ruiz (2006a) existen tres razones para usar el enfoque de sistemas en la agricultura: 1) La naturaleza de los problemas contemporáneos; 2) La necesidad del conocimiento de los sistemas agrícolas por diversos usuarios y 3) Lo inadecuado de los métodos convencionales para aportar información.

2.1.4 Agroecosistemas

El concepto de agroecosistemas es el resultado de la aplicación del enfoque de sistemas en la agricultura y su mayor utilidad ha sido su uso como unidad de análisis (Gliessman, 2002).

La agricultura fue considerada como sistema desde el siglo pasado (Spedding, 1979), aunque el concepto de agroecosistemas ha venido evolucionando en los últimos cuarenta años, y sufriendo modificaciones en función de las disciplinas rectoras y de los intereses de los usuarios. Diversos autores han aportado al concepto de agroecosistemas, mediante profundas reflexiones e interesantes controversias. No obstante los avances considerables al respecto, el debate filosófico, teórico y conceptual, aún esta vigente.

Las diferentes definiciones hacen aportaciones al concepto, con ciertas similitudes pero también con importantes discrepancias. García (1998), citado por Jiménez (2004) propuso una clasificación de corrientes en la construcción del concepto agroecosistema. Así, identifica la corriente etnoecológica en Hernández (1977) y Parra (1991), la corriente ecologista en Odum (1981), la corriente agroecológica en Altieri (1983), Hart (1985), Gliessman (1990), Conway y MacCracken (1990), y sugiere una corriente diferenciada en Trebil (1990). Sin nombrarla, también incluye a Martínez (1999) en la que denomina corriente agroecológica crítica. Como parte de esta última corriente y en la construcción de un concepto óptimo mediante aproximaciones sucesivas, Jiménez (2004) reconoce que el concepto es metodológicamente posible, con frecuencia filosófica y teóricamente incompleto.

Atendiendo a las raíces etimológicas del concepto, una primera definición permite considerar a los agroecosistemas como: "sistemas de relaciones entre los diversos organismos que coexisten y participan en la agricultura", en ella se considera que la agricultura es como un ecosistema agrícola, con procesos ecológicos similares pero con la notable diferencia, de que la agricultura es realizada por seres humanos (Ruiz, 2006 a).

Entre las primeras aportaciones al concepto, están las corrientes ecologistas y las agroecológicas, como son las de Spedding (1979) y Hart (1980) que definen a los sistemas agrícolas como los que tienen un propósito agrícola, y sus componentes incluyen poblaciones de plantas cultivadas y animales. El sistema tiene características estructurales y funcionales; estructuralmente es un diseño físico de cultivos y animales en el espacio o a través del tiempo; funcionalmente, es una unidad que procesa ingresos, tales como radiación solar, agua y nutrientes, y produce egresos, tales como alimento, leña y fibra. En esta corriente también se encuentra Odum (1984), al afirmar que la diversidad de especies en los agroecosistemas es generalmente reducida, que las especies vegetales o animales son seleccionadas artificialmente, y que los humanos ejercen un control externo en lugar del ejercido por los mecanismos naturales de retroalimentación. Es importante hacer notar que este autor no considera al hombre y la mujer como parte de la naturaleza.

En el contexto agrícola de México, la primer aportación y que ha dejado escuela en el ámbito agronómico se debe al Maestro Hernández X. (1977 y 1985); se ubica en las corrientes etnoecológicas en las que se define al agroecosistema como un ecosistema modificado en mayor o menor grado por el hombre, para producir alimento y fibra que satisfaga sus necesidades, es decir la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola, pecuaria, forestal o de la fauna silvestre. Por su parte, Muench (1980) y Parra (1981) reconocen la importancia de los fenómenos sociales y económicos en la producción agrícola, por lo que estos complejos aspectos deben incluirse e integrarse para el estudio y análisis de los agroecosistemas.

En una perspectiva agroecológica de mayor amplitud se ubica a Gliessmann (1990), citado por Ruiz (2006a), porque menciona que "El concepto de agroecosistema puede (y debe) ser expandido, restringido, o alterado como una respuesta a la relación dinámica de las culturas humanas y su ambiente físico, biológico y social". De esta forma los agroecosistemas se perciben con mayor

complejidad que los ecosistemas naturales, principalmente por el impacto de la interferencia humana en la estructura y función de los ecosistemas naturales.

Entre las aportaciones más recientes a la definición y que pretenden integrar la complejidad y multidimensionalidad de los agroecosistemas, y amplían el enfoque de sistemas con la perspectiva sustentabilidad, al reconocer que el papel del hombre y la mujer es fundamental en su manejo y transformación para enfrentar los desafíos que imponen los actuales problemas contemporáneos, en donde se pretende que la agricultura sea sustentable, es decir, ecológicamente equilibrada, económicamente viable, socialmente justa y culturalmente apropiada.

Ruiz (2006a) define al agroecosistema como la unidad física donde se desarrolla la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola o su combinación e inciden factores económicos, sociales y ecológicos para la obtención de alimentos y otros satisfactores que la sociedad demanda a través del tiempo. En este concepto se acepta que cada agroecosistema tiene cierto nivel de sostenibilidad, y se reconoce que hay agroecosistemas de alta, intermedia o baja dependencia de insumos externos. El autor agrega que el agroecosistema puede considerarse como una estructura física para su análisis, diseño, manejo y evaluación que a través del tiempo tenderá a modificarse.

Martínez (2001), mediante una perspectiva crítica y cibernética que tiene como eje fundamental al productor, define al agroecosistema como un modelo conceptual de la actividad agrícola en su nivel mínimo de control cibernético humano, éste considerado como unidad de estudio para su propia transformación y optimización, integrado a un sistema agrario regional, con interferencias de política y cultura de instituciones públicas y privadas, y cuya dimensión espacial y objetivos dependen del tipo de productor que funciona como controlador del agroecosistema al regular los recursos que maneja, su interrelación con el entorno complejo y determina la eficiencia de su producción.

El mismo autor menciona que el productor, que es quien toma las decisiones respecto del manejo de los recursos naturales y económicos, la forma y proporción

en que decide la asignación de insumos (materiales, dinero, trabajo e información); es decir, el manejo que el productor realiza de los subsistemas de recursos. Lo importante aquí es que ese productor no actúa de manera arbitraria, o sólo motivado por el mercado, sino también influido y condicionado por el entorno socioeconómico y político, que incluye al sistema mayor y, al mismo nivel, otros agroecosistemas. Adicionalmente, Mariaca (1995) menciona la importancia de la dimensión cultural en el agroecosistema y su impacto en los recursos naturales y en la misma población humana.

Después de revisar las diferentes corrientes que han permeado el concepto de agroecosistema, es importante determinar hasta donde debe llegar su amplitud, sin que con ello se diluyan los atributos propios al implementarlo en la realidad. En actividades agropecuarias, en especial en la cafecultura, el enfoque de agroecosistemas tiene que enfrentar retos para incursionar y hacer efectiva la vinculación con los productores y consumidores, porque requiere de la interacción entre las instituciones académicas (sector educativo y de investigación) y con los tomadores de decisiones, de tal forma que surjan propuestas de soluciones estratégicas, analizadas, discutidas e implementadas en conjunto como producto de esa vinculación y disponibilidad para enfrentar estos nuevos desafíos.

2.1.5 Propiedades de los agroecosistemas

Para el análisis de los agroecosistemas se ha propuesto cinco propiedades emergentes (las que se derivan del sistema como un todo) que se relacionan con el propósito principal de obtener los satisfactores humanos (Marten, 1988; Conway y McCracken, 1990; Escamilla, 1997; González *et al.*, 2006). Las propiedades son las siguientes:

- **Productividad.** Convencionalmente se define como la cantidad de productos que se obtienen del agroecosistema con un valor determinado en especie que posteriormente puede ser convertido a capital. La productividad expresa la tasa de incrementos en la biomasa animal o vegetal de un sistema, por unidad de tiempo y de área. Las medidas comunes de productividad son rendimiento e

ingreso por hectárea, o producción total de bienes y servicios por unidad familiar o nación. Sin embargo, en un sentido amplio se define como la cantidad de alimento, fibra o combustible que un agroecosistema produce para el ser humano, que incluye aspectos sociales y económicos como la generación de empleo, valor recreativo o estético, o diferentes productos difíciles de medir en términos de bienestar social, psicológico y espiritual. Es importante acotar que la productividad se utiliza como una relación directa entre la producción y la cantidad de recursos utilizados para su obtención; sin embargo, no se consideran aspectos que en la actualidad están cobrando gran importancia, como la calidad e inocuidad de los alimentos, así como los diversos servicios ambientales que producen los agroecosistemas.

- **Estabilidad.** Expresa la continuidad o consistencia de la producción de un agroecosistema en el tiempo ante las fluctuaciones ocasionadas por factores externos al mismo. Un sistema es estable cuando la productividad no cambia de un año a otro a causa de factores de tipo político, económico, ambiental (fluctuaciones y ciclos del clima y otras variables del ambiente), influencia de otros agroecosistemas, etc). Esta consistencia se considera durante un periodo corto (de ciclo a ciclo de cultivo o de ciclo reproductivo de animales).
- **Resiliencia.** Capacidad de recuperación del sistema ante distorsiones causadas por fuerzas externas, por estrés continuo o por una perturbación mayor. El sistema puede retornar a su estado de equilibrio o mantener su potencial productivo después de padecer perturbaciones graves (un evento catastrófico, un huracán, incendio o la caída drástica del precio en el mercado). A esta propiedad también se le denomina elasticidad.
- **Equidad.** Consiste en la distribución justa de la producción agrícola, refiriéndose a la distribución imparcial de la productividad del agroecosistema entre los beneficiarios humanos, dependiendo de la estructura social donde se encuentre ubicado. Mide cuán equitativamente están distribuidos los productos de un agroecosistema (ingresos, producción, etc.), entre los productores locales y consumidores, y entre hombres y mujeres.

- **Autonomía.** Es la autosuficiencia del agroecosistema, y se relaciona con el movimiento de materiales, energía e información entre los componentes hacia dentro o fuera del agroecosistema y con el control de esos flujos.

2.2 Agroecología

Los modelos de producción agrícola generados bajo el paradigma de la Revolución Verde y que fueron la base de la economía agrícola mundial en el siglo pasado, generaron diversos problemas, algunos ya conocidos y otros nuevos.

El espectacular aumento en la productividad agrícola debida a la tecnología moderna generó problemas tecnológicos, sociales y económicos. Se profundizó el contraste entre la agricultura industrial o moderna, que depende en alto grado de insumos externos, y la agricultura tradicional con una mínima dependencia de insumos. Esta situación se agudiza en los países en vías de desarrollo, en donde la apertura comercial ha dejado a los pequeños productores en una condición de alta vulnerabilidad. Otros efectos mencionados por CEPAL (2002), citados por Ruiz (2006c) son: fluctuación del mercado, problemas de almacenamiento de las cosechas y productos derivados, beneficios sociales desiguales en las áreas agrícolas, desempleo, enfermedades humanas causadas por productos agroquímicos, contaminación ambiental, persistencia de insectos plaga, aumento de invasión de malezas o arvenses, nuevas enfermedades en los cultivos, resistencia a plaguicidas, pérdida de diversidad genética y erosión del suelo, entre otros. Se puede decir que las tendencias actuales están demostrando ser insostenibles, tanto ecológica como socialmente, pues millones de habitantes al menos en Latinoamérica se han empobrecido, han migrado y/o viven en un ambiente deteriorado. A lo anterior hay que agregar los problemas que se están generando como consecuencia del cambio climático, una amenaza que se cierne sobre la humanidad.

En este contexto surge la agroecología, como respuesta a la baja o nula eficiencia de los paradigmas convencionales de la ciencia para atender satisfactoriamente a los problemas crecientes de la sociedad (Ruiz, 2006c). En el Cuadro 1 se muestran las características que diferencian a la agricultura industrial de

la agricultura con manejo agroecológico, que se ubica en el paradigma de la agricultura sustentable, lo que se ilustra con el caso del café en México.

Cuadro 1. Características multidimensionales de la agricultura moderna y la agroecología. Aplicado al caso de la caficultura en México.

Dimensiones	Caficultura industrial o moderna	Caficultura sustentable con bases agroecológicas
Tecnológica	Monocultivo: cultivo al sol y con sombra especializada. Variedades mejoradas de alto rendimiento (Caturra y Garnica) y resistentes a la roya (Oro Azteca, Costa Rica 95, etc.). Altas densidades de plantación (3000-5000 cafetos por hectárea). Control de plagas con plaguicidas. Erradicación de malezas. Alta productividad a corto plazo. Alta dependencia de insumos externos (fertilizantes y herbicidas). Alta dependencia del petróleo.	Policultivos (tradicionales y comerciales). Variedades tradicionales adaptadas y de alta calidad (Typica y Borbón). Bajas densidades de plantación (100- 2500 cafetos por hectárea). Protección de cultivos (Manejo integrado, control biológico). Manejo de arvenses y coberturas. Mejora productividad a largo plazo. Baja dependencia de insumos externos. Mínima dependencia del petróleo.
Ambiental	Alto impacto en el ambiente. Pérdida de diversidad genética. Degradación de los recursos naturales. Degradación de suelos (erosión y acidificación). Contaminación ambiental (fertilizantes y plaguicidas). Alto impacto en la salud. Insustentable.	Bajo impacto en el ambiente. Conservación de recursos genéticos. Conservación de los recursos naturales. Recuperación y rehabilitación de suelos. Servicios ambientales (captura carbono, producción de oxígeno y agua). Bajo impacto en la salud. Sustentable.
Económica	Alto costo de inversión. Grandes necesidades de capital. Dependencia de insumos externos. Alto riesgo. Energéticamente negativa.	Bajo costo de inversión. Bajas necesidades de capital. Baja dependencia de insumos externos. Menor riesgo. Energéticamente positiva.
Institucional	Desarrollo tecnológico realizado por empresas privadas y sector público. Variedades y productos patentables.	Desarrollo tecnológico realizado por ONGs y sector público. Variedades y tecnología bajo control del productor.
Sociocultural	Productor es objeto. Grandes y medianos productores. Baja participación del productor. Desvalorización del conocimiento tradicional. Baja autonomía.	Productor es sujeto. Pequeños y medianos productores. Alta participación del productor. Valorización y arraigo del conocimiento tradicional. Recuperación de autonomía.

Fuente: Elaboración propia con base en la propuesta de Meirelles (2003).

Casi en forma simultánea con el concepto de agroecosistemas, se ha desarrollado la agroecología como una ciencia reciente, que en sus principios surgió como una disciplina para el análisis de las relaciones puramente ecológicas de los sistemas agrícolas. Por la naturaleza de los fenómenos y problemas de la agricultura, la agroecología también se enfrenta a la complejidad de la extensión o limitaciones del concepto de agroecosistemas (Ruiz, 2006c). Es necesario pues navegar en un mundo de conceptos, porque están evolucionando con el tiempo. Los conceptos de agroecosistemas y agroecología están estrechamente asociados, como se percibe en las definiciones de algunos autores. Por ejemplo Gliessman (2002) define a la agroecología como la ciencia que aplica los conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles.

Ruiz (2006c) menciona que la agroecología se considera como una ciencia o disciplina que tiene como unidad de análisis al agroecosistema, y que se fortalece con el enfoque de sistemas. A diferencia de otras disciplinas científicas, la agroecología integra conocimientos y métodos de varias disciplinas; en sus orígenes se basó principalmente en las ciencias agrícolas y en la ecología, pero con el tiempo se han incorporado numerosas disciplinas, como son: economía, sociología, antropología, ingeniería, geografía, meteorología, hidrología, fisiología, genética, patología, entomología, ingeniería agroindustrial, nutrición, ciencias del suelo y sistemas de información geográfica, entre otras. Es decir, nuevas disciplinas se van integrando a la agroecología para ofrecer soluciones a los diversos y complejos problemas agrícolas y de la sociedad contemporánea.

En función de sus orígenes y la diversidad de ciencias que están contribuyendo con la construcción de la agroecología, ésta se percibe de diferentes formas por la sociedad, que van desde una ciencia o disciplina, un enfoque, una forma de pensar o punto de vista, hasta una actitud (Altieri, 1983; Ehlers, 1996; Gliessman, 2002; Sevilla, 2006; IFOAM, 2006; Ruiz, 2006c), Toda esta gama de visiones coinciden en la perspectiva del desarrollo sustentable. Estas diversas dimensiones de la agroecología son sistematizados por Meirelles (2003), de la manera siguiente:

- **Campo del conocimiento interdisciplinar.** La agroecología integra concepciones de distintas áreas del conocimiento y usa herramientas de varias disciplinas e incorpora el conocimiento local y tradicional con el conocimiento técnico y científico.
- **Disciplina científica.** La agroecología posee componentes teóricos y metodológicos, y permite aplicar conceptos y principios ecológicos para el estudio y diseño de agroecosistemas sustentables.
- **Estilo de agricultura.** La agroecología incluye todos los sistemas de producción sana y segura de alimentos y fibras, sin aplicación de productos de síntesis química, como son fertilizantes y plaguicidas, y también están prohibidos los organismos genéticamente modificados. Estos sistemas parten de la fertilidad del suelo como base para una buena producción y de la aplicación de ecotecnias. En este apartado se ubica la agricultura orgánica o ecológica y sus prácticas de manejo (policultivos, rotaciones, biodiversidad, abonos verdes, prácticas de conservación de suelos, etc.).
- **Proyecto político.** La agroecología implica un nuevo proyecto de la sociedad de tipo integral, endógena, humana y sustentable. Se busca que la agroecología pueda ser retomada por los gobiernos, las instituciones y la sociedad en su conjunto, para fomentar el desarrollo sustentable. En este aspecto la sociedad civil (a través de ONG'S, fundaciones y otras instancias) ha sido más propositiva y ha generado innovadoras alternativas, sobre todo en la búsqueda de estrategias de producción y comercialización de alimentos que integran aspectos ambientales, sociales y económicos, pero sobre todo bajo una concepción ética, por ejemplo el comercio justo y las redes solidarias.

Toledo (1990) recopila e integra trabajos realizados en comunidades campesinas por diferentes investigadores, fundamentalmente antropólogos, biólogos y agrónomos, y elabora toda una propuesta teórica que según Sevilla y González (2006) puede “ser considerada potencialmente como un nuevo paradigma”. Tal propuesta puede ser formulada en los siguientes términos: “En contraste con los más modernos sistemas de producción rural, las culturas tradicionales tienden a implementar y desarrollar sistemas ecológicamente correctos para la apropiación de

los recursos naturales”. En esta afirmación subyace la tesis de que existe una cierta racionalidad ecológica en la producción tradicional, como es el caso de los agroecosistemas cafetaleros.

De los anteriores enfoques se infiere que la agroecología puede proporcionar un marco metodológico para lograr un profundo conocimiento e interpretación de la naturaleza de los agroecosistemas cafetaleros orgánicos y de los principios por los cuales funcionan; además, permite implementar conceptos y metodologías apropiadas para evaluar los factores que influyen en la calidad del grano en los agroecosistemas cafetaleros orgánicos.

2.2.1 De la disciplina a la transdisciplina agroecológica

La agroecología integra conocimientos, teorías y metodologías, de la disciplina, la multidisciplina, la interdisciplina, y además toma en cuenta el conocimiento local en el que se aplican los conceptos y principios ecológicos, sociales y económicos; de aquí que la agroecología deja de ser una disciplina para convertirse en una transdisciplina que fortalece el enfoque holístico (Ruiz, 2006c). De acuerdo con el mismo autor, se aportan algunas consideraciones en este devenir del conocimiento científico.

- **Disciplina.** La disciplina permite disgregar el conocimiento en partes más pequeñas; este reduccionismo es una forma clásica de pensar que evita los sesgos, pero su aplicación es muy limitada. En la agricultura fue la base en que se sustentó el paradigma de la revolución verde, que permitió un espectacular incremento en la producción de alimentos (a corto plazo) y una disminución de costos de producción y en los precios. Sin embargo, con el tiempo se generaron graves problemas de tipo ambiental y social, de mayor complejidad, que rebasaron los alcances de la disciplina. De aquí que los equipos multidisciplinarios e interdisciplinarios fueron formados para enfatizar, encarar y encontrar soluciones a los problemas.
- **Multidisciplina.** Debido a los límites de los especialistas disciplinarios para resolver problemas complejos, se genera el enfoque multidisciplinario en el que

se reúnen grupos de trabajo formados por especialistas que manejan lenguajes diferentes. Un punto de vista holístico o sistémico es comentado como necesario y deseable, y las investigaciones multidisciplinarias lo favorecen.

- **Interdisciplina.** Se enfoca a la relación intra y entre disciplinas, en función del nivel que se requiere para solucionar un cierto problema. Con frecuencia existe confusión entre los términos interdisciplina y multidisciplina, e incluso se utilizan erróneamente como sinónimos. El enfoque interdisciplinario implica el conjunto de conocimiento y experiencia, la creación de un compromiso conjunto para producir un entendimiento más completo y profundo de los problemas. El pilar fundamental de la interdisciplina es la interacción, que permite lograr síntesis y sinergia, al combinar disciplinas.
- **Transdisciplina.** La investigación transdisciplinaria³ no es una nueva disciplina, sino que cruza todas las disciplinas y se encuentra por sí sola entre y más allá de las disciplinas. Es una forma de investigar, que parte de los problemas reales, cuya definición y solución no dependen de una disciplina específica. De esta forma su metodología difiere de los procedimientos convencionales que han sido desarrollados por la ciencia moderna. Se señala que la transdisciplina es la expansión del enfoque interdisciplinario hacia la participación, por lo que requiere de acuerdos comunes entre los coparticipantes para diseñar, desarrollar, practicar y evaluar acciones.

La transdisciplina debe satisfacer al menos cuatro condiciones (Grossenbacher-Mansuy, 1999, citado por Ruiz, 2006c): i) Los problemas bajo estudio deben derivarse del mundo real; las preguntas a ser investigadas deben ser definidas y estructuradas en conjunto, o en colaboración, con los involucrados, ii) Los equipos deben formarse de tal manera que integren a los afectados, expertos y participantes de varias disciplinas requeridas para resolver las preguntas relevantes, iii) El trabajo de investigación debe ser realizado como una decisión colaborativa estrecha entre los investigadores y los involucrados, y iv) Los resultados deben ser totalmente aplicados.

³ De *trans*: cruzar, a través de, más allá (Ruiz, 2006c).

El carácter de transdisciplina lo obtiene al incluir el conocimiento local, que generalmente no se tomaba en cuenta para resolver los problemas, caso muy evidente con la forma de resolver los problemas de la agricultura en México. Este conocimiento lo poseen los sujetos involucrados, especialistas o usuarios en el área objeto de estudio, o bien el conocimiento que se ha transmitido en forma oral a través del tiempo y que resulta de utilidad por la experiencia en los tópicos del problema en cuestión.

De acuerdo con Ruiz (2006c), por su naturaleza de integrar diversas disciplinas en función a la problemática abordada, la agroecología es considerada una transdisciplina. De esta manera puede contribuir al aumento de la sostenibilidad de los agroecosistemas cafetaleros y de la base de recursos naturales en las regiones cafetaleras de México.

2.3 Sistema agroalimentario (agroindustrial)

En el contexto actual de globalización y neoliberalismo, la tendencia actual para los productos agropecuarios, tanto en el mercado internacional como en el nacional, es la competitividad mediante la identificación de procesos de valor agregado, sobre los cuales se puedan implementar sistemas de calidad e inocuidad alimentaria que puedan ser rastreados, es decir que haya trazabilidad. En el caso del café surgen las estrategias de diferenciación que permiten ofertar cafés especiales. Para lograr estos objetivos se requiere coordinación entre los actores de distintos eslabones (Rodríguez, 2005; Ruiz C., 2006).

El concepto de sistema agroalimentario (en cultivos industriales se utiliza el término de sistema agroindustrial), se enmarca dentro de un sistema económico y su objeto de estudio son las relaciones entre la oferta y el consumo de alimentos como marco de las políticas de desarrollo. Este sistema se caracteriza por su asociación directa con factores biológicos, inicia con la producción primaria y su destino es el consumo humano (Ruiz C., 2006).

Rodríguez (2005) define al sistema agroalimentario como un conjunto articulado y entrelazado de cadenas agroalimentarias. Este concepto no obstante su connotación económica, es de gran amplitud y diversidad, y es útil al permitir realizar cortes en el sistema agroalimentario para su estudio y análisis, como en este caso la cadena del café.

2.4 Cadena agroalimentaria

El concepto de cadena agroalimentaria permite la aplicación del enfoque de sistemas a un producto específico (la cadena del maíz, la cadena del frijol, etc.); cuando su uso se extiende a productos agrícolas cuyo destino no es el consumo humano (como la madera), entonces se refiere a cadenas agroindustriales. El concepto de cadena agroalimentaria es aplicable al café, un producto agrícola industrial obtenido en las regiones subtropicales y que se consume como bebida (Ruiz C., 2006).

La cadena agroalimentaria es un concepto que involucra y articula en el mismo proceso, al conjunto de acciones y actores que intervienen y se relacionan técnica y económicamente desde la actividad agrícola primaria hasta la oferta al consumidor final, incorporando procesos de industrialización de los productos agrícolas, su empaque y la distribución. Estas son las actividades básicas de la cadena. Pero también se reportan otro conjunto de actividades que si bien no se consideran parte de la cadena son muy importantes porque permiten su operación; se trata de actividades relativas a la provisión de insumos, equipos y servicios que se denominan actividades de apoyo a la cadena, actividades que son claves porque facilitan el funcionamiento de la cadena (Herrera, 2004; Ruiz C., 2006; SAGYP, 2006).

Para el café se consideran todos los eslabones en la producción de café en donde están inmersos múltiples factores, desde los propiamente geográficos naturales, ecológicos, agronómicos, beneficiado y torrefacción, hasta mecanismos económicos-financieros, transporte, financiamiento, comercialización y consumo. Todo ello se inscribe, por supuesto, en una cambiante organización social del trabajo

y de los intercambios. También es importante tomar en cuenta los desechos de esta agroindustria porque pueden generar valiosos subproductos o contaminación.

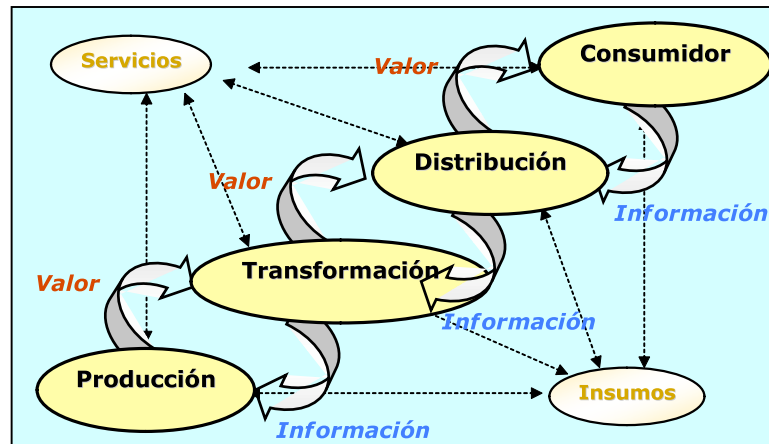
La cadena se relaciona con los factores externos e internos que afectan su desempeño en forma positiva o negativa (Herrera, 2004). Entre los factores externos o del entorno internacional que influyen en la cadena están por ejemplo para el café; el comportamiento de los precios en bolsa (Nueva York y Londres), los acuerdos internacionales (Organización Internacional del Café, TLC, etc.), los subsidios a la producción, entre otros. Entre los factores internos están las políticas institucionales federales y estatales (en México se tiene al Sistema Producto Café, Consejos Estatales del Café, y diversas instituciones relacionadas con el sector), la legislación nacional en materia de café, aspectos de infraestructura de caminos, puentes, servicios portuarios y otros. Por ejemplo, el dinamismo de la cafeticultura mexicana no responde exclusivamente a las tendencias y coyunturas del mercado internacional, sino que obedece en gran medida a situaciones eminentemente internas (políticas públicas, subsidios y apoyos, consumo nacional, costos de producción, etc.).

La competitividad es la capacidad de una cadena agroalimentaria para estar presente en los mercados a lo largo del tiempo, lo cual depende de factores endógenos a la cadena, como pueden ser las tecnologías utilizadas o la naturaleza de las relaciones entre los actores; o bien, de factores exógenos como las políticas macroeconómicas y comerciales del país, o los precios internacionales (Herrera, 2004; Hernández y Herrera, 2005).

Esta capacidad va a depender mucho de si la cadena logra ser eficiente desde el punto de vista técnico y económico; implica consideraciones sobre los rendimientos agrícolas e industriales, los costos de producción e industrialización, la calidad de los bienes, la distribución de los bienes producidos, los precios de venta, etc. (Herrera, 2004).

Normalmente, para fines didácticos la cadena se representa de manera lineal como una sucesión de actividades que van agregando valor a la producción (Figura

1). En la realidad las cadenas no son lineales y las diversas actividades de producción, transformación y consumo pueden ubicarse prácticamente en todo el país (Ruiz, 2006).



Fuente:

SAGYP (2006).

Figura 1. Dinámica de la cadena agroalimentaria.

En épocas recientes se está utilizando el concepto de sistema productivo local, que también puede aplicarse al caso del café. Martínez (2006), citado por Salgado (2006), menciona que éstos surgen en lugares específicos a través del tiempo, en una cultura productiva a escala local, donde algunas de sus características pueden ser: concentración de pequeñas y medianas empresas, expansión basada en economías externas a las empresas, economías internas basadas en la experiencia y especialización de la mano de obra, intensa división del trabajo, alto nivel de integración local, especialización en alguna rama, relaciones informales de cooperación en las fases de comercialización, mercado de trabajo flexible, y comercialización exterior. Un sistema productivo local se caracteriza además por formar parte de un sistema industrial, estar constituido por una red de actores sociales, y tener un sistema de relaciones económicas, sociales, políticas y legales.

2.5 Los conceptos del desarrollo

2.5.1 Desarrollo sustentable

Al hablar de desarrollo generalmente se percibe desde una perspectiva económica, en donde se asocia con la idea del crecimiento de la producción o de cualquier otro indicador económico. En la actualidad se busca que el concepto de desarrollo⁴ no sólo incorpore el proceso de producción con la conservación de los recursos y el mejoramiento del ambiente, sino también que incluya todas las dimensiones y necesidades fundamentales del ser humano, ya que esto es vital para garantizar el sostenimiento de la vida en el planeta. Este concepto es el de desarrollo sustentable.

Salinas y Middleton (1998) mencionan que el concepto de desarrollo sustentable fue discutido antes de la conferencia sobre el medio ambiente humano celebrada en Estocolmo en 1972, y descrito por algunos autores, como R. Dasmann, J. Milton y P. Freeman en su libro "Ecological Principles for Economic Development". Después de la presentación del informe de la Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, conocido como "Nuestro futuro común" o "Informe Brundtland (1987), en especial después de la Cumbre de Río en 1992, el concepto se ha difundido ampliamente con diversas repercusiones políticas y se ha promovido en las altas esferas internacionales que toman decisiones.

En el Informe Brundtland (1987) se define que el desarrollo es sustentable "cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades", en donde se reconoce que el crecimiento económico y el uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente están vinculados (Salinas y Middleton, 1998). En este sentido, Trigo (1993), citado por Chaparro y Rivera (2000), define el desarrollo sostenible como el manejo y conservación de la base de recursos

⁴ La palabra desarrollo (*dis*, aparte y *voloper*, envolver), que significa el desenvolvimiento de algo, que puede interpretarse de la siguiente manera: el acto de desarrollar, un producto o resultado del desarrollo y un hecho significativo (Chaparro y Rivera, 2000).

naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para generaciones presentes y futuras.

No obstante de que el concepto está por cumplir veinte años, y se ha realizado una extensa difusión, aún no existe consenso y claridad sobre lo que representa el desarrollo sustentable. El concepto se utiliza en forma indiscriminada en los diferentes ámbitos de la sociedad, y hasta se ha incorporado en los discursos y agendas de los políticos; por ejemplo, en México se cuenta desde el 2001 con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, y para el café existe una propuesta de Ley de Cafecultura Sustentable que en la actualidad esta sujeta a discusión en el Senado de la República (SAGARPA, 2006; Cafés de México, 2006). No obstante el posicionamiento del concepto en la legislación nacional, es pertinente advertir que el desarrollo para que sea sostenible debe ser concebido como un proceso multidimensional e intertemporal en el cual haya equidad, competitividad y sustentabilidad, y se base en principios éticos, culturales, socioeconómicos, ecológicos, institucionales, políticos y técnico-productivos.

En este sentido Gliessman (2002) afirma que la palabra sostenibilidad asume diferentes significados; pero es claro que parte de una base ecológica y menciona que una agricultura sostenible es aquella que reconoce en su totalidad el sistema alimentario en balance equitativo de lo concerniente al ambiente de solidez, igualdad social y viabilidad económica entre todos los sectores del público, incluyendo la población internacional e intergeneracional. De acuerdo con Lebel y Kane (s.f.), el desarrollo sostenible como proceso de transformación contiene varios componentes claves: i) El concepto de las necesidades, en particular, las esenciales de las personas pobres del mundo; ii) La idea de las limitaciones que imponen la tecnología y la sociedad a las capacidades del medio ambiente para satisfacer dichas necesidades; y iii) El nuevo rol y funciones específicas de la agricultura como productora de energía, regeneradora de agroecosistemas y proveedora de servicios ambientales (como la mitigación del cambio climático, protección de la biodiversidad, rehabilitación de tierras marginales, etc.).

2.5.2 Desarrollo regional

Para reforzar los conceptos sobre desarrollo es necesaria una aproximación a las teorías sobre desarrollo regional. Mella (1988) citado por Salgado (2006), menciona que el desarrollo se entiende como un proceso de transformación social, y el espacio como la organización de relaciones de cooperación entre actores económicos y recursos inmateriales (tecnología, información, formación e investigación). Por ello es importante abordar el espacio y la organización, como dos factores fundamentales para analizar el desarrollo sustentable.

Salgado (2006) cita los trabajos de Mella (1998) quien hace énfasis en la apreciación del espacio, y los de Martínez (2006) quien divide las corrientes teóricas a partir de la introducción del territorio como parte del análisis económico. Ambos autores plantean dos conceptos fundamentales en el eje del pensamiento regional: espacio y territorio. El espacio es un elemento muy importante para la explicación de los fenómenos de desigualdad económica, que se hace evidente en la cafecultura mexicana por la polarización de los productores y por las importantes diferencias que subsisten entre las regiones productoras del grano.

En un inicio el crecimiento económico de las regiones y países se explicaba mediante los modelos cuyo funcionamiento dependía de una variable exógena, la tecnología. Pero estos modelos económicos demostraron su incapacidad para el análisis de la compleja realidad, sobre todo con una perspectiva de largo plazo. Según Salgado (2006), esto se debe a la interconexión que existe entre las dimensiones cultural, social y política, las cuales ejercen gran influencia dentro de cualquier proceso de desarrollo y que los modelos económicos eliminan al fundamentar sus análisis sobre la base *ceteris paribus*⁵, y diluyen de esta manera la verdadera complejidad del entorno.

La teoría de desarrollo endógeno considera que el desarrollo de una región depende del crecimiento de sus capitales y tecnologías, los cuales se encuentran en

⁵ Término en latín usado en el análisis económico para variar un factor mientras que el resto de factores se mantienen constantes. En: <http://ceteris-paribus27.blogspot.com/> (accesado el 20/12/06).

su propio territorio; esta teoría brinda a las regiones oportunidad de crecer por sí mismas con base en el desarrollo de sus capacidades productivas. Así, el territorio deja de ser soporte de los factores de localización o fuente de costos para los agentes productivos (Mella, 1998), para convertirse en un agente activo donde se llevan a cabo diferentes tipos de relaciones que dan vida a la competitividad de cada lugar. Por lo que la introducción del territorio en las teorías económicas regionales es un gran avance, pues desde este momento la ciencia económica fue más consciente de la necesidad de interactuar con disciplinas como el derecho, la ecología, la agronomía, la psicología, la sociología, etc., para la resolución de problemas económicos.

2.5.3 Desarrollo local

Otra perspectiva del desarrollo lo aporta la teoría de desarrollo local con un enfoque de territorialidad. Saravia (2003) explica que el desarrollo local ha tenido varias definiciones, y que la evolución del concepto ha ocurrido en función de los objetivos en cuestión; por ello se considera una teoría en construcción, con interpretaciones aún diversas, aunque dispone de elementos comunes que caracterizan un proceso de desarrollo local, como son:

- **Se produce en un ámbito territorial determinado.** El territorio deja de ser un espacio contenedor, un soporte mecánico y de infraestructura. En el desarrollo local el territorio determina y es determinado por la sociedad cuando interactúa con él. Es algo vivo en donde suceden procesos biológicos, sociales, económicos, culturales y políticos. El territorio se constituye como el escenario en donde los agentes económicos tejen su red de relaciones a través de las cuales establecen sus dinámicas productivas.
- **Se plantea como una estrategia integradora con múltiples dimensiones.** Significa que incluye todos los aspectos y dimensiones de la vida local, su identidad y cohesión social. Las dimensiones interactúan y se condicionan entre sí en el espacio y en el tiempo, de acuerdo con las prioridades locales y objetivos de desarrollo nacional.

- **Es capaz de fortalecer al poder local, grupos y organizaciones de base.** Esto es posible al construir capacidades individuales y colectivas en el ámbito local y municipal, que puedan mejorar la calidad de vida y transformar las estructuras sociales, económicas y políticas. Desarrolla lazos de solidaridad y cooperación entre actores locales y entre localidades semejantes.

Para la OCDE (2002), citado por Salgado (2006) el desarrollo local es un concepto de amplio alcance que puede entenderse como un proceso mediante el cual ciertas instituciones o personas locales se movilizan para crear, reforzar o estabilizar actividades, usando de la mejor manera posible los recursos del territorio. Otra consideración de la teoría del desarrollo local la constituyen sus planteamientos territoriales con políticas surgidas desde abajo, en donde los productores asumen la responsabilidad en la toma de decisiones y sustituyen los esquemas de desarrollo que provienen de las instancias que promueven el desarrollo, en un esquema desde arriba.

La teoría del desarrollo local es un eje conceptual porque da énfasis al entorno, al aprovechamiento de las externalidades y a la capacidad local de innovación. Lo anterior se aplica a la perfección para las organizaciones productoras de café orgánico en México, que representan una experiencia exitosa autogestiva que les ha permitido incorporarse al mercado internacional.

La definición de territorio varía por la amplitud de conceptos que se manejan y los objetos de estudio en los que se concentra el investigador. Algunos elementos que adquieren mayor utilización son los de: sistema, red, relaciones, identidad, cultura, gobierno, medio ambiente e instituciones. En este sentido, Vázquez (1999) considera que “el territorio es el resultado de una historia en la que se ha ido configurando el entorno institucional, económico y organizativo, lo que le da una identidad propia y le permite dar respuestas estratégicas a los desafíos de la globalización”.

Este concepto de territorio, no sólo se refiere al espacio físico (suelo o límites), como lo afirma Arrieta (2006), “sino a su ubicación geográfica, al clima, al paisaje, a

los recuerdos históricos y a los sentimientos involucrados; éste deja de ser un mero escenario o un condicionante pasivo de la actividad humana, para convertirse en uno de los factores de la vida social". Se puede observar cómo el territorio es ahora el escenario en donde los agentes económicos tejen su red de relaciones a través de las cuales establecen sus dinámicas productivas.

2.6 Capital social

Debido a la heterogeneidad sociocultural de los agentes que participan en el agroecosistema cafetalero, caracterizada por la predominancia de pequeños productores y con alta participación de grupos étnicos, el estudio del comportamiento de los cafecultores y sus organizaciones debe ser contextualizado en sus dimensiones ambiental y sociocultural, porque es la forma en que generan y desarrollan sus conocimientos.

Con base en lo anterior, el entorno organizativo es uno de los componentes fundamentales del territorio y el desarrollo local (Vázquez, 1999), que se aborda mediante la perspectiva de la teoría del capital social, ya que esta teoría considera elementos territoriales que permiten explicar la dinámica particular en las relaciones de los diferentes agentes involucrados en la cafecultura.

El capital social es un concepto que se ha modificado considerablemente a lo largo de su historia, es motivo de amplias discusiones y se encuentra actualmente en permanente construcción, como todos los conceptos que han sido revisados.

Existen diversas definiciones de capital social. Salgado (2006) cita las definiciones de varios autores como Loury y Granovetter (setentas); Bourdieu y Coleman (ochentas); Putman, 1993; North, 1993; Coleman, 1994; Serageldin y Grootaert, 1996; y Fukuyama, 2003). En ellas identifica varias similitudes: i) Las redes sociales y las formas asociativas de la sociedad civil tienen efectos muy profundos sobre el funcionamiento de los mercados y los Estados, al mismo tiempo que se ven afectadas por los mismos; ii) Todas se enfocan en las relaciones entre agentes económicos y las formas en que las organizaciones pueden mejorar la

eficiencia de las actividades económicas; y iii) Todas implican que las relaciones sociales deseables y las instituciones tienen externalidades positivas.

En resumen, la teoría del capital social se centra en el análisis de las relaciones entre los actores económicos. Estas relaciones dan origen a elementos como confianza, solidaridad y cooperación, sin los cuales las relaciones de intercambio no podrían generarse (Coleman, 1994, citado por Salgado, 2006). La fuerza de estas relaciones es un elemento fundamental para la teoría del desarrollo local, pues en ellas se fundamenta la capacidad de cada localidad para generar su propio desarrollo. Los principales debates que enfrenta esta teoría tienen que ver con sus formas de medición, su propiedad y la inclusión de la cultura en su análisis

El concepto de capital social más apropiado para este trabajo, corresponde a Durston (1999) y Sirven (2001), ambos autores citados por Salgado (2006), que lo definen como “las actitudes de confianza y las conductas de reciprocidad y cooperación dentro de una comunidad específica, y la habilidad de la persona o del grupo para obtener recursos y emprender acciones mancomunadas con el fin de reducir costos de transacción por la vía de la asociación, la administración conjunta, la compra o venta en común, el uso compartido de bienes, la obtención y difusión de información, la reivindicación y otras, mediante sus lazos o redes sociales”. Este concepto es pertinente para las organizaciones cafetaleras orgánicas que además de la certificación ecológica u orgánica han avanzado hacia una certificación social a través del comercio justo (Roozen y VanderHoff, 2002; García, 2005).

Así mismo, Salgado (2006) señala las siguientes ventajas del concepto de capital social: 1) Permite una aproximación a la dimensión social del crecimiento económico; 2) Puede favorecer los procesos de desarrollo actual y potencial de un territorio; 3) El capital social puede verse como un recurso local estratégico y colectivo que puede ser utilizado para aumentar la competitividad de una localidad; 4) El capital social, a diferencia del financiero y el humano, tiene la naturaleza de ser un bien colectivo.

El capital social es enfocado desde la perspectiva agroecológica de los agroecosistemas por Sevilla y González (2006), mediante el concepto de campesinado; así mencionan que “el campesinado es más que una categoría histórica o un sujeto social, una forma de manejar los recursos naturales vinculada con los agroecosistemas locales y específicos de cada zona, utilizando un conocimiento sobre dicho entorno condicionado por el nivel tecnológico de cada momento histórico y el grado de apropiación de dicha tecnología”, lo que genera distintos “grados de campesinidad”.

Es importante vincular el concepto de capital social con la compleja situación de la cafecultura mundial, porque en los últimos quince años las empresas transnacionales⁶ que comercializan café han crecido rápidamente y se ha producido una creciente concentración en los mercados mundiales de la cadena del café. A medida que esa concentración avanza el desequilibrio es mayor. Para hacer frente al desafío que representa, es fundamental que los cafecultores de todos los países reaccionen y se organicen para satisfacer las normas y mejorar sus destrezas negociadoras, y generar un sistema que les permita colocarse en equidad con sus contrapartes de las grandes corporaciones; su futuro depende de ello.

En este sentido, el IFAP (2006) señala que también es importante la participación del gobierno, por la responsabilidad que tiene de hacer frente a esta situación, reequilibrar el mercado y apoyar la necesidad de empoderar a los productores. Los agricultores, para poder competir necesitan un marco reglamentario y regulatorio adecuado que les permita competir en los mercados mundiales e incursionar en el mercado nacional. Es decir, necesitan acceso equitativo a los mercados y precios justos. Rubio (2006) afirma que en este proceso los gobiernos

⁶ En México, cinco compañías, todas filiales de transnacionales, controlan la compra del grano. Los compradores son Agroindustrias Unidas de México (AMSA), ligada a Ecom Agroindustrial Corporation Ltd. y a Atlantic Coffee; Exportadora de Café California, vinculada con Neumann Kaffe Gruppe; Expogranos Mexicanos, de Hercop Coffee Group; Becafisa, de Volcafe Holding Ltd., y Nestlé (Morales, 2007).

neoliberales como el de México, han privilegiado los intereses de las firmas transnacionales sobre las organizaciones cafetaleras.

Así mismo, Herrera (2004) menciona que una distribución equitativa de los ingresos y de las utilidades a lo largo de la cadena, es un tema que tiene connotaciones sociales pero también técnicas y económicas. Por ejemplo, cafecultores en condiciones económicas precarias, desorganizados y sin desarrollo de capacidades, no podrán suplir el café de alta calidad que exige el mercado y pueden afectar por ello a toda la cadena.

En el ámbito científico y académico la investigación debe jugar un papel fundamental para buscar soluciones a los diversos problemas que enfrenta la cafecultura. Los estudios deben centrarse más en los productores y su organización, en busca de mayor eficacia y mejores resultados. En este orden de ideas, Muchnik (2006) propone que esto debe traducirse en el desarrollo de líneas de investigación que permitan, conjuntamente con los productores, identificar, describir y analizar el desarrollo de innovaciones y competencias locales

2.7 El concepto de calidad

A través de la historia, los alimentos han sido un componente esencial en la construcción de las identidades de individuos y sociedades. En el contexto actual de globalización, los cambios son vertiginosos y profundos, lo que impone a la búsqueda de cierto tipo de alimentos que simbolizan la pertenencia a un lugar, a una sociedad, a una forma de comer (Muchnik, 2006).

Por otro lado se asiste a un escenario de saturación de los mercados agroalimentarios en donde las estrategias se han enfocado hacia la diferenciación y la segmentación, dichas estrategias consisten en agregar valor a los productos y calidad para lograr un sobreprecio. En este contexto de cadenas agroalimentarias, la calidad se considera un proceso de mejora continua, que permite mayor inserción y posicionamiento del producto en los mercados. Es importante definir este concepto

que tanta relevancia tiene en la actualidad en las estrategias de producción y comercialización de alimentos.

La calidad se define como la aptitud o conjunto de características de un bien o un servicio para satisfacer las necesidades o exigencias (expresas o potenciales) de los utilizadores, consumidores o clientes (Rodríguez, 2005; Valceschini y Nicolas, 1995, citado por Renard, 2006; ISO⁷, 2000 citado por Leroy *et al.*, 2006). En este sentido la calidad se refiere a los atributos del producto, que contribuyen a la satisfacción del consumidor (Schröder, 2003, citado por Láderach *et al.*, 2006).

En base a las definiciones de calidad, Avelino (2006) y Bode *et al.* (2006) mencionan que no se puede hablar de calidad en forma absoluta, la calidad siempre es relativa, además la percepción de la calidad no es estática, sino que varía en función del tiempo, así como del origen y expectativas del consumidor. Así mismo, Muchnik (2006) afirma que la calidad intrínseca de los alimentos por si sola no existe, sino que es una construcción social, debido a que los seres humanos elegimos lo que comemos y la forma de preparar nuestras comidas.

Al analizar el fenómeno de los alimentos, también se debe partir de un enfoque holístico, debido a que se integran factores biológicos y sociales, y en donde van a interactuar diversas variables, como son: composición y características de los alimentos, salud del consumidor, identidad cultural, historia y dinámica de los territorios, y evolución de la producción y de los productos agropecuarios, entre otras (Muchnick, 2006).

Por un lado la naturaleza compleja del consumo de alimentos y por otro la búsqueda de segmentos o nichos de mercado, han permitido visualizar diversas

⁷ La Organización Internacional para la Estandarización o *International Organisation for Standardization (ISO)*, es una organización internacional no gubernamental, compuesta por representantes de los organismos de normalización (ONs) nacionales, que produce normas internacionales industriales y comerciales. Dichas normas se conocen como normas ISO y su finalidad es la coordinación de las normas nacionales, en consonancia con el Acta Final de la Organización Mundial del Comercio, con el propósito de facilitar el comercio, facilitar el intercambio de información y contribuir con unos estándares comunes para el desarrollo y transferencia de tecnologías. ISO no es un acrónimo; proviene del griego *iso*, que significa igual. En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Organiz> (accesado el 29/12/06).

dimensiones o atributos de la calidad, traslapadas unas con las otras y que pueden incluir aspectos intrínsecos o extrínsecos. Es decir, la calidad es una variable compuesta (Figura 2), y que tiene muchas calidades, por lo que Daviron y Ponte (2005) citados por Bode *et al.*, 2006) proponen una tipología de atributos:

- **Atributos materiales.** Se refieren a las características intrínsecas del producto, que son objetivas y medibles a través de los sentidos sensoriales humanos. Se han creado estándares para unificar diferentes calidades de productos, independientes del lugar y tiempo. Aquí se ubican las calidades siguientes: a) Calidad higiénica, que garantiza que el producto está exento de contaminación; b) Calidad nutricional, referida sobre todo a los nutrientes contenidos en el alimento y su impacto sobre la salud (vitaminas, oligoelementos, lípidos); c) Calidad organoléptica, referida a la identificación sensorial del alimento (sabor, textura, aroma).



Fuente: Muchnick (2006)

Figura 2. Las dimensiones de la calidad de alimentos.

- **Atributos simbólicos.** Es una dimensión simbólica de la calidad referida al valor cultural, social e identitario de los alimentos⁸. Los símbolos representan, de forma sintética, la identidad de los alimentos, delimitan socialmente los hombres que se reconocen en dichos símbolos y, al mismo tiempo, fundamentan comportamientos sociales. Estos atributos no son medibles con los sentidos sensoriales humanos, sino la calidad está expresada por su reputación en el mercado, aquí se ubican las indicaciones geográficas, sellos ecológicos, sociales, sustentables, etc. Los

⁸ Un nutricionista francés dijo “*antes que nada, comemos símbolos*” (Tremolieres, 1968, citado por Muchnick, 2006)

consumidores no se guían solamente por las características intrínsecas de los alimentos, sino por sus características culturales y simbólicas. Renard (2006) menciona que esta dimensión está representada mediante valores socialmente construidos y compartidos en ámbitos diversos como son la salud, la seguridad alimenticia, la dietética, la autenticidad de los alimentos, el respeto al medio ambiente, la tipicidad local, entre otros. Estas dimensiones de la calidad son las que abren la posibilidad de construir nichos de mercado y de alcanzar colectivamente ventajas comparativas. También menciona que esta dimensión refleja la articulación y la diferenciación de la sociedad. Muchnick (2006) menciona que en un mundo cambiante, en donde se incrementan las incertidumbres en varios ámbitos (climático, salud, económico, político), los seres humanos tratan de reconstruir sus referencias de identidad y sus pertenencias sociales.

- **Atributos de servicio.** Se refieren a servicios que acompañan el proceso de venta del producto al consumidor y que agregan un valor inmaterial.

Estas dimensiones de la calidad son aplicadas al caso del café, por Renard (2006), y que considera: excelencia, características intrínsecas y otras dimensiones:

- * **Excelencia o lujo.** En esta dimensión se ubican los cafés que se asocian a la noción de distinción y elitismo, son productos de un elevado precio y una renta de mercado ligada a la fama o escasez. Generalmente emplean empaques lujosos y con publicidad. No proporcionan información precisa sobre el contenido del producto. Esta noción de excelencia no puede medirse, más bien corresponde a criterios subjetivos ligados a la percepción de los consumidores y a las estrategias de mercado de los tostadores y distribuidores. Esta dimensión de calidad parte de las diferencias culturales que definen el gusto, por ejemplo en el Norte de Europa prefieren cafés arábicas y con pronunciada acidez, en cambio en el Sur, se inclinan por el café robusta, fuerte, cargado y se consumen pequeñas tazas.

- * **Calidad intrínseca.** El segundo significado está relacionado con las propiedades intrínsecas del café, es decir las **características** específicas y que se pueden medir, y que permiten reconocerlo y calificarlo. La calidad se encuentra normada en base a reglamentos que se basan en criterios técnicos, que pueden

definirse por instancias internacionales (por ejemplo los criterios de la OIC) y nacionales (normas mexicanas y normas oficiales). Esta calidad es el resultado de todo el proceso de producción y transformación del café.

* **Las otras dimensiones de la calidad.** Aquí se incluyen buena parte de los cafés diferenciados, como son: orgánico, comercio justo, café de sombra o amigable con las aves, Estas dimensiones de la calidad también se pueden imbricar o traslapar, por ejemplo en el caso de las indicaciones geográficas y las denominaciones de origen.

Bode *et al.* (2006) y Leroy *et al.* (2006) coinciden en que para el caso del café, cada actor de la cadena de valor (productor, beneficiador, exportador, tostador y consumidor), tiene su percepción individual referente a la calidad del producto, en función de lo aprendido sobre calidad y del tipo de control de calidad, que realiza el actor en la cadena.

Renard (2006) menciona que las grandes firmas y corporaciones agroalimentarias tienen ventajas comparativas derivadas de las economías de escala, su capacidad de innovación y de desarrollo de nuevos productos, sus inversiones millonarias en publicidad y promociones, estrategias todas inaccesibles a las pequeñas y medianas empresas agropecuarias y a las cooperativas de productores. En cambio estas deben orientarse hacia otras estrategias y colocarse en nichos de mercado para productos específicos, en el caso del café se ofrecen posibilidades de ventajas comparativas de tipo colectivo.

De esta manera la calidad se desarrolla a través de un proceso de construcción colectiva a lo largo de toda la cadena agroalimentaria y requiere un marco regulatorio con reglas y parámetros mínimos de referencia, a través de procesos de normalización y certificación (Rodríguez, 2005; Alimentos Argentinos, 2006). Así mismo, Muchnick (2006) menciona que los productores enfrentan dos desafíos importantes, el primero consiste en mejorar la calidad considerando las reglamentaciones establecidas, y conservar la identidad de sus productos. El segundo reto es el de organizarse para certificar la calidad y protegerse de los

fraudes y de las imitaciones. En este contexto, es esencial el fortalecimiento de las relaciones entre productores y consumidores.

2.8 Procesos de certificación

El nuevo escenario del mercado de alimentos ha llevado al surgimiento de nuevos mecanismos de regulación, de tal manera que la calidad, en sus diversas dimensiones, se debe valorizar en el mercado mediante dispositivos de inspección y de certificación que garanticen que el producto cumple con ciertas características. De esta forma surgen los sistemas de certificación, mediante normas y reglamentos, que aseguran la trazabilidad⁹ del producto, para llegar al consumidor final en forma de etiquetas o sellos que garantizan la legitimidad y confianza (Renard, 2006).

La calidad responde a principios de rastreabilidad, involucra el conocimiento y el acceso a la información de los tratamientos realizados a los alimentos, a lo largo de estos eslabones, para asegurar la inocuidad alimentaria en toda la cadena. Asimismo, la aplicación de las BPA (Buenas Prácticas Agrícolas), BMP (Buenas Prácticas de Manufactura), sistemas de control en la producción de alimentos, como el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP¹⁰), y la reciente aparición de la norma ISO 22000¹¹, son elementos que se orientan hacia la excelencia en el control de los procesos de elaboración de los alimentos, a lo largo de toda la cadena (Rodríguez, 2005). En el caso de la agricultura orgánica, el comercio justo y las denominaciones de origen protegidas, la Unión Europea las ha regulado y reglamentado conforme a las normas oficiales internacionales (ISO 65 y EN 45011)¹²

⁹ Consiste en el rastreo del origen de los productos que garanticen su inocuidad, además de un código de conducta que contenga normas ambientales y laborales (Renard, 2006).

¹⁰ Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP).

¹¹ ISO 22000 establece los requisitos internacionales para seguridad en la cadena de alimentos, desde el agricultor hasta llegar al consumidor. Por tanto, aplica a toda la cadena de alimentos incluyendo transporte, restaurantes, elaboradores, fabricantes de utensilios y equipos, agentes químicos de sanidad, comidas, sector agrícola, etc. En: http://www.bulltek.com/Spanish_Site/ISO (accesado el 23/01/07).

¹² Las normas internacionales que se aplican a la producción, procesamiento, empaque, comercialización, importación y exportación de alimentos orgánicos, han sido establecidas por organismos en países como la Unión Europea, Estados Unidos y Japón. En Estados Unidos el

Este proceso de certificación requiere la intervención de instancias públicas o privadas que produzcan las normas y los criterios de calidad, estos sistemas de certificación pueden ser privados o públicos, voluntarios u obligatorios. En el caso de los alimentos, los sistemas de certificación fueron, en un primer momento, establecidos por y para los productores, para que al incursionar en el mercado garanticen a los consumidores la calidad de sus productos simbolizada por los sellos y proteger estos últimos contra fraudes. Por ejemplo: en la agricultura orgánica los principales organismos certificadores, OCIA y Naturland, surgieron de la organización de productores orgánicos en Estados Unidos y Alemania, respectivamente; en el comercio justo, fueron creados por activistas y organizaciones no gubernamentales junto con organizaciones de productores de café para beneficiar a éstas con mejores precios. Las denominaciones de origen, surgieron en Francia para proteger a los productores vitivinícolas y mantener sus precios altos mediante la reducción de la oferta de un producto ligado a un terruño.

El panorama actual del café en el contexto del comercio internacional, que se hace evidente en el segmento de cafés diferenciados o de especialidad, ha creado distintos estándares a nivel internacional, muchos son privados, otros de asociaciones, de supermercados o de compradores; estos presentan una complicación para el productor o el que beneficia el grano, debido a la enorme cantidad de programas de auditorías y de evaluación por cada uno de los compradores o los que demandan este tipo de normas. En este sentido, se torna muy difícil para un pequeño productor el cumplimiento de todos estos requerimientos.

Renard (2006) afirma que la construcción de la calidad implica una acción colectiva y una gestión social, que requiere organización y reconocimiento, así

reglamento para los sistemas de producción orgánica quedó establecido en el Programa Nacional de Orgánicos (NOP) (National Organic Program) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (United States Department of Agriculture), en Japón a través de los Estándares Agrícolas Japoneses (JAS) (Japan Agriculture Standards) del Ministerio de Agricultura Bosques y Pesca (MAFF) (Ministry of Agriculture Forests and Fisheries), y en la Unión Europea mediante los estándares de la Comunidad Económica Europea (EEC) (European Economic Community). La mayor parte de las normas internacionales NOP, JAS y EEC son similares y equivalentes entre sí, y se rigen por los sistemas de calidad ISO 65 y EN45011. Ambos sistemas ISO 65 y EN45011 son similares y equivalentes entre sí. En: <http://www.gestiopolis.com/Canales4/eco/agriga.htm> (accesado el 23/01/07).

mismo advierte que la certificación se encuentra en un ámbito de poder y decisión, lo cual puede constituir un riesgo para los productores que están incursionando en los nichos de mercado. De esta forma las normas y los procedimientos de inspección se alejan de los productores que pierden el control del proceso y de sus principios iniciales. Esto ha llevado a que las grandes transnacionales y las grandes empresas de distribución participen en estos procesos e incluso lanzando sus propios sellos. Por ejemplo en Europa los grandes distribuidores como Carrefour están haciendo arreglos directos con las organizaciones de productores de café orgánico, evadiendo al organismo certificador (FLO) y hablan de lanzar sus propios sellos justos. Starbucks ofrece café justo (1 % de sus ventas) tiene acuerdos con Conservación Internacional y compra café de organizaciones de Chiapas. El café de comercio justo certificado por FLO se ve competido por un café “responsable” de UtzKapeh, surgido dentro de los protocolos EUREPGAP desarrollado por los grandes distribuidores europeos, y que excluye explícitamente la obligación de pagar un precio mínimo al productor. A este sello se han aliado los grandes emporios torrefactores como Douwe Egberts (rama cafetalera de la corporación Sara Lee y de la importación como Atlantic Coffee).

2.9 Denominación de origen

Muchnick (2006) menciona que diversos productos forman parte del patrimonio cultural de ciertas regiones y países, por ejemplo: el aceite de oliva del Mediterráneo, el arroz perfumado de Tailandia, los vinos de Bordeaux en Francia, los jamones de Extremadura en España, el café de Colombia y el tequila de México.

A nivel internacional se promueven sellos de certificación del origen de diversos productos, principalmente de alimentos y bebidas, estos son las Denominaciones de Origen (DO) y las Indicaciones Geográficas (IG). Estos sellos han comprobado su utilidad en varios productos, especialmente los vinos, los licores y los quesos. El Champagne, el Cognac, el Camembert de Normandie son ejemplos de denominaciones de origen exitosas (Avelino, 2006). En México las experiencias más

conocidas involucran al tequila de Jalisco y la talavera en Puebla, y en forma más reciente al café, con la Denominación Café Veracruz.

Avelino (2006) reporta que estos conceptos implican propiedad intelectual, el artículo 22.1 del acuerdo de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre los Aspectos de la Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ASPIC) que entró en vigor en 1995, define IG como indicaciones que identifican "...un producto como originario del territorio de un Miembro o de una región o localidad de ese territorio, cuando determinada calidad, reputación u otra característica del producto sea imputable fundamentalmente a su origen geográfico". Es una indicación de procedencia calificada, es mucho más que la mención de procedencia del producto. La reputación, calidad o característica del producto debe derivar del origen geográfico.

El mismo autor dice que la Denominación de Origen (DO) se define en el artículo 2 del Arreglo de Lisboa, relativo a la protección de las DO y su registro Internacional (1958), se entiende "...la denominación geográfica de un país, de una región o de una localidad que sirva para designar un producto originario del mismo y cuya calidad o características se deben exclusiva o esencialmente al medio geográfico, comprendidos los factores naturales y los factores humanos". La DO es una IG más exigente. En la DO, el origen en un sentido amplio, incluyendo las prácticas de producción, debe explicar fuertemente la calidad o las características del producto.

A nivel internacional, el concepto reciente de IG incluye el concepto antiguo de DO. El concepto de IG es además el más aceptado a nivel internacional ya que son 148 países los miembros de la OMC (octubre de 2004). En cambio son solo 23 países los que firmaron el Arreglo de Lisboa (febrero de 2005). En este arreglo figuran cuatro países latinoamericanos: Costa Rica, Cuba, México y Perú (Avelino, 2006).

Cabe agregar que estos esquemas de origen son casos de tipicidad del producto, que se define como las características diferenciales del producto que se

encuentran determinadas por el territorio donde se produce o elabora, lo que se concreta a partir de factores culturales y humanos e implica una cierta connotación de la existencia de una tradición asociada al producto (Sanz y Macías, 2005; citado por Renard, 2006).

Avelino (2006) expresa que la base de la DO y de la calidad de los productos agrícolas es el “terroir”, palabra francesa que no tiene equivalente en español, y que retoma la definición de Salette *et al.* (1998), el terroir es un sistema multifactorial en el cual la planta cultivada, las prácticas del hombre y el ambiente interactúan entre sí para dar un producto original.

Lo anterior permite asegurar que la calidad es: i) Resultado de múltiples factores y de una secuencia de efectos; ii) Son las interacciones entre estos factores que cuentan y no tanto los factores en sí; iii) La base de la calidad es el ambiente (fuera del control de los productores); y iv) Un origen es mucho más que un ambiente y se deben incluir los factores humanos a través de las prácticas culturales (son indisociables).

Avelino (2006) comenta que DO e IG requieren una base organizativa sólida y competente, representativa de la colectividad y dotada de las infraestructuras y herramientas necesarias para administrar eficientemente la DO o IG, así mismo, estos dispositivos de origen no están hechos para todas las regiones productoras de café, es simplemente una opción adicional para diferenciarse y que esta al alcance de los países productores. Así mismo, Muchnick (2006) afirma que para la valorización de los productos locales “no se trata de levantar murallas sino de construir puentes, para que los productos con denominación de origen puedan circular en otros espacios sociales y económicos”.

2.10 Investigación y desarrollo

La ciencia tiene mucho que aportar al desarrollo agrícola y rural. El proceso de investigación participativo busca reducir la brecha que separa la realidad de las instituciones de investigación con la realidad de los productores. En este contexto

surge el concepto de investigación – desarrollo, que se concibe como un proceso de integración que involucrará a la investigación misma, al conjunto de actividades de la docencia y la proyección social, que sean ligadas entre sí por relaciones relativamente estables, y que constituyen la dinámica del conocimiento, instrumentados a través de líneas de trabajo y proyectos. La investigación-desarrollo se concibe como un proceso continuo, sistemático y riguroso en conceptos y metodologías para la generación y construcción del saber científico, tecnológico, humanístico y artístico en las diferentes disciplinas, que se articulen al liderazgo de los procesos de desarrollo del entorno social, económico y político (UACH, 2002).

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 El contexto internacional

Desde tiempos remotos, el café ha sido una de las bebidas más importantes, en casi todas las culturas y estratos sociales, e incluso se disputa con otras bebidas tradicionales, como el vino y el chocolate, la distinción de “*la bebida de los dioses*”, en la actualidad su consumo solo es superado por el agua.

Este grano, junto con el petróleo y el algodón, son de los productos básicos o *commodities*¹³ de mayor valor comercial en el mundo, el café representa el segundo producto legal más comercializado después del petróleo (Pendergrast, 2002). En la cosecha mundial 2005-2006, la producción fue de 107 millones de sacos¹⁴, equivalente a 7.5 millones de toneladas, mientras que el consumo se ubicó en 117 millones de sacos¹⁵ (ICO, 2006). La producción mundial para el ciclo 2006/2007 está estimada en 120 millones de sacos de 60 kilogramos, mientras que el consumo fue previsto en 118 millones de sacos (Kovalyova, 2006). El café representa la segunda importación en los Estados Unidos, país que consume el 31 % del café tostado en el mundo (USAID, 2003; EFE, 2004).

El grano es cultivado en 10.2 millones de hectáreas por 25 millones de productores en 56 países que producen un total de 7.76 millones de toneladas de café oro (ICO, 2006; Pohlen, 2006), en la mayoría de las naciones en vías de desarrollo, que se ubican en áreas tropicales y subtropicales (Vandermeer, 2003). Se calcula que unos 125 millones de personas de todo el mundo dependen del café (Osorio, 2005b).

El café es un producto básico muy particular, catalogado de alta sensibilidad, clave del comercio de los países en desarrollo, tiene suma importancia como fuente

¹³ Bienes que son "genéricos", es decir que no se pueden diferenciar entre sí. Son materias primas o bienes primarios que han sufrido procesos de transformación muy pequeños o insignificantes. En los mercados financieros internacionales se clasifican en: a) metales (oro, plata, cobre), b) energía (petróleo, gas natural), c) alimentos e insumos (azúcar, algodón, cacao, café), d) granos (maíz, trigo, garbanzos) y e) ganado (cerdo, bovino).

¹⁴ Cada saco contiene 60 kilos de café oro o verde.

¹⁵ En cien millones de sacos se obtienen medio billón de tazas de café (USAID, 2003).

de ingresos por exportación y de ingresos directos a los productores, así como generador de empleos (Osorio, 2005a).

Para muchos países productores la agroindustria cafetalera representa una fuente significativa de ingresos y la única oportunidad de ingresos en el medio rural. Aproximadamente 34 % de la producción mundial de café y 30 % del área cafetalera mundial se localiza en el Norte de Latinoamérica, un área que se extiende de México a Colombia e incluye el Caribe (Vandermeer, 2003).

El mercado del café ha sido afectado estructuralmente por la producción de Brasil y Vietnam, ambos países produjeron el 45.8 % del total mundial en el ciclo 2004-05 (Instituto FNP, 2006). Brasil¹⁶ es el mayor productor de café en el mundo, y es evidente que determina la oferta mundial del grano, su modelo de producción se basa en el incremento y tecnificación de las plantaciones, con una producción para el ciclo 2005-06, de 41.6 millones de sacos (Reuters, 2006b). El surgimiento de Vietnam¹⁷ como el segundo productor del grano en el mundo fue logrado en tan sólo una década, y se basó en el cultivo de café Robusta, en la cosecha 2005-06 produjo 11.5 millones de sacos y la próxima se estima que obtenga entre 13.5 a 14.5 millones de sacos (Reuters, 2006a).

El Cuadro 2 y la Figura 3 muestran la producción y la superficie de café de los principales países productores.

¹⁶ El rendimiento de Brasil es de 1 040 kg ha⁻¹ con bajos costos, tecnologías avanzadas y procesos bien optimizados (Pohlan, 2006). En el ciclo 2002/2003 registró una cosecha récord con 53.6 millones de sacos de 60kg (Instituto FNP, 2006). El 78 % del café es arábica y el resto es robusta (Castro *et al.*, 2004). En Brasil se estima que más del 90 % de la superficie existente es cultivada a pleno sol (Ricci *et al.*, 2006).

¹⁷ Vietnam, es el segundo productor de café como resultado de las políticas de apoyo internacional, principalmente del Banco Mundial (Salgado, 2006). Según Pohlan (2006), los principales rasgos que caracterizan la producción de café en este país son: cultivo de café robusta (*Coffea canephora* P.), rendimientos muy altos (1679 kg.ha⁻¹), sistemas de cultivo con alta biodiversidad, trabajadores permanentes con nivel educativo aceptable, bajos costos de producción y apoyos gubernamentales con créditos accesibles y precios garantizados.

Cuadro 2. Principales países productores de café verde, ciclo 2005-2006.

Países Productores	Producción (miles de sacos de café verde)	Superficie cosechada (ha)
Brasil	32 944	2 405 250
Vietnam	11 000	500 000
Indonesia	8 340	1 001 603
Colombia	11 000	805 000
México	4 200	664 793
India	4 630	323 000
Etiopía	4 500	260 000
Guatemala	3 675	245 000

Fuente: Elaboración propia con datos de MacDowell (2005) e ICO (2006).

La Organización Internacional del Café (OIC) agrupa 74 países miembros, 30 de los cuales son importadores, con inclusión de todos los miembros de la Unión Europea, el Japón, Noruega, Suiza y los Estados Unidos de América, y 44 países exportadores de África, América Latina y Asia (Osorio, 2005a).



Figura 3. Producción mundial de café en el periodo 2000-2005.

Es importante mencionar que la OIC maneja una clasificación por calidad, entre los países productores, de acuerdo a la especie cultivada y al procedimiento de

beneficiado¹⁸, por ejemplo en el ciclo 2004/2005 registro 15.5% para suaves colombianos, 21.2% para otros suaves (en el cual se incluye México), 32.8% para arábicas no lavados (con el predominio de Brasil) y con el 30.5 los robustas (se incluye el café de Vietnam e Indonesia, entre otros).

3.1.1 Causas de la crisis

De acuerdo a la OIC, la economía mundial del café ha evolucionado en estos últimos diecisiete años de una manera desigual, desordenada y hasta contradictorio (Osorio, 2004). Los países productores que tradicionalmente encontraban en este grano un fuerte pilar para sus economías, en la actualidad la constante baja en los precios han golpeado a este sector.

Es importante mencionar las condiciones que prevalecieron el mercado del café, antes de este periodo de crisis. En este sentido Samper (1999) menciona que el sistema de cuotas que se manejó en el Convenio Internacional del Café, desde principios de los años sesenta hasta fines de los ochenta, permitió reducir las fluctuaciones de precios y mantenerlos a niveles relativamente atractivos para los productores, si bien condujo finalmente a una fuerte acumulación mundial de existencias de grano, al desarrollo de mercados extra-cuotas con precios mucho más bajos, y finalmente condujo a la suspensión indefinida de las cláusulas económicas del convenio en 1989. Durante su vigencia, el acuerdo entre países productores y consumidores, fortaleció el papel de las instituciones¹⁹ que, con mayor o menor participación del sector público y privado, cumplían funciones reguladoras en cada país e impulsaban, asimismo, el mejoramiento del cultivo, transformación y comercialización del café.

Desde 1989 a la fecha, la cafecultura mundial ha estado inmersa en dos profundas crisis (1989-1994 y 1998-2004). Esta última es considerada la más severa

¹⁸ La clasificación se basa en la especie cultivada arábica (*Coffea arabica* L.) o robusta (*Coffea canephora* P.) y al procedimiento de beneficiado, cafés lavados o suaves (vía húmeda) y cafés no lavados, naturales o fuertes (vía seca).

¹⁹ En México el Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), durante el periodo 1958-1993, fue la institución responsable del sector cafetalero nacional.

de la historia, debida a una sobreproducción mundial sin precedentes, ocasionada por las abundantes cosechas en Brasil, el principal país productor y Vietnam, un país productor emergente, que han causado el colapso de los precios del café, cayendo casi 50 por ciento muy por debajo del costo de producción. Esta situación provocó la acumulación de reserva e intensificó la competencia, además del deterioro progresivo de la calidad del aromático, tema central de esta investigación.

Después de la relativa escasez de la oferta que predominó a mediados de la década de 1990 y que se debió principalmente a las condiciones climáticas (las heladas en Brasil), vino un corto período de precios moderadamente elevados que sirvió para compensar por las pérdidas que supuso el colapso, en 1989, del sistema de cuotas del convenio internacional del café. Esa situación, sin embargo, provocó un aumento de la producción que modificó considerablemente la estructura de la oferta mundial y deprimió los precios durante cinco años consecutivos (1998/99 a 2002/03), al grado de considerarse como la peor catástrofe del sector (Osorio, 2004).

De acuerdo a la OIC, la depresión más fuerte en los precios internacionales del café se registró en septiembre del 2001, cuando llegaron a niveles de 47.17 centavos de dólar por libra (Reuters, 2004a).

Aunque los precios han repuntado ligeramente a partir de la cosecha 2003-04, las perspectivas a largo plazo, para la recuperación del precio del café no son muy alentadoras. La crisis actual parece de naturaleza estructural y se modifica con los cambios en la demanda y la oferta (USAID, 2003).

3.1.2 Consecuencias de la crisis

A finales del decenio de 1980 los ingresos que los países exportadores obtenían de café eran de 10 ó 12 mil millones de dólares al año; sin embargo, para el 2003 esta cifra se redujo a 5 mil millones de dólares (Osorio, 2003a). Los precios de los mercados mundiales, que llegaban a un promedio de 120 centavos de dólar EE UU por libra en el decenio de 1980, son ahora de poco más de 50 centavos, que, en términos reales, es su nivel más bajo desde hace 100 años (Osorio, 2003b). Estos

niveles de precios no cubren los costos de producción en muchos de los países productores, lo que ha ocasionado graves consecuencias al sector.

Se ha calculado que en algunos países de África, América Latina y Asia en donde sus ingresos en divisas dependen en gran parte del café las pérdidas de ingresos procedentes del café han más que anulado, en términos de valor, el total de la ayuda recibida (Osorio, 2005a).

En el año 1999, países como Burundi, Etiopía, Rwanda y Uganda dependían del café para más del 50 % de sus ingresos por exportaciones, y la caída de los precios a principios de este siglo ocasionó graves problemas económicos y ha incrementado la ancestral pobreza en muchas regiones de estos países (Osorio, 2003b y 2005a).

En Colombia, el sector cafetalero ha sido el principal motor del desarrollo económico y social, representando la principal aportación a los ingresos procedentes de la exportación. En 2003 la exportación de café aportó casi 890 millones de dólares, cifra que representó casi el 7 % de los ingresos por concepto de exportaciones. Se calcula que el número de familias de las zonas cafeteras que viven por debajo del umbral de la pobreza aumentó, pasando del 54.2 % a 61% entre 1997 y 2000, debido al descenso de la rentabilidad del sector cafetero (Osorio, 2003b).

A inicios de la década de los noventa del siglo pasado, se promovió un modelo de economía de libre mercado, asegurando que generaría numerosos beneficios a los agricultores, sobre todo en sus ingresos. A más de quince años de su implementación los resultados para los pequeños productores en los países en vías de desarrollo, se pueden calificar como catastróficos, con muy pocas excepciones. En la mayoría de los productos agrícolas la caída de los precios ha sido de entre el 50 y el 86 por ciento en los últimos 20 años y el ejemplo más significativo lo constituye el café (Osorio, 2004).

En contraste, mientras en los países en vías de desarrollo se suprimía la intervención gubernamental, los países desarrollados reforzaron la defensa de sus propios sectores de producción agrícola y la ayuda que se les prestaba, por motivos

políticos y sociales principalmente, pero también en algunos casos para que pudiese continuar la disponibilidad de productos de especial calidad (Osorio, 2004).

En este contexto de globalización y neoliberalismo, la disminución de los ingresos ocasionada por la crisis de los precios del café ha generado en la mayoría de los países productores graves consecuencias y desequilibrios económicos, sociales y ambientales, entre ellos la emigración.

La OIC resume las diversas consecuencias de la crisis del sector cafetalero mundial: abandono de fincas, incremento de desempleo rural, disminución en los ingresos fiscales, menos ingresos de exportación; migración de las zonas rurales a las ciudades y al extranjero, menos disponibilidad de recursos para cubrir las necesidades básicas como alimentación, salud y educación, aumento de hogares que viven por debajo del umbral de la pobreza, mayor frecuencia de malnutrición, disminución en la esperanza de vida, más endeudamiento, mayor incentivo para producir cultivos ilícitos; abandono de plantaciones de sombra, que a menudo representan pequeñas superficies forestales; tala de árboles de sombra para madera y sustitución de los cafetales con sombra por otros cultivos menos amigables al ambiente (Osorio, 2004, 2005a)

La situación expuesta con anterioridad tiene consecuencias fatales para muchas familias y comunidades, países enteros sufren el incremento de la pobreza rural, el aumento del desempleo y la acelerada degradación de la tierra. Esta situación es especialmente grave en América Latina, el este y oeste de África y el sudeste de Asia, dado que la mayoría de los cafeticultores o caficultores²⁰, son pequeños propietarios que viven en áreas rurales remotas, y para sobrevivir dependen en gran parte de los ingresos procedentes del café y del trabajo temporal en la cosecha de los frutos. La crisis en este sector provoca pérdida de medios de vida, desequilibrios sociales, migración acelerada hacia áreas urbanas e inestabilidad. Cientos de miles de latinoamericanos que se ganan la vida con este cultivo tradicional han perdido su

²⁰ En México se utiliza tradicionalmente el término cafeticultor, mientras que en Centroamérica se emplea la palabra caficultor, y en Colombia es más frecuente el término cafetero.

principal fuente de ingresos, numerosos productores de café de México, Centroamérica, Colombia y Perú se han visto forzados a abandonar sus territorios ancestrales para migrar hacia áreas urbanas o dejar sus países para ganarse la vida en el extranjero. (Bate, 2002; USAID, 2003; Hernández, 2004). Sólo en Centroamérica se estima que unas 170,000 personas perdieron sus empleos (Prensa Latina, 2004), y en Costa Rica el número de productores se redujo, de 80 mil en 1994 a 60 mil en la actualidad (Associated Press, 2004).

A continuación se citan algunos ejemplos que ilustran la magnitud de esta situación. En El Salvador, el Programa Mundial de Alimentos tuvo que distribuir raciones de urgencia a 10.000 familias productoras de café y se registraron varios casos de mortalidad infantil por desnutrición. Además del impacto social, también se genera deterioro ambiental, por el incremento en la presión hacia los recursos forestales y las zonas con sombra del café son prácticamente las únicas superficies forestales que quedan en este país (Osorio, 2003b). En Colombia los jóvenes migran hacia los centros urbanos y se sustituye el café por cultivos ilícitos o por pastizales, o bien abandonan sus fincas. En Camerún se incremento la emigración hacia las ciudades y aumentaron los porcentajes de criminalidad; en Costa de Marfil se redujo el nivel de cuidado de los cafetos, con la consiguiente pérdida de calidad; así mismo en Etiopía, muchas personas del sector cafetero viven ahora con menos de un dólar americano al día, los productores de café no pueden pagar ni la educación de sus hijos ni los medicamentos básicos, han tenido que reducir también su consumo de alimentos y viven con una escasa comida al día, siendo frecuentes los casos de malnutrición. En Filipinas, los cafetaleros han empobrecido, sus condiciones de vida por debajo de lo normal, los propietarios de tierras no pueden pagar los impuestos y han sido abandonadas muchas fincas. En la India, el café se cultiva por lo general bajo sombra, pero los productores se ven tentados ahora a talar los árboles y venderlos como madera, lo cual crea despoblación forestal y desequilibrio ecológico, sobre todo en la región los Gaths Occidentales considerada una de las 14 zonas ecológicas más delicadas del mundo (Osorio, 2003b).

Otra característica de la globalización y el libre mercado es que ha favorecido una consolidación de un reducido número de empresas comercializadoras e industriales.

3.1.3 Alternativas a la crisis

En el contexto internacional se mencionan diversas estrategias y alternativas para la cafecultura, varias de ellas se enmarcan en el paradigma de la sostenibilidad, incluso la OIC en sus estrategias incluye esta perspectiva. A continuación se mencionan las principales alternativas para el sector cafetalero mundial.

- **Recuperación de los precios del café.** Es esencial comprender que es vital que se recuperen los precios del café porque en la actualidad no hay actividades alternativas viables en muchas zonas cafeteras, porque la destrucción del sector conlleva un costo social inmenso (Osorio, 2004). Existe consenso a nivel internacional en la búsqueda e implementación de mecanismos de mercado que permitan el equilibrio entre la oferta y la demanda. En base a esta consideración y a las severas experiencias de las crisis, las instancias internacionales y nacionales del café deben evitar el impulso a programas que aumenten la oferta sin el correspondiente crecimiento de la demanda (Osorio, 2005a).
- **Mejorar la calidad del café.** La corrección en el desequilibrio entre la oferta y la demanda aumentando el consumo, debe lograrse mediante la mejora de la calidad en el mercado mundial (Osorio, 2003a). La mejora de la calidad del café debe considerarse una medida para mejorar el aprecio del consumidor y el incremento al consumo del aromático (Osorio, 2004).
- **Cafés diferenciados.** Un mercado altamente competitivo y volátil, como el del café, requiere la diferenciación y suma de valor agregado. De esta forma se impulsa la producción y comercialización de los cafés diferenciados que permiten la integración vertical y agregan valor, como son: café orgánico, comercio justo, café de sombra, café para gourmets, entre otros. (Osorio, 2005a).
- **Diversificación productiva.** Promover con apoyos financieros la diversificación productiva para conseguir que disminuya la dependencia excesiva del café, mediante

el apoyo a proyectos viables de diversificación, y que además de una orientación comercial promuevan la seguridad alimentaria de los productores (Osorio, 2005a). Es importante comprender que en muchas de las zonas cafeteras del mundo se tienen fuertes limitantes para implementar actividades de diversificación, debido a factores ambientales (principalmente climas inadecuados y pendientes pronunciadas), de infraestructura disponible y condiciones de mercado (Osorio, 2004).

- **Incrementar el consumo interno.** Incrementar el consumo interno en los países productores de café, promover el consumo del café en los grandes mercados emergentes tales como Rusia y China, y proteger los niveles de consumo en los mercados tradicionales mediante el mantenimiento de la calidad, el desarrollo de mercados especializados y la difusión de información positiva acerca de los beneficios para la salud que reporta el consumo de café (Osorio, 2004).
- **Desarrollo Rural Sustentable y organización de productores.** Apoyar un desarrollo rural sustentable, que fomente la capacidad de elaboración local y las asociaciones de productores, y también medidas para mejorar las facilidades de crédito y la gestión del riesgo (Osorio, 2003a).
- **Difundir los beneficios ambientales del cultivo.** Promover los beneficios ambientales del café bajo sombra como son la captación del carbono y la estabilidad de los suelos (Osorio, 2003b).

No obstante la gama de opciones, la gran mayoría de los productores no se han adaptado a las realidades del mercado, ni han corregido sus costumbres y tradiciones a favor de nuevos retos productivos, de un procesamiento cuidadoso y de la comercialización directa de sus granos (Pohlan, 2006). Es digno de mencionar que los productores de café han demostrado una enorme resistencia y capacidad de aguante, de un modo u otro la mayoría se las han arreglado para sobrevivir y seguir produciendo.

3.2 El contexto en México

En México, el cultivo y consumo del café como bebida, data de la última década del siglo XVIII²¹. Se mencionan tres vías de introducción al país, la primera hacia 1790, en Córdoba, Veracruz, con cafetos procedentes de Cuba, la segunda en 1828 en la región del Soconusco en Chiapas, con materiales de Guatemala, y la última vía de introducción fue en Uruapan, Michoacán, con semillas obtenidas de Moka en el Yemen. A partir de estas regiones pioneras en el cultivo del café, posteriormente se expandió hacia áreas óptimas para su cultivo en las vertientes del Golfo de México y del Pacífico. (Pérez y Díaz, 2000).

Desde sus inicios el cultivo del café fue destinado al mercado internacional, las primeras exportaciones se efectuaron entre 1802 a 1805. 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 (Ramírez, 1988; Pérez y Díaz, 2000). A más de doscientos años de su introducción en México, el café es considerado uno de los cultivos de mayor importancia económica, sociocultural y ambiental.

El café ocupa una superficie de 664 794 ha distribuidas entre 481 084 caficultores, conformando 58 regiones productoras en 12 estados productores, con 404 municipios y 4 572 comunidades del país (Cuadro 3), de este sector dependen tres millones de personas que participan en toda la cadena (UACH, 2005).

Los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero cubren el 92 % de la superficie plantada con este cultivo, el 89 % de los productores y más del 80 % de la producción nacional. (Santoyo *et al.*, 1995; Martínez *et al.*, 2002; CMC, 2002a; FIRA, 2003; ASERCA/CMC, 2004; UACH, 2005).

²¹ El café (*Coffea arabica* L.), el de mayor distribución y consumo tiene su centro de origen en África Oriental (Etiopía y Sudán), su cultivo se inició en Asia (Yemen) y posteriormente fue introducido en América, por los europeos (Pendergrast, 2002).

Cuadro 3. Número de regiones, municipios, comunidades, superficie y productores cafetaleros por estado.

Estados	Regiones	Municipios	Comunidades	Superficie (Ha)	Productores	Superficie promedio (ha)
Chiapas	11	68	977	243,488.32	171,875	1.4
Oaxaca	13	124	771	135,611.21	84,708	1.6
Veracruz	10	82	842	124,451.00	100,158	1.2
Puebla	3	55	625	64,986.28	45,274	1.4
Guerrero	3	14	135	37,122.34	21,121	1.8
Jalisco	1	10	34	2,654.90	1,094	2.4
Querétaro	1	1	3	248.37	295	0.8
Hidalgo	4	25	743	23,582.97	32,346	0.7
Nayarit	1	10	75	16,831.46	5,282	3.2
SLP	2	7	297	13,510.79	16,922	0.8
Colima	1	5	21	1,258.83	800	1.6
Tabasco	1	3	49	1,047.11	1,209	0.9
Total	50	404	4572	664,793.58	481,084	1.4

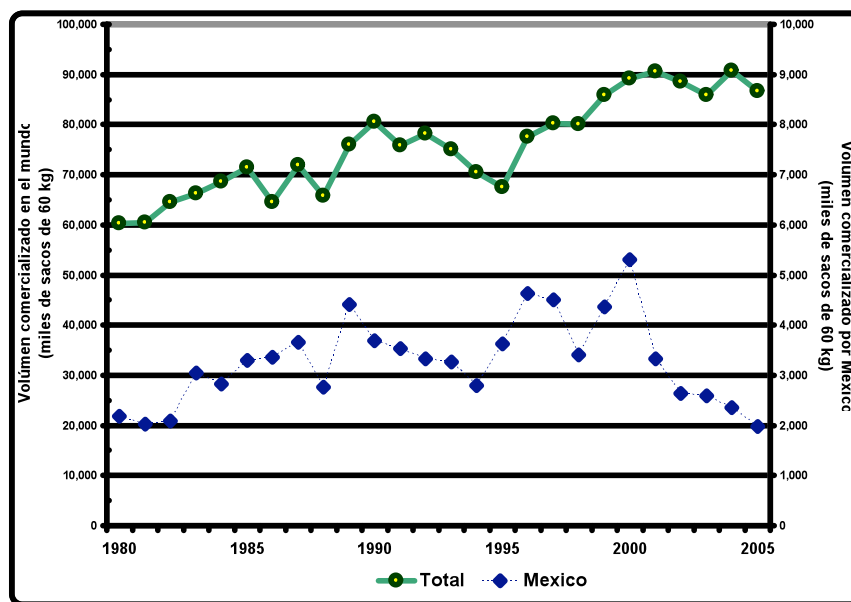
Fuente: SAGARPA. 2005. Diagnósticos estatales, Sistema Producto Café 2005.

La cafecultura se considera una actividad estratégica fundamental en el país, debido a que permite la integración de cadenas productivas, la generación de divisas y empleos, el modo de subsistencia de muchos pequeños productores y grupos indígenas, y en forma reciente de enorme trascendencia ecológica por ayudar a conservar biodiversidad y como proveedor de vitales servicios ambientales al país (Moguel y Toledo, 1999; Escamilla y Díaz, 2002; Vandermeer, 2003).

Este cultivo constituye la fuente de divisas agrícolas más importante para el país, y hasta el año 2000 se coloca en el cuarto lugar mundial como productor del grano; México aportaba sobre el 5 % de la producción, que fluctuaba en alrededor de cinco millones de sacos; sin embargo, su participación en la producción ha ido en descenso alcanzando un 3.32 %, teniendo su producción más baja en los últimos cinco años y ocupando actualmente el séptimo lugar. En cuanto a su participación en las exportaciones la situación es más crítica, ya que ha sido desplazado actualmente hasta el 12º lugar; lo cual no se debe a un aumento del consumo interno, sino a una disminución de la producción exportable (Santoyo *et al.*, 1995; Martínez *et al.*, 2002; CMC, 2002b; FIRA, 2003; ASERCA/CMC, 2004; SAGARPA, 2005).

En cuanto al aspecto económico, este grano es la principal fuente de divisas del sector agropecuario y la cuarta en las exportaciones totales del país, sólo superado

por petróleo, turismo y metalurgia; contribuye con más de la tercera parte de las divisas generadas por el sector agropecuario y es considerado el primer producto agrícola de exportación. Aportó en las últimas dos décadas, el 35% del valor de las exportaciones agrícolas y ocupó el quinto sitio por superficie cosechada, antecedido solo por maíz, frijol, sorgo y trigo (SAGARPA, 2005). La generación de divisas en el periodo 1989-1999, ha tenido 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. La participación del café en el valor total de las exportaciones fue de 0.19 % y de 0.23 % para el 2002 y 2003, respectivamente. En estos mismos años, su participación en el valor de las exportaciones del sector agrícola fue de 9.84% y 9.47 %; siendo en promedio, el principal producto agrícola individual de exportación (FIRA, 2003; SAGARPA, 2005). México exporta el 83 % de la producción nacional, y por su cercanía geográfica, el 81.1 % de las exportaciones son a los Estados Unidos. El resto de mercados para las exportaciones, lo constituyen la Unión Europea con el 15 %, Asia y Oceanía en un 2 % y Sudamérica con el 1 % (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia con datos de ICO (2006)

Figura 4. Producción mundial de café y exportación de café mexicano en el periodo 1980-2005.

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; 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 por la agricultura nacional. También da empleo a personas de Guatemala, más del 60 % de los trabajadores de las fincas chiapanecas, son principalmente de este vecino país del Sur (SAGARPA, 2005).

El café es un cultivo de enorme trascendencia cultural y ecológica. Una parte importante de la producción de café en México, es realizada por población indígena, que representa el 65.5 % de los productores. Esta participación étnica se refleja en 94 municipios cafetaleros presentan mayor población indígena -el 75 % de su población habla una lengua diferente al español-; y en otros 106 municipios la población indígena ocupa por lo menos el 25 % del total. Dentro de este sector están representadas casi 30 etnias que mantienen un patrimonio cultural mediante sus valores, creencias y conocimientos, entre estos grupos sobresalen zapotecos, mixtecos, mixes, mazatecos, totonacos, nahuas, otomíes, tzetzales, zoques, tojolabales, huicholes, chinantecos, choles y chatinos, entre otros (Moguel y Toledo, 1999; SAGARPA, 2005).

En cuanto a tenencia de la tierra entre los productores de café, se presentan diferencias regionales, por ejemplo en Puebla el 90% de los predios son propiedad privada y el 52 % en Veracruz; en contraste en Chiapas y Guerrero son ejidatarios el 62 % y 72 % de las parcelas respectivamente y, en Oaxaca predominan los predios bajo tenencia comunal con el 52% (SAGARPA, 2005).

Una de las características distintivas de la cafecultura mexicana son sus contrastes 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 cafecultor. Así, el 63 % de productores son minifundistas con predios de una

hectárea en producción, mientras en el otro extremo, el 0.6 % de más de 10 ha que poseen el 14% de la superficie cafetalera. Se ha observado que a raíz de las nuevas políticas cafetaleras y el rápido crecimiento de la población rural, el promedio en superficie de pequeños productores ha disminuido sensiblemente, debido al reparto de tierras entre familiares; teniendo ahora parcelas con estratos más pequeños, incrementando con ello el número de minifundistas en el sector. El comportamiento mostrado en el fraccionamiento de las parcelas cafetaleras, se presenta con particularidades en cada uno de los estados (SAGARPA, 2005).

El café se cultiva fundamentalmente en las vertientes de las cadenas montañosas del centro y sur del país, en terrenos con relieves escarpados y bajo la cubierta de un diverso 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, clasificados como sistemas de montaña y policutivo tradicional, condición privilegiada que le confiere una enorme importancia ambiental por ayudar a conservar la biodiversidad y ofrecer diversos ambientales al país (Moguel y Toledo, 1999; Escamilla y Díaz, 2002).

La ubicación de los cafetales en áreas montañosas de topografía accidentada condiciona a que las actividades de manejo del cafetal se efectúen en forma manual. Por otro lado los suelos cafetaleros en México son diversos y debido al relieve la mayoría presentan alta susceptibilidad a la erosión.

En el caso de altitud, se cuenta con una diversidad de zonas, desde las que se ubican casi a nivel del mar, como son predios en Nayarit y San Luís Potosí; hasta aquéllas que tienen una altitud que rebasan los 900 metros. El 21.5 % de las plantaciones se ubican hasta los 600 m, de 600 a 900 m el 43.5 %, y el 35 % restante son parcelas arriba de 900 m. Es importante destacar que el 78 % de los cafetales mexicanos se encuentran arriba de los 600 m, lo que aunado a los microclimas y condiciones locales; permiten una alta calidad de café, aunque la mayor parte se sigue comercializando como café prima lavado y dicha calidad no se ha valorado en toda su magnitud (SAGARPA, 2005).

Los problemas climáticos que en general afectan al sector cafetalero son: sequías, vientos, heladas y granizo. En relación a las heladas, son fenómenos cíclicos que afectan regiones productoras de Puebla, San Luís Potosí, Hidalgo y Veracruz, ubicadas en la parte Norte de la Vertiente del Golfo, una de las más severas se presentó en diciembre de 1989. De manera específica, algunos ciclones han afectado a algunas regiones cafetaleras, como la Tormenta Javier en 1998 y los Huracanes Paulina (1997) y Stan (2005). Problemas de sequía se han presentado en las cosechas 1998/1999 y 2004/2005, con impacto adverso en la calidad y la producción del grano, particularmente en el Estado de Veracruz.

No obstante su relevancia, el sector cafetalero ha estado inmerso en las recurrentes crisis por la caída de los precios en el mercado internacional, la más reciente, en el periodo 1998-2004, es considerada la más severa en el último siglo. A la caída y fluctuaciones de precios en el mercado internacional, la situación interna se profundizo con la aplicación de un castigo histórico a la exportación de café mexicano bajo el argumento de deterioro en la calidad, y por otro lado se autorizo la importación de café de baja calidad (Castillo *et al.*, 2000).

Las consecuencias de esta crisis son diversas y sus repercusiones impactan desfavorablemente al sector, los indicadores más relevantes son la elevada e incontenible migración de productores, el abandono de las plantaciones, el enorme impacto ambiental al sustituir plantaciones de café por otros cultivos más agresivos con el ambiente, los niveles de incidencia de la broca del café, la disminución de la producción y exportación de café mexicano y sobre todo la dramática caída del nivel de desarrollo humano en las regiones cafetaleras (Castillo *et al.*, 2000; Guadarrama *et al.*, 2007).

Pohlan (2006) señala que México desarrolla su cafecultura en regiones montañosas, con pendientes pronunciadas, y una infraestructura frágil, con desventajas y dificultadas tecnológicas. Los rendimientos son bajos $418 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, se contratan jornaleros temporales y bajo nivel educativo que no alcanza la primaria, esto provoca costos altos y no permite una producción rentable.

Como se ha explicado en los apartados anteriores las formas convencionales de generación de valor agregado al café están cambiando en los últimos diecisiete años, debido a las modificaciones en la cadena agroindustrial del grano a nivel nacional e internacional. Guadarrama *et al.* (2007) mencionan que estos cambios influyen en el funcionamiento de la cadena, lo cual lleva a realizar una serie de ajustes en todos los eslabones, desde el cultivo, la transformación y la comercialización, hasta las formas de organización de los diferentes actores para enfrentar estas transformaciones.

Estas modificaciones incluyen: desaparición de las cláusulas económicas de la OIC; reconfiguración de los mercados en base a la calidad del grano y la bebida; desarrollo de novedosas tecnologías de producción, como las técnicas agroecológicas amigables con el ambiente y las aplicaciones biotecnológicas; desarrollo de nichos de mercado de café, como son orgánico, comercio justo, sostenible, gourmet, de sombra o amigo de las aves, denominaciones de origen (Veracruz y Chiapas), por mencionar los más recientes; la valoración ambiental de los sistemas de cultivo con sombra diversa; así como la desregulación del sector en México y la federalización de los recursos económicos para el campo; importancia cada vez mayor del café en los mercados financieros a costa de los mercados físicos; y reorganización política y social de los productores.

Giovanucci y Juárez (2006) mencionan que el sector cafetalero nacional debe estar atento a las principales tendencias mundiales, e identifican las siguientes: crecimiento global de la demanda, impulsada por mercados no convencionales²², tendencia decreciente del precio, las mayores oportunidades se encuentran en la especialización, nuevos estándares fitosanitarios, nuevos estándares sociales y ambientales, y decremento de la participación de la producción primaria en el valor de la cadena.

Los mismos autores identifican retos y fortalezas de la cafecultura, entre los retos señalan el bajo nivel de rentabilidad en los cafetales (los rendimientos promedio

²² En países consumidores emergentes como China, Rusia, India y Corea, el consumo crece rápidamente, mientras que en los consumidores tradicionales el consumo es lento (Giovanucci y Juárez, 2006).

son bajos comparados con sus competidores, mientras que los costos de producción son altos), ante la baja rentabilidad los productores reducen el uso de insumos y la mano de obra, y la calidad genérica del café de México ha disminuido sustancialmente en los últimos ciclos. Por otro lado, mencionan las fortalezas siguientes: el acceso al mercado de los Estados Unidos (el más importante del mundo), tiene un enorme potencial para aumentar el consumo interno, también se tiene un potencial considerable de calidad y la presencia de diversas organizaciones de productores, especialmente en Chiapas, Oaxaca y Veracruz, que exportan directamente a mercados de especialidad y reciben precios significativos, y finalmente México ha sido pionero y líder productor de cafés especiales y diferenciados, como el orgánico y el comercio justo.

Diversas alternativas han surgido y tratan de desafiar esta crisis retomando los aspectos agroecológicos y sociales que distinguen al café mexicano, en particular los mercados diferenciados con cafés especiales de alta calidad, como orgánico, comercio justo, sombra y sustentable; algunas de estas experiencias comerciales han sido sumamente exitosas, además han permitido ubicar ciertos servicios ambientales que generan en nuestro país y que benefician a la sociedad (Pohlan, 2002).

3.3 Los cafés diferenciados

A pesar de que el café como cultivo y producto está estrechamente ligado al mercado y que los pequeños productores han sufrido de manera importante los efectos del libre mercado, la sobreoferta de café convencional o genérico, la comercialización especulativa y de la concentración del capital, se han venido impulsando y desarrollando diversas alternativas para poder superar esta situación desfavorable e incluso poder seguir aprovechando al café como eje de desarrollo comunitario y regional (Pérez G., 2000).

En contraposición al mercado mundial de grandes volúmenes y precios muy bajos, se ha incrementado la demanda por los cafés de calidad, surgiendo el mercado de cafés diferenciados o especiales, como un nuevo paradigma de la

caficultura mundial, de esta forma la calidad se ha convertido en un factor de alta importancia que permite precios más atractivos para los productores. Este mercado tiende a crecer, exigiendo calidad, preferentemente asociada a los principios de sustentabilidad (Anónimo, 2001; Aman, 2002).

El concepto de café especial es de gran amplitud y complejidad, además es dinámico, lo cual dificulta su comprensión, en donde es posible incluir las diversas dimensiones de la calidad, desde los tradicionales atributos físicos y sensoriales del grano y la bebida, hasta los nuevos atributos asociados a aspectos ambientales, sociales y de salud²³, lo cual incrementa la gama de cafés diferenciados. Diversos autores (Lewin *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2006; Bode *et al.*, 2006) consideran la definición de café de especialidad en base a los criterios de la Asociación de Cafés Especiales de América²⁴ (SCAA), que incluye tanto cafés gourmet, como cafés de origen y cafés certificados (comercio justo, orgánico, bajo sombra o amigables con las aves, biodinámicas, sustentables, entre otros.)

Läderach *et al.* (2006) mencionan que un café especial, es un producto café originario de un ambiente de producción (ambiente natural, ambiente de manejo agrícola y ambiente de prácticas de poscosecha) particular que es inherente en la expresión de calidad. La calidad se destaca a través de un conjunto de atributos organolépticos que son requeridos de un mercado de consumidores. Esta definición incluye el componente del ambiente de producción que da una característica particular al café que esta expresado en su calidad de taza y que es requerido en el mercado. No obstante los avances en la definición, Bode *et al.* (2006) señalan que si bien los cafés especiales consideran como un criterio fundamental los atributos sensoriales identificados en la degustación de la bebida; sin embargo, se carece de estándares internacionales reconocidos que permitan un análisis objetivo. Adicionalmente hay una creciente importancia por los atributos simbólicos,

²³ La dimensión de calidad en función de la salud, esta cobrando importancia, principalmente por los residuos de plaguicidas y la presencia de Ocratoxina a (OTA). Las micotoxinas son producidos por algunas especies de hongos y pueden encontrarse en los cereales. En café OTA es producida por *Aspergillus niger*, *A. carbonarius* y *A. ochraceus*, se consideran como potenciales agentes cancerígenos en humanos (Leroy *et al.*, 2006).

²⁴ Specialty Coffee Association (EEUU).

especialmente sellos ecológicos, sociales e indicaciones geográficas, que también se han posicionado como cafés de especialidades.

También se deben considerar las preferencias de los consumidores, Läderach *et al.* (2006) reconocen que un café especial para un mercado Norte Americano no tiene que ser un café especial para el mercado italiano o japonés.

Avelino (2006) reporta que los primeros cafés especiales fueron los de origen y que actualmente 24 millones de personas consumen diariamente cafés especiales, casi inexistente a inicios de los 90. En 1999 la SCAA, estimó la distribución de cafés especiales, de la siguiente forma: perfumados o saborizados 30 %, orígenes puros 25 %, descafeinados 15 %, mezclas 15 %, tuestes oscuros 10 % y orgánicos 5 % (Sallée, 1999). En el 2004, Castro *et al.*, estimaron que el crecimiento del consumo anual de los cafés especiales fue del 5 al 10 %. Actualmente los mercados de cafés diferenciados importan entre 7 y 9 millones de sacos de café verde, es decir del 9 al 12 por ciento de la importación mundial (Giovannucci y Juárez, 2006).

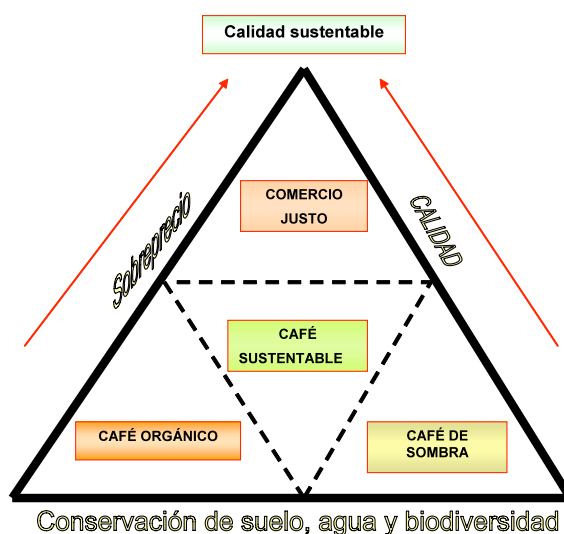
Córdova (2006) reporta que la tasa de crecimiento para los cafés genéricos es de 1.5 %, en cambio para el gourmet entre 5-10 %; el orgánico entre 15-20 %, comercio justo entre 10-15 %. Los cafés orgánicos y de comercio justo son los líderes en el aumento de los cafés de especialidad.

Pohlan (2006) menciona que los cafés especiales han resistido mejor a la crisis del precio del café. Sus peculiaridades, como sus características gustativas, su proceso de producción, sus conducciones de comercialización, o su origen, los convierte en productos especiales, mejor remunerados a nivel del productor, y son buscados por los tostadores y los consumidores. México, Perú y Centroamérica son líderes como productores de estos cafés sostenibles.

En México han tenido éxito el café orgánico y el comercio justo certificado, se mantuvo durante los años anteriores como el principal productor mundial de ambos cafés diferenciados; además, estas experiencias han mejorado la calidad del grano y han permitido ubicar ciertos servicios ambientales que genera el café en el país y

que benefician a la sociedad (Castillo *et al.*, 2000; Pohlan, 2002; Roozen y Vanderhoff, 2002; Moguel y Toledo, 2005).

A los cafés de calidad que combinan certificaciones orgánicas, de comercio justo y de sombra, se les denomina cafés sustentables²⁵. En el año 2001, varias organizaciones cafetaleras, organismos no gubernamentales e investigadores constituyeron el Consejo Civil para la Cafeticultura Sustentable de México (Anónimo, 2001; Pérez G., *et al.*, 2002). En la Figura 5 se muestra el esquema de integración del café sustentable en la perspectiva del café mexicano.



Fuente: García (2005).

Figura 5. Pirámide de diferenciación del café sustentable.

3.4 El café orgánico en México

En este concepto de calidad se exigen respeto al medio ambiente y a la salud de los consumidores (Renard, 2006). Sosa *et al.* (2004) mencionan que un producto orgánico, ecológico o biológico, es aquel cuyo cultivo no utiliza agroquímicos

²⁵ Una importante participación en el mercado de especialidad lo tienen los cafés sustentables, con cuatro esquemas de certificación: Café Orgánico, que tiene el 61.5% del mercado; Comercio Justo, con el 15.4%; Orgánico y Comercio Justo, con el 12.7%; Rainforest Alliance, con el 7.7%; en conjunto Bird Friendly, Orgánico y Comercio Justo, con el 1.4%; y Bird Friendly y Comercio Justo, con el 1.4%. Se estima que el café sostenible representa el 2 % del mercado mundial (Castro *et al.*, 2004).

sintéticos, no genera ninguna forma de contaminación ambiental e involucra una serie de prácticas ligadas a la conservación de los recursos naturales (conservación de la biodiversidad, suelo y agua).

Los mismos autores señalan que la producción orgánica se ha desarrollado en el paradigma de la agricultura sustentable, partiendo del principio de “*satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de responder a sus propias necesidades*”. Esta es una concepción integral que se promueve como marcadora del rumbo hacia donde debe dirigirse la humanidad en su lucha por la sobrevivencia, en armonía con la naturaleza y con que considera los siguientes postulados:

Satisfacer las necesidades humanas fundamentales, en particular de los pequeños productores de café, con alta participación de población indígena.

- Ecológicamente sana, es decir, respetando y mejorando el ambiente a través de buscar técnicas de producción en armonía y equilibrio con la naturaleza, evitando la destrucción de los recursos naturales, en especial de las áreas tropicales y subtropicales.
- Económicamente viable y rentable a largo plazo. Que realmente sea una estrategia económica que permita mejorar el ingreso del productor, a través del sobreprecio que se paga por el café orgánico.
- Socialmente justa y humana, mejorando la calidad de vida de los productores y de la sociedad en general.

México se ubica entre los 15 mayores productores de alimentos orgánicos en el mundo y el crecimiento de la agricultura orgánica se ha caracterizado por su dinamismo en los últimos años. En 1996 ocupaba alrededor de 23 000 ha, en el año 2000 había superado las 100 000 ha, y para el año 2003 se estimaba había alcanzado las 205 000 ha. A principios de Noviembre de 2004, la agricultura orgánica se desarrollaba en más de 400 000 ha cultivadas por más de 100 mil productores. El 85% de la producción orgánica se destina al mercado de exportación que representa más de 200 millones de dólares anuales, con una importante tendencia al incremento

de la superficie cultivada. Esta tendencia se refleja en el incremento del crecimiento de productos orgánicos en los Estados Unidos²⁶. En el país se cultivan más de 45 productos orgánicos, de los cuales el café es el más importante por superficie cultivada. Así mismo, el 98% de la producción orgánica es realizada por pequeños productores que cultivan en promedio 2 ha, con una alta participación de campesinos indígenas organizados, quienes cultivaban 84 % de la superficie orgánica y generaban 69 % de las divisas de este sector (FIRA, 2004; Gómez y Gómez, 2005).

El éxito del café orgánico en México y su espectacular crecimiento se explica de la interacción de varios factores: la presencia de la agricultura tradicional, el conocimiento y la cosmovisión indígena, la constante demanda y acceso a precios premium en el mercado internacional, y en especial del esfuerzo de los propios caficultores orgánicos que han formado recursos humanos en sus organizaciones, como método efectivo de difusión de las prácticas orgánicas (Gómez *et al.*, 2003).

México tiene una creciente participación en los mercados de especialidad, y ocupa el primer lugar en la producción de café orgánico certificado en el contexto internacional. Entre los principales países productores de café orgánico están México, Perú, Guatemala, Kenya, Nicaragua, Tanzania, Brasil, Etiopía, India y Madagascar. Más del 85% del café orgánico se produce en América Latina y es prácticamente café arábico lavado (Sosa *et al.*, 2004; Guadarrama *et al.*, 2007).

El café orgánico es una estrategia productiva orientada a la obtención de café de alta calidad y la protección del ambiente, sin la aplicación de insumos de síntesis química y que se rige por normas de producción y procesamiento, mismas que son vigiladas mediante un proceso de certificación que garantiza al consumidor la adquisición de alimentos de calidad sin residuos químicos, como son fertilizantes y plaguicidas (CERTIMEX, 1998). Surge como una tendencia de los consumidores de

²⁶ En Estados Unidos, el mercado ha experimentado un crecimiento muy rápido desde que el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), implementó el Programa Nacional de Productos Orgánicos en el año 2002. En el 2005, el mercado de alimentos orgánicos alcanzó los 13.8 mil millones de dólares. Esta cifra representa el 2.5 por ciento del total de las ventas de productos alimenticios, comparado con el 2.2 por ciento que se obtuvo el año anterior (Agroinformación.com., 2007).

café, particularmente en Europa del Norte y Estados Unidos, en proteger su salud tomando un producto libre de productos químicos. Los primeros cafés orgánicos datan de los años sesenta, al principio en tiendas naturistas, extendiéndose paulatinamente a otros expendios, supermercados y cafeterías (Sosa *et al.*, 2004).

La producción de café orgánico en nuestro país inicia desde los años sesentas, con la experiencia de la Finca Irlanda en el Soconusco en Chiapas, pero es hasta la crisis cafetalera de 1989-1994, cuando se consolida la producción orgánica al retomarse por las organizaciones cafetaleras, debido a que esta actividad se caracteriza por incluir los conocimientos de la caficultura tradicional, evita el uso de insumos sintéticos procedentes del exterior e intensifica el uso de mano de obra, bajo normas y reglamentos establecidos por agencias certificadoras; de esta manera el café orgánico se integra a procesos organizativos y autogestivos de organizaciones de pequeños productores, aspectos sociales que adicionalmente ha impulsado la creación del comercio justo²⁷ (AMAE/IFOAM/UACH. 1995; Moguel y Soto, 2002; Roozen y Vanderhoff, 2002; García, 2005; Vanderhoff, 2005).

De esta forma los principales productores orgánicos son en su mayoría organizaciones sociales, muchas de ellas en comunidades indígenas, ubicadas principalmente en los estados de Oaxaca y Chiapas. Entre las organizaciones más exitosas están: UCIRI, ISMAM, CEPCO, Beneficio Majomut, MICHIZA, Unión de Ejidos La Selva, Federación Indígena Ecológica, Tiemelonla Nich K Lum, Tosepan Titataniske, Unión Regional de Huatusco, REDCAFÉS, entre otras. (Pérez G., 2000; Jarquín *et al.*, 2006). En 1998, las principales organizaciones de café orgánico de México impulsan la creación de la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos (CERTIMEX), que se ha posicionado como una de las más importantes del país (Gómez *et al.*, 2000; Sosa *et al.*, 2004).

²⁷ El comercio justo, alternativo o solidario, se ubica en la dimensión social de la calidad, debe asegurar condiciones éticas en la comercialización del producto, al pagarse a los pequeños, productores un precio mínimo que cubra sus costos de producción y les asegura cierta ganancia evitando los intermediarios (García, 2005; Vanderhoff, 2005; Renard, 2006).

En 1992, la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) reportó la exportación de 86 250 sacos de 60 kg, que significó el 20 % de la producción mundial de café orgánico (Sosa *et al.*, 2004). Gómez C. *et al.* (2000) reportan una superficie de 37 941.20 ha de café orgánico y 18 322.54 ha en transición, para un total de 56 263.79 ha, que representa el 8.28% de la superficie cafetalera nacional, donde participan 18 011 productores con una producción de 37 696.74 toneladas, con un valor de la producción de \$68 022 238.83 (pesos mexicanos) y generan divisas por 27 082 102.16 (US \$).

En el 2002, México aportó el 66 % del total mundial con una producción de 47 461 t de café orgánico. En el ciclo 1996/1997, se cotizó 36 dólares arriba del precio por quintal del café convencional y en la cosecha 2004-2005, no obstante el repunte de los precios en el mercado internacional, se mantuvo con un sobreprecio mayor de 10 dólares. Los principales destinos del café orgánico son: Estados Unidos, Alemania, Holanda, Holanda, Suiza, Japón, Italia, Dinamarca, España, Francia, Australia, Inglaterra y Bélgica (FIRA, 2003; CMC, 2003).

Se estima que en la cosecha 2002-2003 América Latina produjo 58,551 tm y exportó 53,655 tm, con México como primer productor (23,934 tm) de café verde orgánico certificado (Castro *et al.*, 2004). En el ciclo 2002-03 el comercio de café de comercio justo ascendió a 400 mil sacos en la unión Europea y 240 mil en Estados Unidos (Algra, 2004, citado por Córdova, 2006). Ambos sellos en este ciclo lograron exportar 10,000 tm. El café verde orgánico logra vender entre \$ 0.72 y 0.78/lb, el café FLO (Fairtrade Labelling Organization International) Orgánico tiene un precio entre \$1.39 y \$ 1.41 la libra. (Castro *et al.*, 2004).

Estos cafés diferenciados representan una extraordinaria oportunidad para la cafecultura mexicana por la tendencia mundial creciente a favor de la agricultura ecológica y los cafés de especialidad, con una demanda mundial que supera a la oferta. Se estima que entre el 2006 y el 2010 los índices de crecimiento del café orgánico serán de 10 a 20 % al año (CCA, 1999). Sin embargo, este dinámico sector requiere la contribución de la investigación que brinde apoyo científico y técnico. Las

necesidades de investigación y desarrollo del sector cafetalero orgánico son diversos, entre las más importantes están el incremento de los rendimientos, la reducción en los costos de producción y el mejoramiento de la calidad del grano y la bebida, factores asociados con el proceso de producción, beneficiado y comercialización.

3.5 Calidad del café

En los últimos 40 años la calidad del café sufrió un deterioro gradual, debido a que se priorizó la cantidad sobre la calidad. Dos factores determinaron esta situación, por un lado el modelo de Revolución Verde basado en los enfoques productivistas que permitieron el incremento de los rendimientos en campo y la reducción de los costos de producción. Por otro lado el sistema de cuotas que prevaleció en el mercado internacional en 1962 a 1989, también promovió el deterioro de la calidad del café, pues prácticamente no ofrecía estímulos para producir grano de calidad (Díaz *et al.*, 2000). Por consiguiente, los esfuerzos en los países productores se enfocaron hacia los incrementos en la productividad y dejaron de lado a la calidad.

El énfasis por mejorar la calidad del café es reciente. Se intensificó a partir de la crisis en el periodo 1989-2004, ante la sobreoferta del grano en el mercado internacional y la posibilidad de producir granos de café que respondieran a los diferentes nichos de mercado.

Bode *et al.* 2006 y Läderach *et al.* 2006, señalan que la investigación y transferencia de tecnología en el sector cafetalero mundial se orientaron en las últimas décadas hacia el aumento de los rendimientos; sin embargo, la visión hacia futuro debe buscar una taza de excelencia, por lo que serán necesarios, en los países productores, estudios sobre criterios, factores e interacciones que influyen en la calidad del grano, sus ingredientes aromáticos y su trazabilidad.

En México se empezó a valorar la calidad del café y a generar conciencia sobre su importancia, a raíz de la fuerte sequía ocurrida en el primer semestre de 1998, que disminuyó la calidad del grano en varias regiones y ello se tomó como pretexto

por parte de las empresas trasnacionales que comercializan en el país, para aplicar castigos históricos de 20 a 40 dólares por cada 100 libras de café exportado, a partir de la cosecha 1998-1999; estos castigos se mantuvieron, con menor intensidad, en los ciclos posteriores (Castillo *et al.*, 2000). Estos brutales e injustificados castigos al café mexicano profundizaron la situación de crisis, que ya vivía el sector, e impactaron drásticamente al campo cafetalero.

En México se encuentran diversidad de condiciones ambientales y agroecosistemas cafetaleros en las 58 regiones productoras, y la mayor parte de ellas tienen potencial para producir café de calidad suficiente para ingresar a los mercados de especialidad y así obtener mejores precios en el mercado mundial. Una ventaja competitiva de la cafecultura mexicana, con respecto a los mayores productores del grano como Brasil, Vietnam y Colombia, es el predominio de variedades tradicionales de *C. arabica*, el cultivo orgánico bajo sombra y a altitudes adecuadas con temperaturas frescas, condiciones que deben evaluarse en las principales regiones cafetaleras. Así mismo, Fernández (1997) y Herrera (2005) afirman que en México hay cafés arábigos de excelente calidad, como los de Jaltenango, Chiapas, Coatepec, Veracruz, Pluma Hidalgo, Oaxaca, Naturales de Atoyac de Álvarez, Guerrero, así como los Maragos que se producen en Chiapas y Puebla, entre otros; todos ellos merecen ser reconocidos por un Sistema de Origen Controlado, y se asemejan a productos como Blue Mountain de Jamaica, Tarrazu de Costa Rica y Antigua de Guatemala.

En un contexto internacional de fuerte competencia comercial, uno de los principales desafíos de la cafecultura es buscar el reconocimiento de la calidad del café mexicano en el exterior. De esta manera, la calidad se encuentra actualmente en el centro del debate y de las propuestas para enfrentar la crisis del sector y como estrategia para posicionarse en los nuevos mercados o mantenerse en los actuales. Sobre la necesidad de elevar la calidad del aromático se ha creado un consenso en los diversos círculos y agentes dedicados a su producción, transformación y comercialización así como en las instituciones relacionadas con el sector. Ello involucra la reorganización de la producción bajo este nuevo enfoque y la realización

de las actividades que conformen una estrategia para fundamentar, registrar, certificar, valorar, mantener y mejorar, defender y promocionar la calidad del café mexicano para la comercialización internacional y nacional.

La tendencia al aumento del consumo de café de alta calidad obliga a una selección más estricta hacia la calidad del producto. Esta estrategia debe partir de estudios científicos y técnicos sobre los factores que influyen en la calidad del café mexicano en las diferentes regiones productoras. De esta manera las instituciones de investigación relacionadas con el sector cafetalero nacional que tradicionalmente habían dirigido sus esfuerzos hacia el incremento de rendimientos y la reducción de costos de producción, tuvieron que incluir a la calidad como una prioridad en sus estudios. La Universidad Autónoma Chapingo (UACH), el Colegio de Postgraduados y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) a partir del año 2000 iniciaron estudios sobre la calidad del café en las regiones productoras de Veracruz (Martínez *et al.*, 2002). Estos estudios los ha continuado la UACH y han permitido, conjuntamente con el Consejo Regulador del Café Veracruz A. C., definir en forma preliminar las subdenominaciones de origen para el café del estado de Veracruz (Pérez *et al.*, 2005).

3.6 Café con denominación de origen

Fernández (1997) menciona que las denominaciones de origen²⁸ se han planteado como una manera de lograr que el café mexicano acceda a los mercados de especialidad y adquiera un precio justo, y que tales denominaciones se relacionan con la identificación del espacio geográfico donde hay condiciones ambientales que propicien una buena calidad, las normas que se deben seguir en la producción y beneficiado, y las especificaciones del producto obtenido (aspecto del grano y sabor de la bebida). Sin embargo, Renard (2006) afirma que en una denominación de

²⁸ De acuerdo al Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), en el país se cuentan en la actualidad con las denominaciones de origen para los productos siguientes: Tequila; de Jalisco, Nayarit, Tamaulipas, Michoacán y Guanajuato. Olinalá; de Guerrero. Mezcal; de Guerrero, Oaxaca, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí. Talavera; de Puebla y Tlaxcala; Bacanora; de Sonora. Café de Veracruz; Veracruz. Ámbar de Chiapas; Chiapas. Charanda, de Michoacán. Sotol; Chihuahua, Coahuila y Durango. Mango Ataulfo; de Chiapas de Soconusco. y Café de Chiapas; Chiapas (González, 2007).

origen es más que una simple asociación ambiente-producto, porque establece una relación estrecha entre las propiedades físicas y sensoriales del producto y su “terruño”, definido este último como la mezcla del medio ambiente y de un saber-hacer.

En México se cuenta hasta la fecha con las denominaciones de origen de Café Veracruz y Chiapas, y se está implementando la de Pluma Hidalgo, Oaxaca. Aunque Renard (2006) considera inapropiadas las denominaciones de origen para cafés de México, que se refieren a estados del país como Veracruz, Chiapas y Oaxaca, que abarcan múltiples regiones de producción con diversas tradiciones, notoriedades e historias con microclimas muy variados y con productos diversos entre sí por su mismo “origen”. Esta situación limita establecer relaciones inequívocas entre las calidades sensoriales y el origen, y las mismas denominaciones pierden su capacidad de generar valor.

Renard (2006) agrega que estas denominaciones de origen se han elaborado con criterios y razones políticas, y no responden a las exigencias de reconocimiento de las Denominaciones de Origen de la Unión Europea. Para que la calidad adquiriera ventaja comparativa, se tiene que construirla y gestionarla hasta lograr su reconocimiento en el mercado. La construcción de nichos de mercado alrededor de calidades específicas es un proceso colectivo que busca su reconocimiento por los consumidores mediante signos de calidad y procedimientos de calificación privados o públicos.

3.7 Factores que determinan la calidad del café

Considerando la creciente tendencia hacia el consumo del café de calidad, es fundamental conocer los factores que influyen en ella. La calidad del café es un asunto complejo, y su definición depende de la posición que guardan los agentes que intervienen en la cadena de producción y comercialización, y su expresión está determinada por múltiples factores, como son los genéticos (genotipo), las

condiciones ambientales²⁹, el manejo del cultivo³⁰, la forma de cosechar, el beneficiado del producto³¹ (postcosecha) y su almacenamiento, así como el proceso de tostado y molido, la preparación de la bebida (agua, temperatura y equipo) y finalmente el gusto y las preferencias del consumidor. Todos estos factores interactúan para formar un conjunto en el cual es difícil determinar el componente más importante, pues cada uno puede demeritar, modificar y aportar cualidades distintas (Castillo y Moreno, 1988; Santoyo *et al.*, 1996; Guyot *et al.*, 1999; Wintgens, 2004; Pohlan, 2006; Leroy *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2006; Läderach *et al.*, 2006).

Läderach *et al.* (2006) citan a autores que opinan que la calidad del café está determinada por el ambiente y el genotipo, y que los factores de manejo agronómico y las prácticas de cosecha solamente ayudan a preservar dicha calidad (Fajardo-Peña y Sanz-Uribe, 2003; Camargo, 1997); también reporta a otros autores que afirman que no hay café de baja calidad sino que todo depende de las prácticas de cosecha y postcosecha (ICO *et al.*, 2000). Martínez *et al.* (2006) mencionan que la calidad de la bebida se obtiene en el campo, al momento de cosechar los frutos maduros, y que puede perderse en el proceso industrial, transporte, almacenamiento, e inclusive en la preparación de la bebida.

El conocimiento de las interacciones entre los factores ambientales y la calidad es clave para mejorar la calidad del café en una finca. Clasificar los factores en diferentes grupos puede ayudar a identificar a los que pueden controlarse (prácticas agrícolas y procesos de postcosecha) y a los que no son controlables directamente, como los ambientales (Läderach *et al.*, 2006).

²⁹ Factores ambientales: altitud, suelos, clima, precipitación, meses secos, temperatura promedio anual, exposición solar, humedad relativa, orientación y pendiente.

³⁰ Factores agronómicos: sombra, distancia de plantación, poda, nutrición, enfermedades y plagas, y cosecha (método de cosechar y madurez de las cerezas de café).

³¹ Factores post-cosecha: en el beneficio (despulsar, desmucilaginar, fermentar, lavar y secar); proceso industrial (moler y tostar) y almacenamiento (durante el transporte y en el embalaje final).

3.7.1 Factores ambientales

3.7.1.1 Clima. El clima es el resultado de numerosos factores y elementos que actúan conjuntamente en una determinada región. La calidad del café está relacionada con los factores y elementos del clima; entre los factores que más influyen en la calidad están la altitud y la latitud, y los elementos más importantes son temperatura, humedad, precipitación, heladas y vientos (Wintgens, 2004).

3.7.1.2 Altitud y latitud. Un clima adecuado para el café depende de la latitud y la altura sobre el nivel del mar, ya que por cada 100 m de altitud la temperatura disminuye 0.6°C y se ha documentado ampliamente que la altitud tiene una influencia importante en las características del café (Wintgens, 2004). Santoyo *et al.* (1996) reportan que a nivel mundial, y particularmente en México y Centroamérica, existen clasificaciones de calidad en función de la altitud. Por ejemplo, en México la clasificación de calidades se basa en este factor, definiendo cuatro calidades: i) <600 m, buen lavado, ii) 600-900 m, prima lavado, iii) 900-1200 m, altura y, iv) >1200 m, estrictamente altura. Sin embargo, los mismos autores mencionan que estas altitudes deben ajustarse y corregirse según las latitudes y las condiciones ambientales específicas. Mientras en México los mejores cafés se ubican entre 900 y 1500 m, en países como Colombia la proximidad a la franja ecuatorial modifica esta situación, y en sus condiciones los cafés de mejor calidad se ubican a mayores altitudes. Por ejemplo, Läderach *et al.* (2006) reportan que en una región de Colombia las altitudes entre 1800 y 2000 m es donde se determinaron las mejores calidades.

En efecto, la altitud es un factor determinante en la calidad, ya que la mayor altura sobre el nivel del mar incrementa la densidad y dureza de los granos, así como el grado de acidez, aroma, sabor, fineza y cuerpo por lo que los granos y la bebida son más apreciados. En altitudes menores, con temperaturas y humedad más elevadas la maduración es más rápida, lo que ocasiona efectos negativos en el sabor y en las características físicas del grano. Sin embargo, en granos producidos a alturas muy elevadas la acidez tiende a bajar (Guyot *et al.*, 1999; Wintgens, 2004; Herrera, 2005; Regalado, 2006).

En Guatemala los cafés de zonas bajas se describen como sigue: predominan los cafés semiduros, con características de cuerpo y acidez ligera, aroma suave y fineza regular. En cambio, para zonas altas prevalece un tipo estrictamente duro, cuerpo completo, acidez ligera, aroma fragante y con presencia de fineza (Figueroa *et al.*, 1999).

También se ha reportado influencia de la altitud en la composición química de los granos. Guyot *et al.* (1999), determinaron en Guatemala un efecto favorable de la altitud en la composición química de los granos, porque se incrementan los contenidos de sacarosa y cafeína, y disminuye el contenido de grasas. En cambio Leroy *et al.* (2006) reportan que los contenidos de ácidos clorogénicos y grasa tienden a incrementarse con la altitud en *C. arabica*.

3.7.1.3 Vertientes. Avelino (2006) reporta el efecto de las vertientes sobre la calidad de la bebida en dos regiones de Costa Rica, Dota hacia el Pacífico y Orosi hacia el Caribe. Las vertientes orientadas hacia el este presentaron generalmente características sensoriales superiores, posiblemente por su mejor exposición al sol matutino. Esta situación debe tener un efecto muy importante sobre la calidad del café en las regiones productoras de México, sobre todo las grandes diferencias ambientales que caracterizan a la vertiente del Golfo (más húmeda) y la del Pacífico (más seca).

En Colombia, Läderach *et al.* (2006) encontraron diferentes combinaciones de factores y rangos que influyen en la calidad; por ejemplo, un factor como la altitud no siempre tiene la misma importancia, y en combinación con una orientación al norte puede ser más importante que en combinación con una orientación al sur o al oriente. Estos autores concluyen que la calidad de café en taza no solamente varía de nicho a nicho ecológico, sino también entre sus rangos correspondientes.

3.7.1.4 Temperatura. Descroix y Snoeck (2004) mencionan que las especies del género *Coffea* son de naturaleza tropical y subtropical, debido a que no tienen la capacidad de sobrevivir en temperaturas bajo cero. La sensibilidad al frío o al calor varía entre especies: en *C. arabica* la temperatura óptima media oscila de 18°C en la

noche a 22°C en el día, y las extremas son 15°C por la noche y 25 a 30°C por el día. Temperaturas superiores a 25°C causan reducción de la fotosíntesis, la exposición prolongada a temperaturas arriba de 30°C produce clorosis de la hoja y flores anormales de tipo “estrella”, así como frutos defectuosos; además, las temperaturas altas favorecen la incidencia de enfermedades como la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) y de plagas como la broca (*Hyphotenemus hampei* F.). En contraste, temperaturas por debajo de 2°C causan serios daños al cafeto y pueden llevarlo a la muerte, y ocasionan daños parciales o totales en los granos, que se consideran dañados o helados (Regalado, 2006).

Regalado (2006) menciona que los climas templados, asociados con mayores altitudes, favorecen la calidad, en particular los atributos de acidez y aroma, y en menor intensidad los del cuerpo, lo que en conjunto permite un agradable sabor al paladar. Vaast *et al.* (2004), encontraron que en altitudes mayores, con temperaturas por abajo de 22°C la productividad del café se reduce aproximadamente en 20%, pero esto se puede compensar con la disminución de la alternancia de la producción y los incentivos en mejores precios por la calidad. En contraste, en climas cálidos y húmedos la productividad se incrementa, pero generan una influencia negativa sobre el sabor de la bebida de café.

Martínez *et al.* (2004) y Pérez *et al.* (2005) encontraron en Veracruz que la temperatura influye en la calidad en taza, en aroma y acidez, y proponen una clasificación por calidades: i) A temperaturas mayores a 22°C se producen cafés de menor calidad; ii) De 19 a 22°C son cafés de mediana calidad; y iii) Con temperaturas menores a 19°C se obtienen cafés de alta calidad. Estos autores consideran que si bien en varios estudios se señala a la altitud como un factor importante en el comportamiento de ciertos atributos del café, en el contexto ecofisiológico proponen a la temperatura como una variable de mayor confiabilidad en los estudios regionales sobre calidad, en particular cuando se trata de comparar muestras de café de varias regiones del mundo que se encuentran en diferentes latitudes.

En los mencionados estudios realizados en Veracruz, se encontró una correlación negativa entre la altura sobre el nivel del mar y la temperatura media anual (-0.98) y se determinó el efecto de esta última variable sobre las características de la bebida. Se observó que a medida que la temperatura disminuye la acidez de la bebida se hace más intensa, siendo más marcado tal efecto negativo en el intervalo donde ocurren las temperaturas más altas (Pérez *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2006).

En una región de Colombia, Läderach *et al.* (2006) obtuvieron resultados similares, pues determinaron que las temperaturas promedio anuales entre 16 y 18°C son las más favorables para la calidad, ya que entre 19 a 20°C hubo efectos desfavorables.

Por la naturaleza multifactorial de la calidad no es posible atribuir a la altitud una influencia directa sobre la calidad física y sensorial. Diversos estudios han confirmado que la altitud está relacionada con las temperaturas y los niveles de cobertura arbórea, porque tienen un efecto favorable en el tostado, en el molido y en los atributos sensoriales, particularmente en la acidez y el aroma. También se ha encontrado que el factor altitud no parece desempeñar el mismo papel en todas las variedades de *C. arabica* (Avelino *et al.*, 2002; Buenaventura y Castaño, 2002; Martínez *et al.*, 2004; Wintgens, 2004; Vaast *et al.*, 2005).

3.7.1.5 Humedad. La humedad relativa y la lluvia influyen sobre el crecimiento de los cafetos y la incidencia de plagas. El café requiere de lluvias suficientes y con una distribución adecuada durante el año. El periodo de sequía disminuyen la actividad fisiológica de la planta, y si se presenta en forma severa entre la 6ª y 16ª semana después de la fecundación ocasiona una gran cantidad de granos vanos y los frutos que se desarrollen serán de tamaño más pequeño, por lo que la calidad de la cosecha y su valor en el mercado también disminuirán (Santoyo *et al.*, 1996; Wintgens, 2004). Regalado (2006) reporta que periodos prolongados de sequía provocan desequilibrios en la fisiología del cafeto y producen granos vanos y negros.

Descroix y Snoeck (2004) señalan que la humedad atmosférica o humedad relativa (HR) del aire tiene una influencia muy marcada en el comportamiento de los

cafetos y la calidad. En el *C. arabica* la HR más adecuada es 60%, y niveles constantes de 85% pueden demeritar la calidad.

3.7.1.6 Heladas y granizo. Las heladas y el granizo dañan las plantas y las cerezas, lo que puede afectar la calidad final del café verde. Ambos elementos del clima tienen una influencia importante en la cantidad y calidad de la cosecha. Las heladas tienen un impacto directo en la producción del año en que se presentan al reducir su valor comercial ya que el tejido del fruto muere y el grano se oscurece. Si son muy severas, pueden afectar la producción de los años subsecuentes al obligar al rejuvenecimiento o renovación de la planta (Santoyo *et al.*, 1996; Wintgens, 2004).

3.7.1.7 Vientos. Los vientos fuertes como los ciclones o tornados no son convenientes para el cultivo de café, ya que causan defoliaciones o ruptura de las ramas, pero un viento ligero mantiene un buen intercambio gaseoso en el follaje. Este factor debe tenerse muy en cuenta al establecer una plantación, para tomar las precauciones debidas como el uso de protección topográfica, crear barreras rompe viento, y seleccionar plantas de café resistentes a las quebraduras. También es necesario tomar en cuenta a los vientos alisios, brisas de mar o de tierra, pues pueden causar daños por evapotranspiración excesiva, manchas en las flores y en frutos cercanos a la madurez, para lo cual es conveniente el uso de árboles de sombra y barreras rompevientos (Descroix y Snoeck, 2004). Avelino (2006) menciona que el clima puede variar de un año para otro, y para el café no se sabe que tanto pueden afectar la calidad las variaciones interanuales de clima.

3.7.1.8 Suelos. Los estudios sobre la influencia del suelo en la calidad del café son escasos, aunque se considera que las características de textura, profundidad, pH, contenido de materia orgánica y fertilidad del suelo están relacionadas con la cantidad producida, aunque las restricciones en estos aspectos se pueden reflejar en la calidad. A nivel mundial se acepta que los cafés de mayor acidez crecen sobre fértiles suelos volcánicos (Harding *et al.*, 1987, citado por Leroy *et al.*, 2006).

Se han reportado algunos efectos de los nutrientes del suelo sobre la calidad del café; por ejemplo, la deficiencia de boro incrementa considerablemente el

porcentaje de granos vanos, mientras que la deficiencia de hierro en suelos alcalinos puede producir granos de coloración defectuosa (Santoyo *et al.*, 1996). El zinc participa en la formación de almidones y en la formación de semillas, y su deficiencia conduce a la producción de semillas de café pequeñas y una bebida “pobre” (Wintgens, 2004). También los excesos pueden ser nocivos para la calidad; Mendoza (1995) y Wallis (1967), citados por Martínez *et al.* (2006) reportan que el nitrógeno y el potasio en concentraciones altas afectan negativamente la calidad de la bebida.

Martínez *et al.* (2006) reportan la influencia del suelo en la calidad del café en regiones de Veracruz; de once elementos nutrimentales evaluados, encontraron influencia en tres de ellos, el nitrógeno en concentraciones mayores a 0.25 % incrementa el peso del fruto; el fósforo en concentraciones mayores a 200 mg.kg⁻¹ de suelo produce una bebida más ácida; y el potasio en concentraciones inferiores a 100 mg.kg⁻¹ de suelo propicia menor cantidad de frutos manchados.

Pérez *et al.* (2005) en un estudio sobre las subdenominaciones de origen del café en Veracruz reportan que no encontraron correlación significativa entre las características químicas del suelo y la intensidad de los atributos del café. Sin embargo, determinaron que los perfiles de sabor están relacionados con los tipos de suelo; por ejemplo, en suelos derivados de calizas (Rendzinas) se definen perfiles cuyas notas más frecuentes se encuentran en el subgrupo de las Nueces, mientras que en zonas de origen volcánico (Andosoles) los perfiles de sabor están asociadas con el subgrupo de los Chocolates.

3.7.2 Factores genéticos

El género *Coffea* incluye más de cien especies diferentes con gran variación en su composición química (Clifford, 1985). *C. arabica* y *C. canephora* han recibido mayor atención por su importancia comercial. Diferencias importantes en la composición química de estas dos especies se han reportado, en particular en: pH, contenido de minerales, grasas, cafeína, ácidos clorogénicos, trigonelina, oligosacáridos y polisacáridos totales (Leroy *et al.*, 2006; Wintgens, 2004). Se reconoce que el genotipo es uno de los factores que más influye en la calidad física y

sensorial del café, relacionado en gran medida con el tamaño, la forma y el color del grano, así como con la composición química y el sabor de la infusión (Cléves, 1998; Wintgens, 2004).

3.7.2.1 Tamaño del grano. El factor genético influye en el tamaño de los grano, En *C. arabica* los granos son más grandes y densos que los de *C. canephora* o robusta, 100 granos de la primera pesan entre 18 y 22 g, en cambio de robusta pesan entre 12 y 15 g (Wintgens, 2004). Dentro de los genotipos de *C. arabica*, pueden identificarse cuatro grupos importantes de materiales: las líneas puras de porte alto como Typica y Borbón, que son las variedades tradicionales de mayor importancia comercial en México; las líneas puras de porte bajo, como Caturra y Catuaí, variedades generadas principalmente del híbrido de Timor (denominados Catimores y que han originado a las variedades comerciales con resistencia a la roya) y finalmente los genotipos silvestres de la región Sudán-Etiopía. En estos materiales se ha descubierto que la productividad tiene un comportamiento inverso con la calidad; por ejemplo, la variedad Maragogype que tiene una baja productividad pero con un alto porcentaje de granos grandes que son muy apreciados en el mercado, e incluso reciben un importante sobrepeso (Zamarripa y Escamilla, 2002; Leroy *et al.*, 2006).

Castillo y Moreno (1988) mencionan que entre las variedades comerciales cultivadas de *C. arabica* en Colombia, los cultivares Típica (70 % de café supremo) y Borbón (50 % de café supremo) representan los extremos en la variación, en el tamaño del grano, mientras que la variedad Caturra tiene un tamaño de grano intermedio (53 %).

3.7.2.2 Forma del grano. Esta característica es resultado de los factores genéticos y ambientales. La forma normal del grano es plano-convexa y se denomina planchuela; las formas anormales son diversas, y se pueden identificar caracoles, triángulos, elefantes (monstruos), conchas y vanos, las cuales son consideradas como defectuosos (Wintgens, 2004). Por ello la mayor proporción de grano planchuela asegura la calidad.

Castillo y Moreno (1988) reportan las proporciones de anomalías que se presentan en las variedades comerciales de *C. arabica* cultivadas en Colombia granos vacíos (2.0-6.9 %), granos caracoles (6.1-10.8 %), granos triangulares (0.4-9.4 %) y granos monstruos (0.3-2.3 %).

En las regiones cafetaleras de Veracruz, Martínez *et al.* (2004, 2006) encontraron que la variedad influye sólo en la forma del grano, la variedad Typica tiene la mayor proporción de granos planchuela con el 90 % y en contraparte presenta menores porcentajes de granos con forma de triángulo (1.5 %) y elefante (0.2 %), y supera en calidad a las otras variedades comerciales.

3.7.2.3 Color del grano. Está relacionado con las especies cultivadas. *C. arabica* presenta granos de color verde-azulado, y *C. canephora* produce granos de color más café. Entre variedades arábicas no se presentan diferencias significativas en color (Santoyo *et al.*, 1996).

3.7.2.4 Composición química. Las diferencias más notorias se encuentran en los contenidos de cafeína. *C. canephora* tiene entre 1.6 y 2.4 %, en cambio *C. arabica* tiene menos, entre 0.9 y 1.2 % (Wintgens, 2004). Anthony *et al.* (1999) reportan la ausencia de cafeína en los granos de *C. pseudozanguebariae* y en la mayoría de las especies malgaches, materiales promisorios para ser incluidos en programas de mejoramiento genético. Dentro de las variedades arábicas se reporta a la variedad Maragogipe con un contenido de 0.6 % (Wintgens, 2004). También se han identificado mutantes de *C. arabica* con bajos contenidos de cafeína, como la variedad Laurina (0.6 % dm), y en forma más reciente en Brasil se han encontrado materiales etíopes con trazas de cafeína (Silvarolla *et al.*, 2004, citado por Leroy *et al.*, 2006).

3.7.2.5 Atributos organolépticos o sensoriales. La especie *C. arabica* produce una bebida suave que posee aroma fuerte, con bastante acidez, cuerpo liviano o medio y poco amargor. En contraste, *C. canephora* (café robusta) que se considera de calidad inferior, posee aroma débil, acidez baja, cuerpo fuerte y muy amargo, y es destinado para la elaboración de cafés solubles (Wintgens, 2004; Regalado, 2006).

En evaluaciones realizadas sobre los atributos sensoriales del café en Colombia se observó que la variedad Bourbon presenta un amargor bien equilibrado y excelentes características organolépticas. En el café Caturra predomina la acidez, amargor, cuerpo y aroma pronunciados. La variedad Típica muestra características muy suaves y equilibradas en todas las cualidades (Puerta, 1998).

La calidad de las variedades es un punto actualmente muy controversial. Bajo el modelo de revolución verde se desarrollaron nuevas variedades de café, con elevada productividad que permitió incrementar los volúmenes de producción (Zamarripa y Escamilla, 2002). En Colombia, Castillo y Moreno (1988) reportaron que no existen diferencias evidentes entre la calidad de la bebida producida por las progenies derivadas de los cruzamientos de Caturra por el Híbrido de Timor (*C. arabica* X *C. canephora*, denominados como Catimores) y las variedades de la especie *C. arabica*, que tradicionalmente han producido bebida de buena calidad. Sin embargo, la introgresión de genes del Híbrido de Timor³² de Caturra (Catimores) y Villa Sarchi (Sarchimores) generó problemas en la calidad.

Astúa y Aguilar (1997) realizaron pruebas comparativa de las cualidades físicas del grano y organolépticas de las bebidas del Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuaí en ocho regiones cafetaleras de Costa Rica, encontraron que Catimor 5175 se distinguió negativamente por presentar un grano con tueste disperejo y falta de uniformidad en sus granos, con fisura abierta y con poca dureza, que en el análisis sensorial también fue estadísticamente inferior a los otros tratamientos en aroma, cuerpo y acidez, finalmente se le clasificó como una bebida áspera y amarga.

En México Chevreuil (2005) realizó la evaluación física y sensorial de 46 líneas de Catimor (CIFC), resistente a la roya, y encontró que no cumplen con los parámetros de calidad, de acuerdo con las especificaciones y métodos de prueba del

³² La cantidad de material genético de *C. canephora* introducido en muchas líneas arábicas varía de 8% a 27% (Lashermes *et al.*, 2000, citado por Leroy *et al.*, 2006).

café Veracruz, principalmente por la deformidad del grano y el sabor astringente en taza.

Bertrand *et al.* (1999) sugieren que debido a la alta subjetividad de las pruebas de catación, es aún muy difícil poder adelantar conclusiones definitivas sobre este tema. Proponen realizar investigaciones más amplias, involucrando diferentes laboratorios de catación para aclarar estos aspectos que pueden tener un impacto económico significativo para los productores.

Leroy *et al.* (2006) reportan que desde 1980 algunos investigadores en Centroamérica propusieron la creación de variedades híbridas F₁ para ayudar a incrementar la diversidad genética, mediante cruzamientos con materiales originarios de Etiopía y aprovechar la heterosis entre grupos genéticos. Estos materiales etíopes proporcionan resistencia a nematodos, a roya anaranjada y a CBD, así como mejor calidad en la bebida. Hasta el momento no se han encontrado diferencias en la composición química del grano ni en la calidad en taza en evaluaciones sensoriales al comparar los híbridos F₁ con las variedades tradicionales como Bourbon, bajo diversas condiciones edafoclimáticas y altitudinales. Por otro lado, la altitud parece no influir en el contenido de grasa para los híbridos F₁, que han sido excepcionalmente vigorosos y producen de 30 a 70 % más que las variedades tradicionales. Estos autores consideran que el reto en estos trabajos es incrementar la productividad y la resistencia a patógenos, pero sin demeritar la calidad que ha caracterizado a las mejores variedades comerciales de *C. arabica*.

Actualmente se cuenta con un conjunto de herramientas genéticas, entre ellas los mapas genómicos que pueden ayudar a determinar los mecanismos genéticos que influyen en la calidad del café. Estos resultados deberán permitir, en el mediano plazo, mejorar las técnicas de mejoramiento genético (Leroy *et al.*, 2006).

3.7.3 Factores agronómicos

3.7.3.1 Sistema de producción. Santoyo *et al.* (1996) mencionan que independientemente del sistema de producción (agroecosistemas cafetaleros), un

manejo adecuado de las plantaciones en términos de fertilización, poda, densidad de siembra, entre otros, no han demostrado ocasionar diferencias significativas en la calidad de una misma variedad y condición ambiental. Sin embargo, son necesarios estudios que permitan valorar en forma integral la influencia de estos agroecosistemas sobre la calidad, como sucede con el cultivo orgánico, particularmente en México donde los sistemas de cultivo se caracterizan por la presencia de sombra diversa (Escamilla y Díaz, 2002).

Arrevillaga (2004) encontró diferencias en calidad en tres ambientes de producción en el área de influencia de una organización en Chocamán, Veracruz, y atribuye estas diferencias a que en el ambiente denominado “cerro”, que es el de mayor altitud, la topografía abrupta, las plantaciones de mayor edad y la mayor dificultad de acceso de los productores, ocasionan que la intensidad en el manejo sea menor que en los ambientes de “planicie” y “lomerío”.

3.7.3.2 Sombra. La influencia de la sombra³³ sobre la productividad del café ha sido un tema ampliamente debatido y polémico entre los investigadores y técnicos de los diversos países productores de café. En la actualidad se busca valorar a la sombra en una perspectiva sustentable, de mayor amplitud, que considere aspectos ambientales y socioeconómicos y, por supuesto, su influencia en la calidad del aromático (Escamilla y Díaz, 2002).

Diversos estudios confirman que el cultivo de café con sombra genera diversos beneficios, como son: mayor estabilidad ecológica, conservación y refugio de biodiversidad, moderación del clima y de las condiciones microambientales en los cafetales, reducción del impacto de siniestros ambientales (viento, hielo, granizo, sequía, etc.), disminuye el crecimiento de arvenses, mejora la retención de agua y las características físicas y químicas del suelo (mantiene la fertilidad y los contenidos de materia orgánica, y reduce la erosión), y prolonga la vida productiva del café

³³ El café es originario de los bosques caducifolios de Etiopía y Sudán, y por lo tanto es una especie adaptada a la sombra (Ricci *et al.*, 2006).

(Fernández y Muschler, 1999; López *et al.*, 1999; DaMatta, 2004; DaMatta y Cochicho, 2006).

También se reconoce que muchos sistemas de cultivo tienen potencial para la diversificación productiva, la cual genera un ingreso adicional estable y aceptable, mediante la comercialización de otros productos (frutas, maderas, etc.), como sucede con los policultivos comerciales en México (Escamilla, 1997). El agroecosistema cafetalero también tiene un potencial considerable en la generación de servicios ambientales como son la retención de carbono atmosférico, la producción de oxígeno, la producción de agua limpia, los aportes a la conservación y el mantenimiento de la biodiversidad (Fournier, 1996).

No obstante la gama de ventajas de la sombra, también existe consenso de que el exceso de sombra afecta drásticamente la fisiología, morfología y la productividad de *C. arabica*; su cultivo bajo niveles altos de sombra (25 % de irradiancia) ocasiona que la productividad de las plantas sea muy baja, equivalente al 9% de la que se obtiene en sistemas a pleno sol. En este caso las plantas de café emiten menos ramas plagiotrópicas y frutos, lo que resulta en una reducción de la producción de café. (Morais *et al.*, 2003; Morais *et al.*, 2006; Pereira, 2006).

López *et al.* (1999) realizaron un estudio en Guatemala para determinar el mejor porcentaje de luminosidad en cafetales en producción, con y sin fertilización, con el propósito de bajar los costos de producción; encontraron que lo mejor es cultivar el café bajo un porcentaje de luminosidad entre 40 y 50 %. En estas condiciones la producción presentó alta estabilidad en cinco cosechas y redujo el fenómeno de la bianualidad del café.

Estudios recientes en Brasil, principal productor de café que se caracteriza por el cultivo sin sombra, reconocen que la sombra reduce los niveles de crecimiento de los cafetos, su diámetro, el número de ramas productivas y el número de frutos por rama; en cambio aumenta el área foliar y el peso de los granos, permitiendo la obtención de producción semejante al cultivo a sol. En estos trabajos se evalúan especies de sombra (*Musa* spp. y *Erythrina* sp.), contenido de nutrientes en los

suelos y en el material vegetal, y han determinado las variedades más promisorias para el cultivo bajo sombra (Tupi, Icatu y Obata). También afirman que el sombreado retarda la maduración de los frutos (Ricci *et al.*, 2006).

Vaast *et al.* (2005) evaluaron cafetos bajo dos condiciones contrastantes de luz (pleno sol y 45 % de sombra) en condiciones óptimas del Valle Central de Costa Rica, y determinaron que la sombra disminuye la productividad en 18% pero reduce la alternancia.

Muschler (2006) ratifica que la mayor cantidad de luz en las plantaciones ocasiona que se incrementen los requerimientos de insumos, sobre todo fertilizantes, debido a la intensa demanda de nutrientes del suelo, situación que genera un considerable impacto ambiental y deterioro de los recursos naturales. Sus estudios, realizados en regiones cafetaleras de Costa Rica, han confirmado que la sombra produce cambios en el microclima, lo cual afecta la productividad y calidad del café, pero reduce la transpiración y el estrés térmico de los cafetos, y se producen otros beneficios que favorecen la conservación de la biodiversidad, protegen los recursos naturales y mejora la fertilidad del suelo, principalmente en ambientes subóptimos para *C. arabica*. Los estudios sobre el efecto de la sombra en la calidad del café son recientes (Fernández y Muschler, 1999).

En Guatemala, Costa Rica, Honduras y México se ha reportado que la sombra tiene efectos benéficos sobre la calidad del café (Martínez *et al.*, 2004 y 2006; Avelino, 2006), y a continuación se incluyen los resultados obtenidos por diversos autores.

3.7.3.2.1 Peso, tamaño y aspecto de los granos. Wintgens (2004) reporta que un litro de café comercial producido bajo sombra llega a pesar 716 g, mientras que un litro de café producido sin sombra apenas pesa 703 g.

Diversos estudios realizados en Centroamérica confirman la influencia de la sombra sobre las características físicas del grano. En Guatemala, Guyot *et al.* (1999) encontraron que la sombra favorece a la granulometría. En Costa Rica por Muschler

(2001, 2006) observó que la sombra de poro (*Erythrina poeppigiana*) con niveles de 50% mejora la presentación o apariencia visual del grano (café verde y tostado), así como la calidad y el tamaño de los granos, en comparación con el cultivo a plena exposición solar. Así mismo, Vaast *et al.* (2005) encontraron que la sombra mejora el tamaño de los granos de *C. arabica* cultivar Costa Rica 95.

Martínez *et al.* (2004, 2006) mencionan que en México el mayor porcentaje de plantaciones de café presentan cobertura arbórea donde es común encontrar especies que tienen usos antropocéntricos (frutales, maderables, medicinales, etc.). Estos autores estudiaron el efecto de la cobertura arbórea sobre la calidad del café en regiones cafetaleras de Veracruz, y en las plantaciones estudiadas se encontraron desde cafetales a pleno sol hasta plantaciones con 96 % de sombra. Así mismo determinaron que con una sombra superior a 75% se obtienen menores porcentajes de frutos manchados (32.8 %), en comparación con las que tienen menores porcentajes de sombra (0-30 %) que dan 59 % de grano manchado. Lo anterior está asociado con la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*) en cafetales con escasa cobertura arbórea, lo que puede deberse a la formación de un microclima más fresco en las plantaciones con altos porcentajes de sombra, que favorece el adecuado desarrollo de los frutos. Finalmente concluyen en que la cobertura de sombra se encuentra en diferentes densidades dependiendo del sistema de producción y de las características ambientales de cada región, lo cual tiene un efecto diferencial en la calidad física y sensorial del café, y que una cobertura arbórea entre 45 y 60 % es una condición ideal para obtener mejores frutos y lotes de grano de café.

López *et al.* (1999) señalan que bajo sombra no se presentan floraciones extemporáneas y la maduración de los frutos es escalonada, lo que permite una recolección de varios pases de frutos maduros. Esto mejora el rendimiento en el beneficio y en la presentación del café verde.

3.7.3.2.2 Atributos organolépticos y composición química. A finales del siglo pasado los estudios relativos a la influencia de la altitud y la sombra sobre las

propiedades sensoriales y la composición química y bioquímica de los granos de café oro, eran escasos. Entre los primeros estudios sistemáticos se encuentran los de Guyot *et al.* (1999), quienes determinaron en Guatemala que la sombra tiene poca influencia al nivel organoléptico, salvo para la amargura, donde se observa una diferencia significativa. Los cafés cultivados sin sombra son más amargos, lo que acentúa la importancia de la sombra para la calidad. Un exceso de amargura resulta perjudicial para la calidad de los cafés arábica. Los cafés tostados cultivados bajo sombra son menos amargos (aproximadamente en 18 %) que las muestras sembradas sin sombra, y también son levemente más ácidos. Los demás criterios, acidez, cuerpo, astringencia y aroma, parecen ser independientes de la sombra. Los autores atribuyen estos resultados a que la sombra favorece una maduración más homogénea, mientras que la ausencia de sombra induce niveles de madurez diferentes en el momento de la cosecha, que se traducen en una heterogeneidad al nivel de la calidad del café.

Como se mencionó con anterioridad, la sombra influye en las características físicas del grano bajo sombra se obtienen frutos con mayor uniformidad debido a la maduración más lenta y los granos son de mayor tamaño, con lo cual se afectan positivamente las características sensoriales de la bebida, siendo más notorio el efecto en la acidez y cuerpo (Morais *et al.*, 2003; Vaast *et al.*, 2005; Pereira, 2006). También Muschler (2001, 2006) encontró que la sombra de *Erythrina poeppigiana* con niveles del 50 % mejora los atributos organolépticos del café, particularmente con valores más altos en acidez y cuerpo.

En relación con la influencia de la sombra sobre la composición química del grano, Guyot *et al.* 1999 encontraron que al favorecer una mejor granulometría, la sombra aumenta el contenido de sacarosa (que es un constituyente precursor del aroma y contribuye activamente a las “reacciones de Maillard” durante la torrefacción del café) y la acidez. Así mismo, la sombra aumenta el contenido de ácidos clorogénicos (+10 %), la acidez estimada y la acidez total (aproximadamente +16 %), los contenidos de cafeína (+4 %) y de sacarosa (+3 %). En cambio, disminuye los contenidos de trigonelina (10 %). Los contenidos de grasa permanecen constantes.

Vaast *et al.* (2005) también encontraron influencia de la sombra sobre los componentes químicos, coincidiendo con los altos contenidos de trigonelina en granos a pleno sol, pero difieren en el comportamiento de los contenidos de sacarosa y ácido clorogénico que fueron más elevados en condiciones de sol. Sus resultados los asocian a que en pleno sol, la maduración del grano es incompleta lo cual produce alto amargor y astringencia en la bebida de café. En cambio, con sombra la maduración de los frutos es más lenta y se puede retrasar hasta un mes.

Leroy *et al.* (2006), sugieren que la sombra y la altitud conducen a un ligero incremento en el contenido de grasas, pero no se han identificado las grasas (ácidos grasos, esteroides o diterpenos) que se modifican. Otros estudios demuestran que la temperatura y la cobertura arbórea afectan el comportamiento de algunos atributos sensoriales de la bebida (Salazar *et al.*, 2000; Muschler, 2001). Por su parte Pérez *et al.* (2005) encontraron que en el Estado de Veracruz estas variables están correlacionadas ($r=0.36$), por lo que sugieren continuar estudiando estas dos variables en otros contextos geográficos.

Vaast *et al.* (2005) y Muschler (2006) coinciden en señalar que los beneficios de la sombra en la calidad del café son debidos a una temperatura más fresca y a un periodo prolongado de maduración. En Costa Rica la cobertura arbórea mejora la calidad del café; así, con niveles de sombra entre 20-40% se alarga el periodo de maduración y se logra un mejor llenado del fruto y un mayor crecimiento de los granos, además de mejorar la composición bioquímica y la calidad en taza (Vaast *et al.*, 2004; Soto *et al.*, 2002).

El papel de la sombra es más controversial para condiciones ambientales óptimas del cultivo de café, en donde aún existe duda sobre su efecto en la calidad. Según Muschler (2001, 2006) la reducción del estrés en cafetos de zonas sub-óptimas mediante sombreado con árboles asociados mejora la presentación y calidad del café, ya que los cafetos estresados sin sombra tienden a mostrar altos porcentajes de frutos deformados, momificados, o quemados por el sol, defectos que los frutos que maduran en un ambiente sombreado por las copas de árboles no

muestran estos problemas. Este autor reporta que en una zona sub-óptima en Costa Rica la sombra aumentó el tamaño del grano significativamente y mejoró fuertemente los atributos organolépticos tanto de Caturra y sobre todo en Catimor 5175.

Salazar *et al.* (2000) reportaron que un aumento de la sombra mejora los atributos granulométricos y organolépticos de *C. arabica* var. Caturra, no solamente a 700 m sino también a 1040 m y, sorprendentemente a 1300 m. Sin embargo, a la mayor altura estudiada de 1650 m las diferencias desaparecen probablemente por la falta de estrés térmico en este ambiente. También Guyot *et al.* (1999) reportan un efecto positivo de sombra y elevación en la calidad de la bebida en Guatemala.

En cambio, Avelino (2006) no encontró influencia positiva de la sombra en la calidad del café en dos regiones de Costa Rica (Dota y Orosi); en el caso de Dota estos resultados se debieron a las altas elevaciones de esta región, en donde incluso encontró un efecto de la sombra ligeramente negativo pero con significancia estadística sobre la acidez de la bebida (a sol 3.34a; a sombra 3.13b). Ese comportamiento permite confirmar que las interacciones entre los factores cuentan más que los factores en sí.

3.7.3.3 Manejo del cafetal

3.7.3.3.1 Injertación. La técnica de injertación en café se utiliza ampliamente en algunos países de América, como Guatemala, El Salvador, Nicaragua y México. Mediante este procedimiento se injertan variedades comerciales de *C. arabica* sobre portainjertos de *C. canephora* como una estrategia para prevenir o disminuir el daño de nematodos en raíces (Wintgens, 2004). Leroy *et al.* (2006) reportan que esta técnica no modifica las características del grano y la calidad en taza.

El comportamiento de dos cultivares (Caturra y 'T5175') fue evaluado en Costa Rica sobre cuatro portainjertos: *C. canephora* ('T3561' y 'T3751'), *C. liberica* var. Liberica y *C. liberica* var. Devewrei, a través de cinco años. El injerto no afectó la composición química de cafeína, grasa y sacarosa, pero los dos portainjertos de *C.*

liberica redujeron significativamente el aroma y el tamaño del grano, comportamiento que se explica por incompatibilidad parcial (Leroy *et al.*, 2006).

En tres ambientes altitudinales de la región de Huatusco, Veracruz, López *et al.* (2004) reportan que las variedades de *C. arabica* injertadas sobre *C. canephora* lograron mayor producción que las variedades propagadas por semilla. En este mismo estudio, Flores (2005) encontró que los cafetos injertados, a pesar de incrementar considerablemente la productividad en los tres ambientes; en el ambiente de mayor altitud (1350 m) disminuye la calidad física y sensorial en comparación con los granos obtenidos de semilla.

3.7.3.3.2 Fertilización. El suministro de nutrientes al cafeto influye de manera directa en el tamaño y apariencia de los granos, así como en la calidad en taza. Un exceso de nitrógeno puede aumentar la producción pero disminuye la densidad y calidad de los granos, al aumentar el contenido de cafeína y dar un café más amargo; los contenidos de cafeína y ácido clorogénico no se ven afectados por los niveles de fósforo, calcio, potasio y magnesio. El potasio en concentraciones superiores de 1.75 % en el grano, disminuye sensiblemente la calidad en taza y da una mala apariencia debido a una deficiente coloración. El calcio en concentraciones mayores a 0.11% en el grano, afecta negativamente la calidad en taza (Santoyo *et al.*, 1996; Wintgens, 2004). La deficiencia de hierro en suelos con un alto pH, produce un grano ámbar o mantequilla que demerita su calidad (Mendoza, 1996).

3.7.3.3.3 Poda. Práctica necesaria en la cafecultura, consiste en cortar órganos viejos para promover la renovación del cafeto mediante su renovación, con el fin de regular el crecimiento, obtener mejores cosechas, mejor calidad del grano y una producción regulada y económica (Escamilla, 1993). Martínez *et al.* (2004) encontraron en Veracruz, que los cafetos más jóvenes (< 10 años) producen granos más grandes y hay una tendencia a producir granos de mayor tamaño al aumentar el número de tallos productivos.

3.7.3.3.4 Control de plagas y enfermedades. A nivel mundial se han reportado los efectos de ciertas plagas y enfermedades (Wintgens, 2004). Entre los problemas

fitosanitarios que se encuentran en México están la broca del grano (*Hypothenemus hampei* F.) que se alimenta y reproduce dentro del grano, lo que reduce los rendimientos de café cereza a café oro, y enfermedades fungosas como la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) y ojo de gallo (*Mycena citricolor* (Berk. & Curtis) Sacc.) que provocan defoliaciones y dan lugar a un desarrollo incompleto de los granos. (Santoyo *et al.*, 1996).

3.7.3.3.5 Producción. Avelino (2006) cita reportes de efectos negativos de la carga fructífera sobre la calidad de la bebida, como Dota, Costa Rica donde la acidez de las bebidas se encontró ligeramente inferior cuando las producciones eran elevadas (para café al sol).

3.7.3.3.6 Cosecha. Según Wintgens (2004), la calidad de café cereza está en función de la proporción de frutos maduros, ya que solamente las cerezas que se cosechan maduras pueden desarrollar una calidad óptima. La cosecha de frutos verdes o inmaduros causan defectos en la taza que se asocia con una bebida sucia, acre o verde, además de ser frutos de menor peso y contenido de grasa, y de menor rendimiento y sabor; los granos sobremaduros generan una bebida con notas a vinagre y a fermento, y las cerezas secas o negras producen una bebida con sabor a leña, acre o carbonosa.

En Veracruz, Martínez *et al.* (2004, 2006) demostraron que la forma de cosechar influye considerablemente en la calidad del café, tanto en las características del fruto como del grano porque afecta el peso del fruto y número de flotes, la proporción de tamaños y formas de los granos de café verde y sobre todo la cantidad de defectos. Estos autores afirman que con sólo controlar el corte de frutos maduros se impacta el rendimiento por hectárea, ya que el menor peso del fruto obtenido en la cosecha tradicional implica perder 120 kg por tonelada de café cosechado.

La madurez también tiene una fuerte influencia sobre la calidad del café Guyot *et al.* (1988) citado por Leroy *et al.* (2006) mostró que para *C. canephora* la cosecha de cerezas verdes o amarillas cortadas al final del periodo de cosecha producen

granos con mayor madurez que los frutos rojos cosechados al inicio de la temporada de cosecha, como puede verse en el tamaño del grano, composición química y calidad sensorial. Para *C. arabica* en Costa Rica, la cosecha temprana de frutos maduros aporta la mejor calidad (Bertrand, 2002; citado por Leroy *et al.*, 2006).

La fisiología de la planta, su edad y el periodo de cosecha, son factores que en conjunto interactúan para producir las características finales del producto. Ciertamente, la edad del árbol, la ubicación de los frutos en la planta y la proporción de hojas y frutos, tienen una fuerte influencia sobre la composición química del grano verde (Bertrand, 2002; Vaast *et al.*, 2006; citados por Leroy *et al.*, 2006).

Con base en la naturaleza multifactorial de la calidad del café y sus complejas interacciones, Läderach *et al.* (2006) realizaron estudios en Colombia, partiendo del principio de Pareto y del control industrial de procesos. El Principio de Pareto sostiene que solamente pocos factores controlan la mayoría de la variación en la calidad del producto; también es conocida como la ley de 80 y 20, porque 80 % de la variabilidad es causada por 20 % de los factores. Es decir, sólo algunos factores son responsables por la mayoría del impacto en la calidad; el reto es entonces identificar los factores vitales para no perderse entre los muchos factores triviales.

3.8 Criterios para determinar la calidad del café

Para los cafés arábicas, la Organización Internacional del Café ha establecido los criterios y parámetros de calidad en el comercio internacional. Con base en estas referencias los países productores establecen sus normas y parámetros internos para la aceptación o rechazo de las diferentes clases y tipos de café dentro de la cadena productiva, tanto en sus especificaciones físicas como en taza o infusión. Los dos principales mercados que establecen los lineamientos de calidad más significativos y determinantes son el Contrato "C" de café en la Junta de Comercio de Nueva York (NYBOT) y la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), y en menor proporción, la Asociación de Café Verde de Nueva York (GCA), la Asociación Europea de Cafés Especiales (ACAE) y la Asociación Japonesa del Café, entre otras (Herrera, 2005).

En el mercado del café la calidad del grano se define por medio de caracteres físicos (tamaño, forma, color, uniformidad, etc.) y caracteres organolépticos o sensoriales de la bebida (acidez, cuerpo y aroma, principalmente). La calidad del café se evalúa sobre muestras de café oro bien beneficiado por vía húmeda que es llevado después de varias horas de secado al sol, a una humedad de 11-12 %.

La Organización Internacional para la Estandarización define un estándar para la calidad del café verde (ISO 9116), con base en los orígenes botánico y geográfico, el ciclo de cosecha, el contenido de humedad, el total de defectos, la proporción de granos dañados por insectos y el tamaño del grano. Este estándar define los métodos para algunas de estas características, como son: defectos, contenido de humedad, tamaño del grano, composición química y la preparación de muestras para las pruebas de catación (Leroy *et al.*, 2006).

3.8.1 Evaluación física

Las especificaciones físicas del café verde son: contenido de humedad, limpieza, porcentaje de almendra y merma a partir del café pergamino, densidad, forma, defectos primarios y secundarios, peso y porcentaje de defectos, distribución de tamaño del grano en peso y porcentaje usando las zarandas, uniformidad y color (Herrera, 2005; Läderach *et al.*, 2006).

3.8.2 Contenido de humedad.

Este es un atributo importante y un indicador de calidad del café. Si los granos están demasiado húmedos (arriba de 12.5% de humedad) se dañan fácilmente durante el almacenamiento; en cambio, si están demasiado secos (abajo de 8 % de humedad), pierden sabor. El contenido de humedad influye en la torrefacción y en la pérdida de peso durante el tostado. Los granos verdes con bajo contenido de humedad tiende a tostarse más rápido que los que tienen mayor contenido de humedad (Leroy *et al.*, 2006).

3.8.3 Forma del grano

Los granos deben ser bien formados (de forma ovalada y no redonda), con una baja proporción de granos anormales y tener una fisura cerrada, y un color verde-azul (Bertrand *et al.*, 1999)

Los granos anormales se presentan en todos los materiales de café, en proporciones variables. Estas características son genéticas, pero varían entre ambientes. Estas anomalías se deben a la irregularidad en el número de lóculos del ovario, en el de endospermo y cigotos, y a la detención del desarrollo del endospermo. Todas las anomalías constituyen defectos anatómicos, pero comercialmente varían en importancia (Castillo y Moreno, 1988).

3.8.3.1 Granos triangulares. La formación de granos en forma triangular se debe a la formación de ovarios polilocolados, generalmente con tres lóculos, cada uno de los cuales contiene un solo óvulo fértil. Las semillas triangulares se consideran defecto comercial y se presentan en un bajo porcentaje (Castillo y Moreno, 1988).

3.8.3.2 Granos monstruos o elefantes. Esta anomalía es una falsa poliembrionía y se debe a la condición multiovulada de algunos lóbulos, que a la madurez presentan varias semillas irregulares dentro de la cavidad carpelar. Parece asociarse con irregularidades meióticas, como consecuencia de las hibridaciones. Los granos monstruos son desechos en el café comercial, su proporción es muy baja en las variedades comerciales y sólo alcanzan niveles considerables en algunos materiales de origen híbrido (Castillo y Moreno, 1988).

3.8.3.3 Granos caracoles. El caracol o caracolillo se presenta cuando uno de los óvulos aborta en forma temprana, lo que atrofia la cavidad locular y la semilla del otro lóbulo se desarrolla libremente y toma la forma redondeada del fruto. Los granos caracoles se atribuyen generalmente a fallas en la fecundación, bien sea por deficiencias en la polinización, como ocurre en las especies diploides, o por inviabilidad del óvulo, que parece ser la causa predominante en *C. arabica*. Este tipo de grano también puede estar asociado a factores genéticos, variaciones climáticas y

edad de la planta. Los granos caracoles no son rechazados por el mercado, pero una proporción alta indica menor producción ya que se deben a la ausencia de una semilla en el fruto (Castillo y Moreno, 1988).

3.8.3.4 Frutos y granos vacíos o vanos. Son producidos por el aborto tardío del óvulo fertilizado, que detiene el crecimiento del endospermo pero no de la cavidad locular. Los frutos presentan una apariencia normal, pero pueden contener una o ambas cavidades vacías. El tamaño del endospermo es variable, según el momento en que se detiene su desarrollo. Las semillas vacías son frecuentes en híbridos interespecíficos y en autopoliploides, y se han relacionado con irregularidades cromosómicas, factores genéticos, anomalías de la polinización y deficiencias nutrimentales. Las semillas vacías afectan drásticamente la producción y son la causa principal de reducciones en los rendimientos agroindustriales. En forma práctica equivale a la proporción de frutos maduros que flotan cuando son sumergidos en agua, porque son de menor densidad aparente (relación café cereza/café oro) y, por consiguiente, preocupan al beneficiador por los bajos rendimientos agroindustriales (Castillo y Moreno, 1988; Bertrand *et al.*, 1999)

Bertrand *et al.* (1999) afirma que la calidad en la taza de los granos anormales no es diferente de la calidad del café normal, pero si son mezclados con el café oro normal introducen una heterogeneidad que disminuye la apreciación visual en café oro y sobre todo, impide un tostado homogéneo, lo que sin duda afecta negativamente la catación. Las proporciones observadas en las variedades comerciales sirven como términos de referencia para los trabajos de mejoramiento.

3.8.4 Tamaño del grano

Se determina sobre muestras de 100 gramos, en la que se mide la proporción de granos que son retenidos por un tamiz, criba o zaranda con orificios redondos de 17/64 pulgadas de diámetro (grano superior a la zaranda 17/64). Un gran tamaño es una característica atractiva para el comprador de café, como el caso de los Maragos (Castillo y Moreno, 1988; Bertrand *et al.*, 1999).

Herrera (2005) menciona que en el mercado internacional se tienen dos formas convencionales de clasificar el café verde, fundamentalmente con base en el tamaño del grano. La preparación europea es más exigente y considera los siguientes parámetros: 0-13 defectos, 0-1.5 de mancha; 25 % criba no 15 y 75 % > criba no 15. Categoría de calidad en taza: 6 tazas limpias estrictamente altura y altura. En cambio, la preparación americana es menos exigente y considera las especificaciones siguientes: 14-26 defectos, <3% de mancha; 25 % criba no. 14 y 74%> criba no.14. 6 tazas limpias: extra prima lavado y prima lavado.

3.8.5 Características en la taza

Las particularidades aromáticas y gustativas del café son establecidas en apreciaciones sensoriales, al oler y sorber la infusión, y se determina su calidad mediante la valorización cualitativa realizada por grupos de degustadores (Astúa y Aguilar, 1999).

Bertrand *et al.* (1999) comenta que en la catación se califica la fragancia del café molido, el aroma de la bebida, la acidez, el amargo, el cuerpo, el balance, la impresión global, la uniformidad, la taza limpia y los defectos. Las escalas varían entre laboratorios, pues cada laboratorio ha desarrollado su propio vocabulario para la descripción de las escalas (defectos y calidad). La preparación de la taza para la catación también varía entre laboratorios, como en el color del tueste, la temperatura del agua, y la preparación de la taza. La gran subjetividad de las pruebas organolépticas en el caso de comparación de diferentes variedades de Arábica donde las diferencias entre una muestra y otra son muy sutiles, obliga a tener dispositivos estadísticos muy estrictos, es decir a considerar varios testigos, repeticiones y catadores.

En México, al igual que en otros países centroamericanos, la forma tradicional de catación del café se ha orientado a identificar los defectos de preparación del café que va a exportación, como son problemas de beneficiado, de secado o de almacenamiento, y no a detectar otros atributos sensoriales. Por ello Bertrand *et al.* (1999) recomiendan que deberían reconsiderarse muchas de las características en

la taza que se realizan en los laboratorios de café. En el caso de los cafés mexicanos, Herrera (2005) menciona que los atributos en taza, en especial la sanidad y la intensidad de la acidez son los factores principales que determinan la categoría de calidad de la infusión y la posición que este lote de café ocupará en la escala entre “Estrictamente Altura” y “Prima Lavado”, es decir, entre una percepción óptima y una moderada.

3.8.6 Criterios para cafés convencionales y especiales

Läderach *et al.* (2006) y Bode *et al.* (2006) señalan que en el mercado de café convencional (de volúmen) los criterios de calidad los define la Bolsa de Comercio de Nueva York (NYBOT), con base en las características materiales o físicas visibles, como el tamaño de los granos y los defectos físicos, que es evaluada objetivamente mediante los procesos de control, con las especificaciones siguientes: 9-23 defectos enteros por muestra de 300 gramos de café verde; defectos primarios son permitidos 50 % según el peso encima del tamaño de zaranda 15 mm y menos de 5 % debajo de 14 mm; buena taza y buena calidad de tostación. El precio es el mecanismo regulador, porque existen estándares internacionales que traducen las variables físicas en diferentes grados de calidad.

Bode *et al.* (2006) mencionan que para determinar la calidad del café convencional prevalecen criterios físicos; sin embargo, el análisis sensorial se usaba para identificar defectos originados por sobre-fermentación, sabores externos por mal secado y almacenamiento, etc. De esta forma se valora más los defectos, sin tomar en cuenta los atributos intrínsecos positivos del café.

Para los cafés especiales, los criterios de calidad han sido definidos por la SCAA con base en las propiedades intrínsecas del grano y la bebida, pero enfatiza en las características organolépticas, aunque aún se carece de una estandarización del proceso de catación que permita una identificación objetiva de las características intrínsecas del café. Los parámetros considerados por la SCAA, son: 0-5 defectos enteros, sin defectos primarios; 5% encima y debajo del tamaño de zaranda indicado;

tiene que destacar mínimo un atributo de cuerpo, aroma, sabor y acidez (Läderach *et al.*, 2006; Bode *et al.*, 2006).

La diferencia entre los criterios de clasificación de los cafés convencional y especial, radica en los atributos destacados del café especial que se determinan a través de la evaluación sensorial y la identificación de atributos balanceados. También se toma en cuenta que los granos de café especial tengan el mismo tamaño, lo que facilita una molienda y tostado más homogéneas. Los criterios de café especial son mucho más rígidos y solamente permiten cafés con defectos secundarios pero sin defectos primarios. Los defectos primarios tienen impacto directo en la taza de café, como: piedras, fenoles y broca, entre otros. Los defectos secundarios son menos graves pues no tienen impacto tan fuerte en la taza, por ejemplo: broca de punto, granos mordidos y costados. Para la SCAA se toleran entre 0-5 defectos enteros secundarios; por ejemplo, 10 brocas de punto cuentan para un defecto entero, así que una muestra de 300 gramos podría contener 50 puntos de broca y todavía clasificaría como café especial (Herrera, 2005).

El peso específico de cada uno de ellos, incluida la acidez, tiene una importancia complementaria en todo el concepto cualitativo y cuantitativo, para un segmento de mercado orientado a satisfacer un nicho de especialidad o gourmet. Además del equilibrio y “redondez” de la bebida, se observan cualidades adicionales, denominadas notas distintivas, que complementan las sensaciones olfatorias y gustativas. Por ejemplo, ciertas características florales, cítricas, meladas, etc. (Herrera, 2005).

Läderach *et al.* (2006) afirma que es indispensable la evaluación sensorial del café especial a través de una catación. El resultado de la catación es hoy día el parámetro más significativo para determinar el valor de un café seleccionado (Pohlan, 2006). Aunque se reconoce que una catación es siempre efectuada por humanos e incluye cierta cantidad de subjetividad.

Así mismo, Herrera (2005) menciona que el propósito de evaluar la calidad del café es determinar sus características en función de escalas métricas que otras

personas puedan interpretar. Proporciona ejemplos de las percepciones sensoriales, como son: penetrantes, que se refieren a daño, fermento y añejo; las imperceptibles o poco perceptibles, que son notas florales o cítricas; las definidas, que se refieren a varios daños o contaminación; las indefinidas, que incluyen notas de aromas extraños; las agradables, que son aroma afrutado, a miel o a nuez; y finalmente las desagradables, que incluyen notas de fermento, moho y agrio.

El perfil sensorial refleja el potencial de calidad a nivel de cosecha, lo integran cuerpo, aroma, acidez, amargor, preferencia y tipicidad. La tipicidad es la característica distintiva del producto (Avelino, 2006).

Herrera (2005) menciona que un catador profesional se distingue del catador empírico en las siguientes habilidades:

- Capacidad y predisposición fisiológicas de los sentidos –principalmente olfato y gusto-; hiperosmia o sensibilidad olfatoria aumentada; osmatismo o agudeza olfativa, y gustación aumentada.
- Un método que combine la comprobación sensorial con la sistematización de un acervo de información experimental del proceso productivo del café.
- Habilidad psicológica y cognoscitiva para describir una percepción sensorial y distinguirla de otras.
- Un pensamiento creativo en cuanto a la actitud y uso del binomio instrumental psicofisiológico, donde la imaginación permite observar, sentir y evaluar el perfil de la calidad del café en la taza, en una forma tridimensional.
- Una actitud ética durante la catación y evaluación sensorial.

Córdova (2006) analiza el consumo del café en México³⁴ y menciona que además del bajo consumo entre la población, lo más grave es que ni siquiera los

³⁴ El consumo histórico del café en México, ha sido con granos de mala calidad, sobre todo en el área rural, los datos de consumo per cápita fluctúan desde 743 hasta 1000 gramos. En cambio países productores de café como Brasil consumen de 4.3 a 5 kg, Costa Rica 4 kg, Haití y Colombia, 2 kg (Córdova, 2006).

productores valoran la calidad del producto que exportan, debido a que los consumidores prefieren el café robusta y los cafés solubles, es común hervir el café todo el día, reutilizan el café molido y lo toman dulce o le agregan canela. También Giovannucci y Juárez (2006) mencionan que el consumo interno en México es dominado por el café soluble, mercado donde domina la firma trasnacional Nestlé con 80 % de participación. El mercado para café tostado y molido está creciendo fuertemente, pero todavía no rebasa el 10 % del consumo nacional.

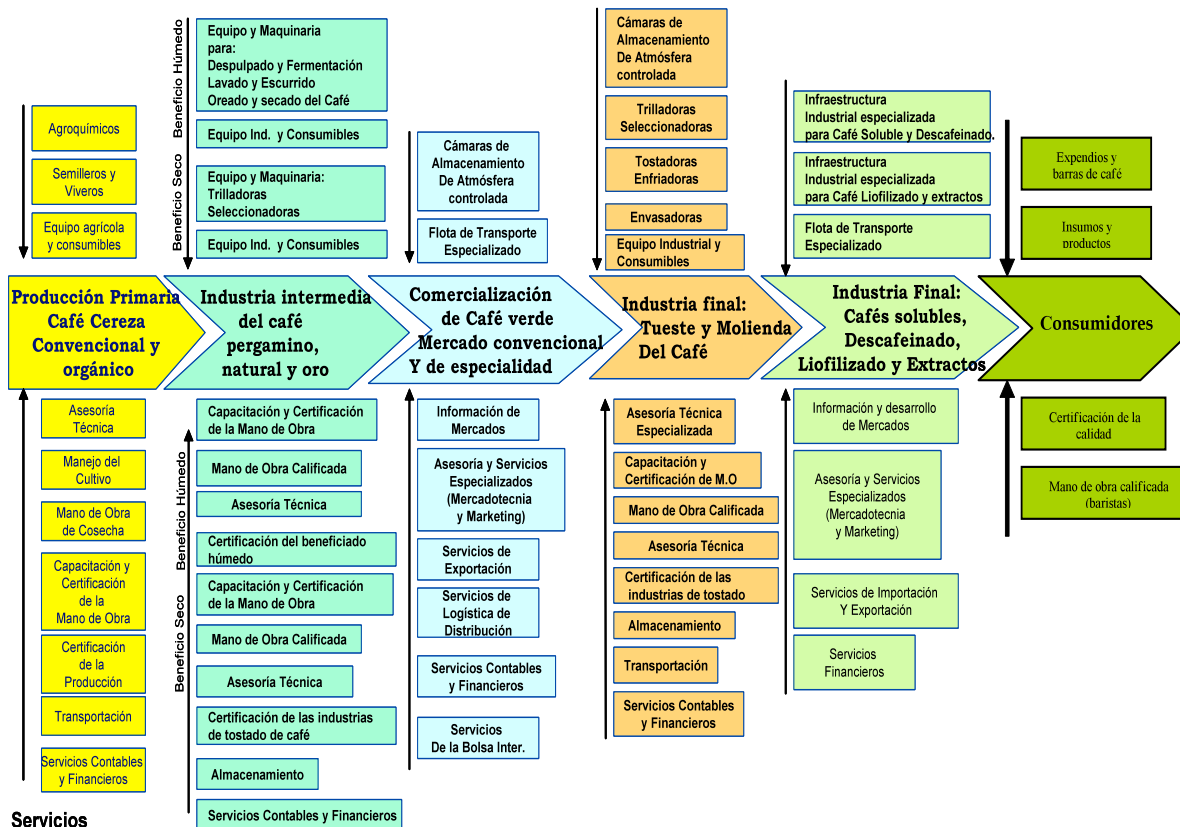
Es importante partir de esta realidad, lo que requiere un intenso proceso de capacitación para que los productores y sus organizaciones conozcan los principales criterios y procedimientos para determinar la calidad física y sensorial de su producto. Estos conocimientos son fundamentales para competir y mantener una participación exitosa en los mercados especiales que exigen alta calidad.

IV. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

4.1 Problemática general del Sistema Producto Café en México

La cafecultura es una actividad que se caracteriza por su alto grado de complejidad en donde intervienen múltiples factores de orden ambiental, económico, social, cultural, político y legal. El concepto de Sistema Producto Café (SAGARPA, 2005) permite el análisis integral de la problemática de esta cadena agroindustrial, porque considera los múltiples factores y sus eslabones, desde los aspectos históricos, geográfico-naturales, ecológicos, agronómicos, de transformación del producto e incluso del aprovechamiento de los subproductos, hasta los mecanismos económicos-financieros, organización de productores, transporte, financiamiento, comercialización, y consumo, así como todos los aspectos de legislación y normatividad vinculados a los eslabones de la cadena del café. Es importante mencionar que en los últimos 18 años, a partir de la suspensión del convenio internacional del café y en un contexto de globalización y políticas neoliberales, la cadena del café ha sufrido transformaciones importantes en su estructura y funcionamiento, principalmente en los esquemas de generación de valor agregado, lo que ha obligado a hacer una serie de ajustes desde la producción del café en el campo hasta las formas de organización de los diferentes actores que intervienen en la cadena. En la Figura 6 se muestra el esquema de cadena aplicado en México mediante el Sistema Producto Café, y en la Figura 7 se muestra la situación problemática de este sector, considerando cinco dimensiones de análisis: política, tecnológica, económica, socio-cultural y ecológica. Los ciclos de auge y crisis son característicos de la cafecultura mundial, pero en los últimos 20 años estas crisis se han intensificado, y sus efectos se manifiestan en las cinco dimensiones o planos que a continuación se analizan.

Insumos e Infraestructura



Servicios

Figura 6. Esquema general del Sistema Producto Café en México. (Tomado de SAGARPA, 2005).

Plano político. En el contexto internacional del café, desde 1989 se carecen de mecanismos de regulación del mercado lo que ha llevado a la sobreproducción, y a la caída y fluctuaciones de precios. En el contexto nacional, la política cafetalera y la legislación son insuficientes porque se carece de una política acorde y bien estructurada a las necesidades del sector, en especial hacia los productores y sus organizaciones. Así mismo, la participación institucional es deficiente y desarticulada, lo que evidencia la necesidad de una mayor vinculación de los organismos públicos con el sector cafetalero. Lo anterior se refleja en los insuficientes apoyos oficiales al sector, en donde es frecuente el desfase permanente de los apoyos destinados a la producción, cosecha y beneficiado del grano. Se pueden enlistar los siguientes problemas: mecanismos de comercialización con acceso limitativo al sector productor; políticas de financiamiento reducidas o inexistentes en todos los

eslabones de la cadena; carencia de redes de investigación y de prestación de servicios profesionales; deficientes programas de capacitación y asistencia técnica, ya que no son permanentes y no están adecuados a las condiciones actuales de la cafecultura ni vinculados con los organismos de investigación y transferencia de tecnología. También se carece de datos confiables en las estadísticas oficiales del sector (producción, transformación, comercialización y consumo de café), y no se cuenta con una campaña integral de la calidad del café desde la producción primaria hasta el consumo.

Plano tecnológico. Entre los problemas más importantes están: disminución de la productividad de los cafetales, plantaciones viejas, reducción del manejo tecnológico en el proceso productivo (también denominada regresión tecnológica), abandono de cafetales, sustitución de plantaciones por otros cultivos o actividades, especialización productiva en algunas regiones, cultivo de café en áreas marginales, problemas fitosanitarios (broca, ojo de gallo, roya, nematodos y otros). Adicionalmente, los conocimientos son insuficientes en el sector y la difusión de tecnología es escasa, la capacitación es deficiente y hay dificultades para la transferencia de tecnología. A nivel de la transformación del café, los beneficios húmedos y secos están subutilizados y los procesos de beneficiado son ineficientes, predomina la importación de equipos debido a que es reducida la innovación tecnológica para el beneficiado y transformación final, y también es limitado el aprovechamiento de subproductos. La capacitación y asistencia técnica se mantienen dirigidas a la producción primaria, sin capacitar a los productores en aspectos de transformación y calidad, y mucho menos en el análisis y toma de decisiones para la comercialización del aromático.

En relación con la calidad, aunque se cuenta con potencial para producir café de calidad en ciertas regiones, como Pluma Hidalgo, Coatepec, Jaltenango, entre otras, la calidad genérica del café mexicano ha disminuido debido a que el producto ofertado es heterogéneo, con problemas de mala calidad por deficiencias en el proceso de cultivo y en la transformación primaria (mala cosecha, mezcla de alturas,

problemas de broca, entre otras), la determinación y valoración de la calidad del café tostado y molido es aún incipiente, es escaso el trabajo de promoción.

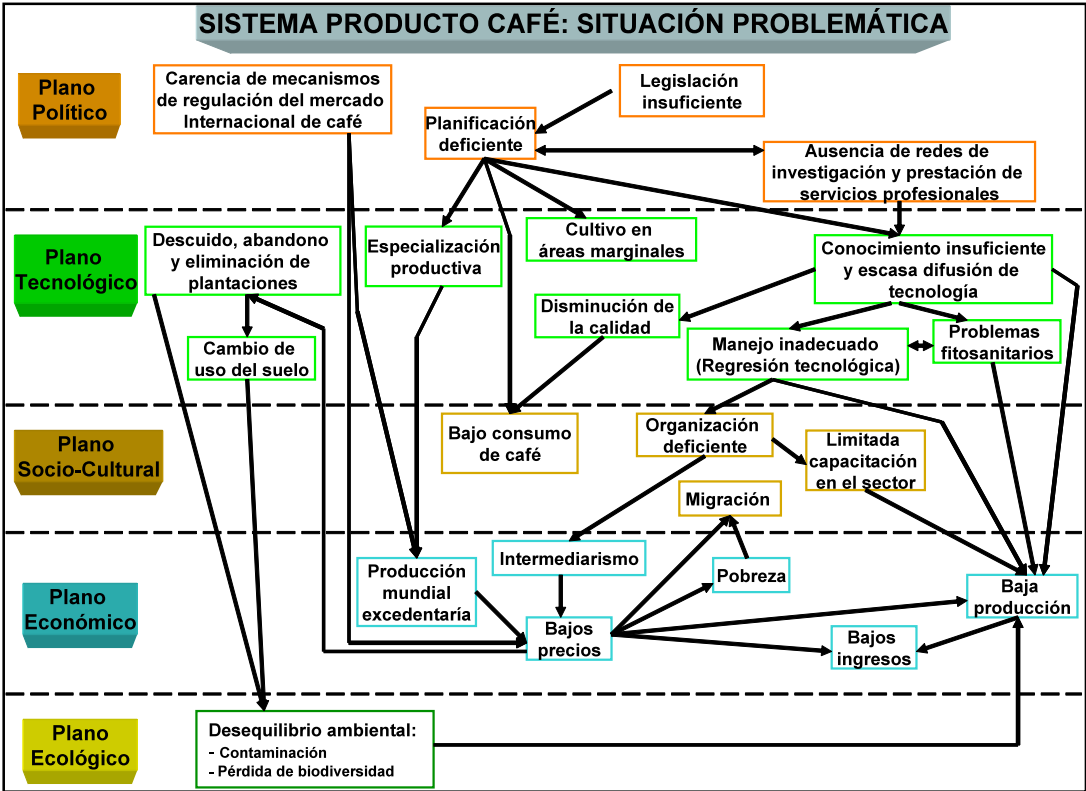
Plano socio-cultural. En esta vertiente sociocultural, los problemas relevantes son: polarización de productores, fragmentación de las parcelas de café y aumento del minifundio cafetalero; intensa migración, envejecimiento de los productores, bajo nivel educativo en zonas cafetaleras, alta presencia de productores dispersos, escasa participación de jóvenes y mujeres en la generación y ejecución de proyectos de desarrollo. También el nivel organizativo de los agentes que participan en el sistema es débil, deficiente y no consolidado, donde impera la desconfianza, situación que no permite acceder al financiamiento y unificación de ofertas para exportar y formar bloques de negociación; insuficiente desarrollo normativo y jurídico de las empresas sociales presentes en el sistema producto café, reducidas capacidades de manejo administrativo de las empresas y escasa generación de proyectos de desarrollo participativo. Finalmente el consumo de café en el país es muy bajo, a pesar del potencial del mercado interno.

Plano económico. Los principales problemas en esta vertiente son: producción mundial excedentaria, bajos precios y mercados inestables e impredecibles. Sin embargo, la inestabilidad de precios se presenta en los cafés con menor valor agregado, como son cereza, pergamino y oro, mientras que en los cafés procesados (tostado y molido, soluble) y a nivel de taza los precios no disminuyen y se mantienen estables. Los costos de producción primaria y de transformación intermedia son altos, y los ingresos y la rentabilidad son bajos. Los problemas de falta de mano de obra se siguen agudizando gradualmente, en especial durante el periodo de cosecha. También se presenta elevado intermediarismo y continúa la desaparición de empresas exportadoras nacionales concentrándose en unas cuantas compañías transnacionales grandes. Las fuentes de financiamiento para fortalecer la cadena productiva son escasas. En relación con los cafés diferenciados, falta ampliar su exportación hacia nichos y segmentos del mercado exterior, el aumento de cafés de especialidad es todavía incipiente y sus ventajas disminuyen ante el aumento de precios del café convencional. La anterior problemática económica se refleja en la

profundización de la pobreza en las regiones cafetaleras y la drástica caída en el nivel de vida de sus habitantes.

Plano ecológico. En este ámbito los problemas más importantes son: desequilibrio ambiental, pérdida de biodiversidad y contaminación ambiental a causa de la implementación de sistemas de especialización productiva y por el cambio de uso de suelo al sustituir cafetales. También la presencia de siniestros ambientales, como heladas, sequía, vientos y granizo, afectan los cafetales. Los beneficios húmedos tradicionales generan contaminación de corrientes de agua.

Dada la amplitud de la problemática del Sistema Producto Café, para fines de este estudio, el tema de la calidad del café orgánico se aborda a partir una tendencia del mercado internacional que es la promoción de cafés de alta calidad en la que el sector cafetalero nacional tiene oportunidades, además del éxito logrado con los cafés orgánicos y el comercio justo (Figura 7).



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Situación problemática del Sistema Producto Café en México.

A nivel mundial la calidad del café se ha deteriorado gradualmente en los últimos 30 años, debido en gran parte a los enfoques productivistas que buscan incrementar los rendimientos y reducir los costos de producción. El sistema de cuotas que prevaleció en el mercado internacional en 1962 a 1989 promovió el deterioro de la calidad del café, pues prácticamente no ofrecía estímulos para producir grano de calidad. En condiciones de libre mercado y comercialización especulativa, la calidad del café tiene una alta importancia para aspirar a mejores precios. Ofrecer café de calidad es una estrategia para posicionarse en los nuevos mercados o mantenerse en los actuales, dentro de un contexto de fuerte competencia entre países productores.

A raíz de la fuerte sequía ocurrida en el primer semestre de 1998, en México se disminuyó la calidad del grano en varias regiones y ello se tomó como pretexto para aplicar castigos históricos de 20 a 40 dólares por cada 100 libras de café exportado, a partir de la cosecha 1998-1999; el castigo se mantuvo durante el ciclo 1999-2000, bajo el argumento de deterioro en la calidad.

Ante la considerable importancia del café en México y la difícil situación que enfrenta el sector, es fundamental competir con calidad mediante la verificación, mejoramiento y defensa de la calidad del café, con fundamentación científica y técnica. Lograr el reconocimiento de la calidad de café mexicano en el exterior es uno de los principales desafíos que enfrenta la cafecultura mexicana. Ello involucra la realización de un conjunto de actividades que conformen una estrategia para fundamentar, registrar, certificar y valorar la calidad del café mexicano para la comercialización externa y nacional, en especial del café orgánico que se ha posicionado exitosamente en el mercado internacional. De esta forma, el presente trabajo de investigación se define a partir de las siguientes interrogantes:

4.2 Definición del problema general de investigación

¿Cuál es la relación entre los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales con la calidad física y sensorial del café en los agroecosistemas con manejo

orgánico en los territorios de influencia de organizaciones de productores ubicadas en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero?

4.3. Problemas específicos de la investigación

- ¿Cuáles son las principales características de la producción de café orgánico en México?
- ¿Cuáles son las características agroecológicas de los cafetales y el perfil socioeconómico de los productores de café orgánico en las regiones de estudio?
- ¿Cuál es el efecto de los factores ambientales, altitud y suelo, en la calidad física y sensorial del café orgánico?
- ¿Cuál es el efecto de los factores genéticos en la calidad física y sensorial del café orgánico?
- ¿Cuál es el efecto de los factores agronómicos, en especial la sombra, en la calidad física y sensorial del café orgánico?
- ¿Qué características físicas y sensoriales tiene el café orgánico que se produce en los territorios de algunas organizaciones de productores en Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero?

V. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

5.1 Hipótesis

5.1.1 Hipótesis general

Los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales influyen en la calidad física del grano y organoléptica de la bebida que se obtiene en los agroecosistemas cafetaleros con manejo orgánico en territorios de organizaciones de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero.

5.1.2 Hipótesis particulares

1. Los factores ambientales, agronómicos, genéticos y sociales influyen en el desarrollo de la cafecultura orgánica en México; siendo el factor social determinante en el desarrollo de este sector, es por ello que los estados más organizados son Chiapas y Oaxaca.

2. Dadas las diversas condiciones altitudinales y edáficas que caracterizan a las regiones cafetaleras, existen diferencias significativas en la calidad física del grano y sensorial de la bebida de café orgánico.

3. En los agroecosistemas cafetaleros con manejo orgánico predomina el cultivo de variedades tradicionales de porte alto, condición que permiten obtener cafés de alta calidad física y sensorial.

4. La cobertura arbórea en los cafetales orgánicos influye favorablemente en la calidad física del grano y sensorial de la bebida.

5. Entre los territorios de influencia de las organizaciones productoras de café orgánico y al interior de los mismos se obtienen cafés de diferente calidad física y sensorial.

5.2 Objetivos

5.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales en la calidad física y organoléptica de café orgánico en Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero.

5.2.2 Objetivos particulares

1. Conocer las características sociales, económicas y agroecológicas del agroecosistema café orgánico en regiones productoras de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero.
2. Determinar la altitud y las características de los suelos en los agroecosistemas cafetaleros con manejo orgánico y conocer su efecto sobre la calidad física del grano y sensorial de la bebida.
3. Determinar la influencia de las variedades de café sobre la calidad física del grano y sensorial de la bebida de café orgánico.
4. Determinar la influencia de la sombra en la calidad física del grano y sensorial de la bebida de café orgánico.
5. Determinar la calidad del café orgánico en los territorios de influencia de organizaciones productoras de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla y Guerrero.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Consideraciones metodológicas

La presente investigación es una primera aproximación al conjunto de factores que influyen en la calidad física y sensorial del café en México, en la que se considera como unidad de estudio a los agroecosistemas con producción de café orgánico, bajo una perspectiva agroecológica. Por la naturaleza y complejidad del agroecosistema cafetalero, es pertinente mencionar ciertas consideraciones para la construcción de la metodología.

- **Enfoque agroecológico y transdisciplinario.** La perspectiva agroecológica permite integrar conocimientos y métodos de varias disciplinas, como son: cafecultura, sistemas de información geográfica, caracterización ambiental, índices ecológicos, botánica, clasificación de tierras (Campesina y FAO-UNESCO), estudios físico-químicos de suelos, análisis sensorial de alimentos, análisis estadístico, entre otros. De esta forma se abordan los paradigmas cuantitativo y cualitativo de las ciencias, que permiten la incorporación de diversos métodos deductivos, inductivos y empíricos, así como técnicas e instrumentos de investigación, como son: documental, entrevista, muestreo, experimentos y análisis de información. También es importante mencionar que la investigación es transdisciplinaria al considerar el conocimiento local de los productores de café orgánico.
- **Área de estudio.** El estudio se realizó en los cinco principales estados productores de café en México: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero. Entre ellos Chiapas y Oaxaca son los principales productores de café orgánico.
- **Enfoque de investigación desarrollo.** En la investigación se aplicó un enfoque de investigación-desarrollo (UACH, 2002), que consideró la participación de nueve organizaciones productoras de café orgánico certificado (Cuadro 4 y Figura 8), y que pretenden lograr el café sustentable (Anónimo, 2001; Pérez G., *et al.*, 2002). Estas organizaciones también están interesadas en conocer y mejorar la calidad del grano y la bebida.

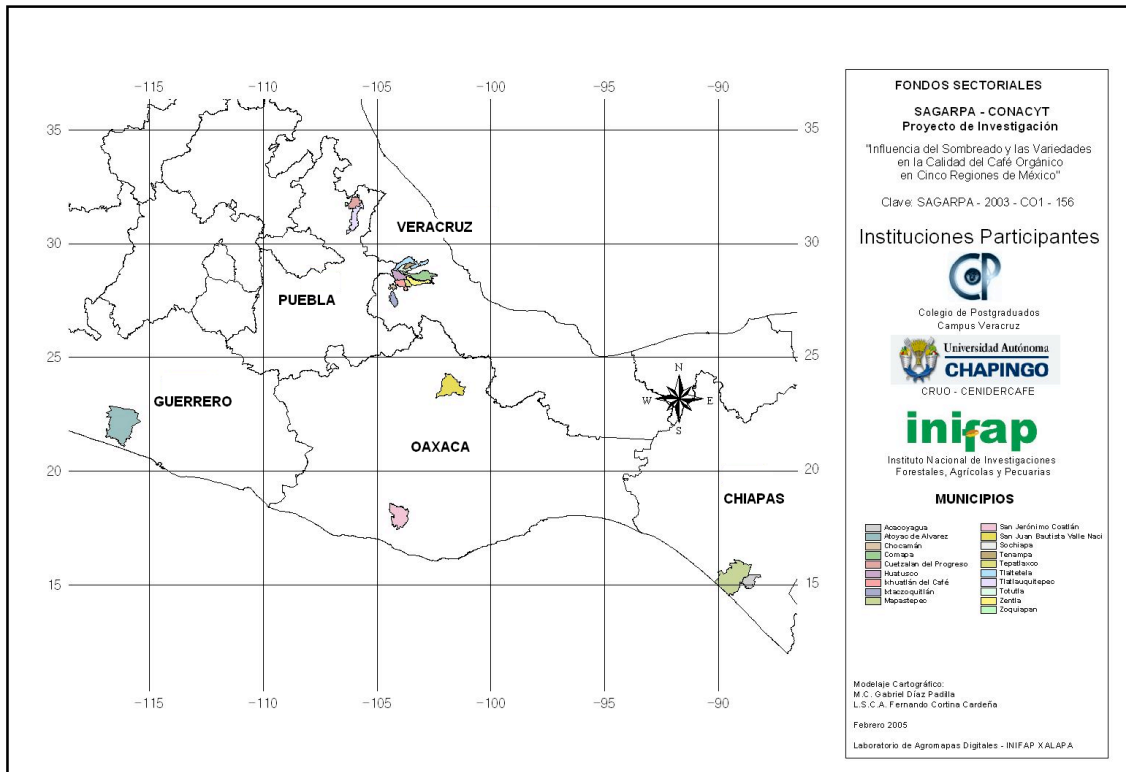


Figura 8. Ubicación geográfica de las regiones de estudio.

La selección de las organizaciones se hizo con base en sus antecedentes y en su amplia disposición para colaborar en el estudio.

- **Territorios de café orgánico.** Las nueve organizaciones estudiadas se han agruparon en tres modalidades; atendiendo su distribución territorial a nivel comunidad, a nivel municipio y a nivel regional. Esta forma de agrupación está en función de la identidad de los productores y de su organización, en donde entran en juego diversos aspectos, como: sus orígenes y su bagaje cultural, sus condiciones socioeconómicas, políticas y geográfico-naturales, así como sus recursos, sus métodos y sus expectativas; es decir, se consideran los criterios y limitaciones impuestas por las propias organizaciones. Esta situación llevó a definir territorios de café orgánico como los espacios geográficos en donde los miembros de la organización cultivan, transforman y comercializan café orgánico. Esta consideración y definición de territorios, también tiene el propósito de que los resultados del estudio se transfieran posteriormente a los productores y que esta retroalimentación sea útil para el diseño de sus estrategias.

- **La altitud como criterio de selección.** La altitud, factor fundamental en la calidad del café, fue el criterio para seleccionar los cafetales estudiados en cada área de influencia de las organizaciones. En cada territorio de café orgánico se determinaron transectos altitudinales, procurando incluir toda el área de influencia de la organización.

6.2 Estudio en etapas

Con la finalidad de responder a los supuestos de las hipótesis, esta investigación se dividió en seis etapas, partiendo desde un nivel general para avanzar a lo particular. De esta manera, el primer paso fue conocer la dinámica socio-económica de los productores de café orgánico, pasando posteriormente a los cafetales y la obtención de las muestras de café, para finalizar con la evaluación física y sensorial del grano y la bebida. De esta manera la primer etapa consistió en identificar las principales características de la producción del café orgánico a nivel nacional, a través de consultar la base de datos de una agencia certificadora orgánica. La segunda fase consistió en la aplicación de un cuestionario, obtención de muestras suelo, árboles de sombra con la finalidad de obtener información de los agroecosistemas cafetaleros; además de hacer mediciones ecofisiológicas; estas determinaciones se realizaron en Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero. Una tercera etapa consistió en el estudio de la calidad del café en 15 variedades cultivadas con manejo orgánico ubicadas en tres plantaciones experimentales localizadas en Veracruz, Oaxaca y Puebla. La cuarta etapa consideró la obtención de las muestras de café orgánico, tanto de las plantaciones comerciales, de los productores, así como de las plantaciones experimentales. La quinta etapa consistió en la evaluación física y sensorial del grano y la bebida. Finalmente la sexta etapa incluyó el análisis de los datos. Etapas metodológicas que se amplían a continuación:

6.2.1 Primera etapa: identificación de las principales características de la producción de café orgánico

Durante el año 2004 se consultó la base de datos de la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos (CERTIMEX, S.C.) ubicada en la Ciudad de

Oaxaca³⁵, las variables analizadas fueron superficie cultivada, número de productores, producción de café, superficie promedio, rendimientos por hectárea, municipios y comunidades productoras, y adicionalmente con un SIG Arc/view 3.2, se elaboró un mapa de municipios productores de café orgánico, con la colaboración del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del INIFAP- Campo Experimental Xalapa.

6.2.2 Segunda etapa: aplicación de cuestionarios y análisis en campo de los agroecosistemas cafetaleros orgánicos

Durante los meses de agosto a octubre del 2004 se realizó el estudio de los agroecosistemas cafetaleros de las nueve organizaciones distribuidas en regiones cafetaleras de Chiapas, Veracruz, Oaxaca Puebla y Guerrero (Cuadro 4).

Conjuntamente con los directivos, técnicos y promotores de cada organización, y con base en la distribución altitudinal de los territorios, se seleccionaron 78 cafetales orgánicos. Se aplicaron cuestionarios a los productores seleccionados y se efectuaron estudios agroecológicos en sus cafetales.

6.2.2.1 Acopio de información con los productores. Para la obtención de la información se utilizó la técnica de entrevista dirigida. Se elaboró y aplicó un cuestionario con 126 preguntas dirigido a productores con el propósito de obtener información sobre el perfil socioeconómico y del manejo agronómico de sus cafetales orgánicos. Las variables socioeconómicas estudiadas fueron: edad, escolaridad, tamaño de la familia, experiencia cultivando café orgánico, superficie cultivada, asistencia técnica, número de trabajadores que participan en el cultivo y la cosecha,

³⁵ CERTIMEX obtuvo en 2003 la acreditación del DAP, Organismo Alemán de Acreditación bajo los requisitos de la Guía ISO-IEC 65 equivalentes a la norma DIN EN 45011, que son equivalentes a los requisitos del Reglamento EEC 2092/91 de la Unión Europea. También posee la acreditación del Conseils des Apellations Agroalimentaires du Québec (CAAQ), en Canadá. CERTIMEX es miembro de IFOAM, Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica. Así mismo, cuenta con la acreditación del USDA NOP, desde el 14 de abril del 2006, lo que permite que su certificación orgánica sea aceptada en el mercado de Estados Unidos. Finalmente cuenta con la acreditación como certificadora de productos de acuerdo a la norma ambiental NADF- 002- RNAT – 2002, que le permite otorgar el sello verde. En: <http://www.certimexsc.com/> (accesado 08/02/07).

familiares migrantes, destino de la producción, precio de venta de café, gasto e ingreso semanal, y cultivo de maíz para autoconsumo, entre otras.

Se registró información sobre el manejo agronómico de las parcelas, entre las que destacan: variedades cultivadas y edad predominante de los cafetos, presencia y manejo de arvenses, manejo de podas, fertilización orgánica, manejo de la sombra, prácticas de conservación de suelos, y presencia de plagas y enfermedades. Además se registró información sobre fenología: floración, periodo de cosecha y número de cortes; estos datos se utilizaron posteriormente para programar la cosecha de muestras de café cereza. Finalmente, mediante entrevista se determinó la productividad expresada en quintales de café pergamino por hectárea ($qq.ha^{-1}$). Adicionalmente, se obtuvo información sobre el conocimiento del productor acerca de los factores ambientales locales y de manejo agronómico que influyen en la calidad del café.

Cuadro 4. Características de las organizaciones participantes en el estudio

Nombre de la Organización	Estado	Área de influencia	Municipios	Grupo étnico	Cafetales estudiados
Unión de Campesinos Ecológicos, S. de S. S.	Chiapas	Municipio	Acacoyahua	Mestizo	4
Nubes de Oro, S. de S. S.	Chiapas	Municipio	Mapastepec	Mestizo	12
Unión Regional de Pequeños Productores de Café Agropecuaria, Forestal y Agroindustrias de la zona de Huatusco, Ver. SSS	Veracruz	Región	Chocamán, Huatusco, Ixhuatlán, Sochiapa, Tenampa, Tlaltetela, Totutla y Zentla	Mestizo	9
Unión de Sociedades para la Producción Agropecuaria Sustentable, A.C. (UNISOPRAS)	Veracruz	Región	Comapa, Chocamán, Ixtaczoquitlán y Naranja	Mestizo	6
Red Nacional de Organizaciones Cafetaleras Sustentables A.C. (REDCAFES)	Veracruz	Región	Chocamán, Ixhuatlán y Tepatlaxco	Mestizo	3
Café Neey, SPR de R.I.	Oaxaca	Comunidad	Valle Nacional	Chinanteco	18
Productores de Café Santo Domingo, S. C. de R. L.	Oaxaca	Comunidad	San Jerónimo	Mestizo	2
Sociedad Cooperativa Agropecuaria Regional Tosepan Titataniske	Puebla	Región	Coatlán, Cuetzalan, Tlaltlahuquitepec y Zoquiapan	Nahua	16
Sociedad Cooperativa La Pintada	Guerrero	Comunidad	Atoyac de Álvarez	Mestizo	8
Totales	5		20		78

6.2.2.2 Caracterización de los cafetales orgánicos. En forma simultánea a las entrevistas, se evaluaron los 78 cafetales orgánicos, mediante mediciones de campo y toma de muestras. El procedimiento se describe a continuación.

6.2.2.2.1. Ubicación del sitio de muestreo en el cafetal. Con el apoyo de los productores seleccionados se hizo un recorrido de reconocimiento por su cafetal orgánico para ubicar un sitio representativo con las características agroecológicas, con base en: relieve, exposición, distribución de la sombra, predominancia de alguna variedad, exposición y manejo del huerto, entre otros. En cada parcela se delimitó un sitio de muestreo de 25 X 25 (625 m²), con base a la experiencia obtenida en cafetales de Veracruz por Martínez *et al.* (2002). Se utilizaron cuerdas de plástico y se marcaron los vértices del cuadro con pintura indeleble, además de marcar alguna referencia próxima al cuadro (árboles, piedras, etc.) para facilitar la identificación posterior del sitio durante la obtención de muestras de café. Se procedió a asignar un número, código o clave a cada sitio, la cual estuvo formada por la palabra cédula y un número de tres dígitos. Así, el primer sitio se etiquetó: cédula 001 y se enumeró en orden progresivo a los demás sitios. Esta clave se anotó en los cuestionarios, en los formatos para acopio de características agroecológicas y en las muestras de suelo y botánicas.

Se determinaron las coordenadas geográficas (latitud y altitud) y la altitud con un sistema de posicionamiento global GPS 12 (Garmin®) y posteriormente se elaboró la cartografía con el programa ARC View 3.2 en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del INIFAP en Xalapa, Veracruz. Así mismo se determinó la caracterización ambiental, que incluyó: clasificación climática (García, 1988), la clasificación edáfica (FAO/UNESCO/ISRIC, 1991) y el tipo de vegetación (Miranda y Hernández, 1963). El Laboratorio cuenta con la digitación de las cartas de climas generadas por DETENAL (hoy INEGI) y con los datos obtenidos mediante georreferenciación se ubicaron los cafetales y se obtuvo el tipo de clima.

6.2.2.4 Caracterización agroecológica del cafetal

6.2.2.4.1 Mediciones de sombra. Entre las mediciones en campo, se determinó el porcentaje de cobertura arbórea con un densitómetro (GRS), haciendo 100 mediciones en cada sitio de muestreo, 50 en cada una de las dos diagonales en que se dividió el cuadro. Se identificó el sistema de cultivo con base en la clasificación de Escamilla y Díaz (2002). En cada sitio se realizó un inventario de árboles de sombra, incluyendo sólo a los árboles con una altura superior al pecho de la persona que hizo el muestreo; en el caso de los árboles desconocidos se procedió a coleccionar muestras botánicas que posteriormente se identificaron taxonómicamente en el herbario del Instituto de Ecología A.C. en Xalapa, Veracruz. Se cuantificó el número de especies arbóreas y el número total de árboles; con estos datos se calcularon los índices de diversidad de Shannon (Somarriba, 1999) y riqueza vegetal de Menhinick (Escamilla, 1997).

También se determinaron los estratos de sombra, la altura máxima de la sombra, y algunos otros criterios considerados por las normas de café de sombra (SMBD, 2002). Finalmente, se determinó la presencia de plátanos, higuera, palmas, helechos, bejucos, epífitas y parásitas en cada sitio de muestreo.

6.2.2.4.2 Mediciones en cafetos. Dentro del área de muestreo se eligieron al azar quince plantas de café en las que se midió con un flexómetro, la distancia entre planta y planta, y la distancia entre surcos para calcular la densidad de plantación. En cada cafeto se cuantificó el número de tallos productivos (crecimiento ortotrópico), con una altura mayor a 20 cm. Se determinó la estructura del cafetal con la metodología del diagnóstico de la productividad de los cafetales (Escamilla, 1997). También se determinó el estado fitosanitario de la planta y la variedad predominante en cada sitio de muestreo.

6.2.2.4.3 Cobertura herbácea. Con el método denominado “punta de zapato” (Staver, 1993) se realizaron 10 mediciones en el sitio de muestreo con el objetivo de determinar la cobertura herbácea (%). Este método consiste en recorrer diez pasos para identificar y anotar la condición más cercana a la punta del zapato del

observador; se consideraron tres opciones: presencia de hierbas, materia orgánica (ramas, hojas, etc.) y suelo visible.

6.2.2.4.4 Suelos. En cada cafetal se tomaron muestras del suelo para su posterior análisis físico y químico. Con una pala recta se levantaron muestras compuestas a partir de cinco submuestras; cuatro submuestras se obtuvieron cerca de los vértices del cuadro y una más en el centro. La profundidad del muestreo fue de 30 cm y a una distancia de 40 cm de la zona de goteo de los cafetos, ya que ésta es la zona de máxima cantidad de raíces y absorción de nutrimentos en la planta.

Con las cinco submuestras se procedió a formar una muestra compuesta, y para homogenizar la muestra se utilizó el procedimiento de “cuarteos diagonales”, hasta obtener una muestra de 2 kg. La muestra obtenida se colocó en una bolsa de polietileno, se etiquetó con el número de cédula correspondiente y se trasladó a las instalaciones de la UACH (CRUO/CENIDERCAFE) en Huatusco, Veracruz, en donde se procedió a su secado en condiciones de temperatura ambiente y bajo sombra. Cuando la muestra de suelo estuvo seca se dividió en dos partes, cada una parte de un kilogramo y se colocaron en bolsas de polietileno que se etiquetaron con el número de cédula, y se almacenaron hasta que se colectaron las 78 muestras del estudio. Una parte se almacenó como réplica para su uso en caso de ser necesario. Adicionalmente se registró el nombre local de tierra, de acuerdo con la clasificación campesina.

Las muestras de suelos fueron enviadas al Laboratorio de Alta Tecnología de Orizaba, S. C. (LATO) para su correspondiente análisis físico y químico, el que se efectuó en el periodo de febrero a abril del 2005.

Las determinaciones fueron las siguientes: pH, acidez intercambiable total, aluminio intercambiable, contenido de materia orgánica (%), nitrógeno total (%), fósforo asimilable, calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro, densidad aparente y textura.

La metodología empleada para las determinaciones se incluye en el Anexo 1. La Figura 9 muestra la caracterización agroecológica del cafetal



Figura 9. Caracterización agroecológica del cafetal.
A. Ubicación del sitio, B. Trazo del área de muestreo, C. Georeferenciación, D. Entrevista al productor, E. Colecta de muestras de suelo, F. Diagnóstico del cafetal, G. Colecta especies de sombra, H. Cuantificación de sombra, I. Cuantificación cobertura vegetal.

6.2.3 Tercera etapa: evaluación de la calidad del café en las variedades de café establecidas en parcelas experimentales

Se determinó la calidad física y sensorial del café en 17 variedades cultivadas con manejo orgánico ubicadas en tres plantaciones experimentales de Veracruz, Oaxaca y Puebla.

6.2.3.1 Ubicación de sitios experimentales. Los tres huertos experimentales de variedades de café ubicados en Veracruz, Oaxaca y Puebla, se establecieron como parte del Proyecto de Mejoramiento Genético del Café desarrollado desde 1998 por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y tres organizaciones cafetaleras (Cuadro 5).

En cada huerto se determinaron las coordenadas geográficas y la altitud con un sistema de posicionamiento global modelo GPS 12(Garmin®).

Cuadro 5. Localización geográfica de los huertos experimentales de café orgánico.

Nombre de la organización	Estado	Municipio	Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Clima [†]	Suelo FAO-UNESCO
Catuaí Amarillo, SSS	Veracruz	Chocamán	Chocamán	19°00'47.3" 97°01'34.9"	1344	Semicálido húmedo (A)C(m)(f)	Cambisol
Café Neeey, SPR de R.I.	Oaxaca	Valle Nacional	Rancho Grande	17°50'59.7" 96°20'00.3"	1004	Semicálido húmedo (A)C(m)	Rendzina
Sociedad Cooperativa Agropecuaria Regional Tosepan Titataniske	Puebla	Cuetzalan	Cuetzalan	20°01'53.8" 97°31'39.3"	891	Semicálido húmedo (A)C(fm)	Litosol

[†] Según García (1988).

6.2.3.2 Variedades evaluadas. Las 17 variedades evaluadas fueron: Pluma Hidalgo, Típica Xhantocarpa, Colombia brote café (BC), Colombia brote verde (BV), Blue Mountain, Oro Azteca, Batie, Dessie, Catuaí Amarillo, Costa Rica 95, Caturra Rojo, Típica 947, Borbón Salvadoreño, Garnica Iquimite, Caturra Amarillo, Garnica F5 y Pacamara. La procedencia, porte de planta, la característica distintiva en calidad, productividad y resistencia a roya de las variedades de café, se muestran en el Cuadro 6.

6.2.3.3 Manejo de las parcelas. Los huertos experimentales son manejados por organizaciones de cafecultores, de acuerdo con las normas de producción orgánica (CERTIMEX, 1998; Sosa *et al.*, 2004). Se cultivan bajo sombra de diversas especies arbóreas, donde el control de hierbas se realiza con machete, se aplican abonos orgánicos (compostas y lombricompostas) y se hacen prácticas de conservación de suelos.

Cuadro 6. Características de las variedades evaluadas en las parcelas de café orgánico.

Variedad	Origen	Origen parental	Porte de la planta [†]	Característica relevante [‡]
Pluma Hidalgo	Oaxaca, México	Selección de Típica	Alto	Calidad
Típica Xhantocarpa	Brasil	Mutación de Típica	Alto	Calidad
Colombia brote café (BC)	Colombia	Híbrido de Timor X Caturra	Bajo	Resistencia a la roya
Colombia brote verde (BV)	Colombia	Híbrido de Timor X Caturra	Bajo	Resistencia a la roya
Blue Mountain	Jamaica	Selección de Típica	Alto	Calidad
Oro Azteca	México (INIFAP)	Híbrido de Timor X Caturra	Bajo	Resistencia a la roya
Batie	Etiopía	Material silvestre	Alto	Productividad
Dessie	Etiopía	Material silvestre	Alto	Productividad
Catuaí Amarillo	Brasil	Mundo Novo X Caturra	Bajo	Productividad
Costa Rica 95	Costa Rica	Híbrido de Timor X Caturra	Bajo	Resistencia a la roya
Caturra Rojo	Brasil	Mutación de Borbón	Bajo	Productividad
Típica 947	México (INMECAFE)	Selección de Típica	Alto	Calidad
Borbón Salvadoreño	EL Salvador	Selección de Borbón	Alto	Calidad
Garnica Iquimite	Veracruz, México	Selección de Garnica	Bajo	Productividad
Caturra Amarillo	Brasil	Mutación de Caturra Rojo	Bajo	Productividad
Garnica F5	México (INMECAFÉ)	Mundo Novo X Caturra Amarillo	Bajo	Productividad
Pacamara	El Salvador	Pacas X Maragogipe	Medio	Calidad

[†] Altura de la planta: porte alto (> 3m), porte medio (2-3 m) y porte bajo (< 2m).

[‡] Calidad= Alta calidad física y sensorial del grano o la bebida. Productividad = Alto rendimiento de café por hectárea; Resistencia a la roya = Variedades con resistencia a enfermedad fungosa causada por *Hemileia vastatrix* Berk. and Br.

6.2.4 Cuarta etapa: obtención de las muestras de café orgánico

En esta etapa se hizo la cosecha de las muestras de café de los cafetales orgánicos, en el periodo de Noviembre a Marzo del ciclo cafetalero 2004-2005. Las muestras se obtuvieron de los cafetales de los productores y de las plantaciones experimentales.

6.2.4.1 Acopio de muestras de café en campo. Puesto que la época de maduración de los frutos del café se prolonga por varios meses y la cosecha se realiza en varios cortes, todas las muestras de café cereza se tomaron durante el corte principal (el de mayor volumen). Como se requerían alrededor de 300 g de café

molido para la evaluación sensorial, en cada parcela se cosecharon alrededor de 12 kg de fruto en estado óptimo de maduración, de la variedad predominante en los sitios seleccionados en los cafetales de los productores y de los huertos de variedades experimentales. En los cafetales de los productores se consideró la información de la fecha de corte reportada en la primera visita. La cosecha se hizo de forma manual, con especial atención de que las cerezas estuvieran con un grado de maduración uniforme, y se evitó cosechar: granos verdes, inmaduros o “pintones”, secos o agrios. En el caso de Guerrero se acopiaron 20 kg de café cereza para realizar un estudio sobre métodos de beneficiado (vía húmeda y vía seca).

6.2.4.2 Evaluación de café cereza. Del total del café cosechado, se pesaron sólo 10 kg de frutos maduros, después de un proceso de selección sobre una zaranda de alambre, en el que se eliminaron los frutos que no tuvieron maduración uniforme y algunas impurezas (hojas, pedúnculos, etc.) y se procuró homogenizar la muestra. De la muestra total de café cereza se obtuvieron tres submuestras, cada una de 200 g, en las que se se determinaron las variables: peso promedio de fruto (g), porcentaje de frutos dañados por la broca del café (*Hypothenemus hampei* F.), porcentaje de frutos vanos o vacíos (flotan en agua) y eficiencia o rendimiento agroindustrial del proceso de beneficiado de café de cereza a pergamino (kg). Se anotaron estos datos en los registros respectivos y se procedió a reintegrar las submuestras a la muestra original para proceder al beneficiado.

6.2.4.3 Beneficiado de café cereza. Por la naturaleza perecedera de café cereza, las muestras se procesaron inmediatamente en las regiones de estudio con el apoyo de los productores y sus organizaciones. Las muestras de Puebla se procesaron en el beneficio de la Cooperativa Tosepan Titatatske; las de Chiapas en beneficios familiares de los productores; las de Oaxaca en el beneficio de la organización Café Ñeey; las de Guerrero en el beneficio de una socia productora de la Cooperativa La Pintada; las de Veracruz en el beneficio de la Sociedad Catuai Amarillo en Chocamán y en el beneficio de la UACH (CRUO/ CENIDERCAFE) en Huatusco.

Las muestras de café cereza se sometieron al procedimiento de los cafés lavados o suaves (vía húmeda), que incluye las fases de despulpado, fermentado natural, lavado y secado a sol. En Oaxaca, Chiapas y Puebla se utilizaron despulpadoras de cilindro o de tambor. En Veracruz y Guerrero se utilizaron despulpadoras de disco. La muestra de café despulpado se colocó en recipiente de plástico para su fermentación, y se revisó continuamente hasta la remoción total del mucílago. Cuando terminó la fermentación se procedió a lavar la muestra con agua; en este lavado se eliminaron los granos vanos que flotaron. Se registró la hora de lavado para así calcular el tiempo que tardó la fermentación. La muestra de café lavado se colocó en un harnero de plástico para eliminar el exceso de agua. Se registró la fecha y la hora en que se inició el lavado así como la hora en que se terminó el proceso, en el formato correspondiente.

El café lavado se colocó en una zaranda de madera con malla de plástico para su secado al sol. Este proceso requirió 3 a 10 días en función de las condiciones ambientales prevalecientes, hasta obtener un café pergamino seco con 12.5 % de humedad. En seguida se determinó el rendimiento o eficiencia industrial de café cereza a pergamino, en quintales. Cuando el grano alcanzó el porcentaje de humedad sugerida, se procedió a pesar la muestra para obtener así el rendimiento industrial. El rendimiento industrial se mide en quintales (qq) de café y es una unidad de medida adoptada para comparar volúmenes de café³⁶.

El café pergamino resultante del beneficiado fue trasladado y almacenado temporalmente en el módulo de beneficio de la UACH, en Huatusco, Veracruz. Las muestras fueron empacadas en bolsas plásticas y almacenadas a temperatura ambiente hasta su catación. De cada muestra de café pergamino seco se obtuvieron dos submuestras, cada una de 1 kg y se colocó en una bolsa de papel, que se selló y etiquetó con su código de tres dígitos. La muestra embolsada y etiquetada se colocó en cajas de cartón con la siguiente información: tipo de muestra y códigos de muestras que contenía.

³⁶ 1 qq de café cereza = 245 kg de cereza maduro = 57.5 kg de café pergamino = 46 kg de café verde u oro (Rayón y Enríquez, 1999).

Un criterio importante para el almacenamiento de las muestras de café pergamino fue asignarles una numeración en función del periodo de cosecha, y con base en este criterio programar su evaluación física y sensorial, y así evitar problemas de añejamiento del café. En esta etapa se obtuvieron 78 muestras de café cereza de los cafetales orgánicos de los productores, y 45 muestras de las variedades experimentales. También se tomaron muestras de café pergamino de las organizaciones que participaron en el estudio, las cuales se obtuvieron directamente de las bodegas de almacenamiento.

La Figura 10 muestra el proceso de colecta de la muestra de café en cereza maduro, y de beneficiado mediante despulpado, fermentación, lavado, secado al sol y preparado para su análisis físico y sensorial en el Laboratorio de Pruebas (LP).



Figura 10. Obtención de las muestras de café.

A. Cosecha, B. Eliminación de granos inmaduros, C. Despulpado, D. Fermentación, E. Lavado, F. y G. Secado de las muestras, H. Laboratorio de Evaluación física y sensorial de café CRCV, I. Envío de las muestras

6.2.5 Quinta etapa: evaluación física y sensorial del grano y la bebida

La evaluación física del grano y sensorial de la infusión de café se hizo en el LP del Consejo Regulador del Café Veracruz (CRCV, 2002)³⁷, localizado en Xalapa, Veracruz. Esta etapa se desarrolló en los meses de Marzo a Noviembre del 2005, y según los criterios del CRCV se evaluaron cuatro muestras por semana. En función de esta programación, las muestras de café pergamino se trasladaron de Huatusco a Xalapa, Ver. Una réplica de las muestras de café pergamino se almacenó como resguardo en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la UACH (CRUO/CENIDERCAFE).

6.2.5.1 Evaluación física. Los datos físicos fueron: rendimiento industrial del proceso de beneficiado de café pergamino a oro (kg), color del café oro (Guía Pantone), porcentaje de granos normales (tipo planchuela), porcentaje de los granos anormales (caracol, triángulo, conchas y elefantes) y tamaño de los granos³⁸ (mm).

6.2.5.2 Evaluación sensorial. Las muestras se tostaron y molieron en forma estandarizada. El análisis sensorial lo realizó un panel de siete catadores o jueces, que describieron cuantitativamente y cualitativamente los atributos de la infusión, mediante pruebas ciegas con base en la Norma Oficial Mexicana para la Denominación de Origen del Café Veracruz NOM-149-SCFI-2002 (Secretaría de Economía, 2002; Consejo Regulador del Café-Veracruz, 2002). Las variables sensoriales fueron: tiempo de tueste, color del tueste, temperatura promedio del tueste y número de vanos al tueste; intensidad de aroma, intensidad de acidez, intensidad de cuerpo y número de tazas dañadas, así como el buqué de la infusión definido por los atributos denominados fragancia, aroma, nariz y resabio. En cada uno de los atributos se determinaron notas primaria, secundaria y terciaria. En el manejo de muestras y la evaluación sensorial se usó el procedimiento diseñando por

³⁷ Consejo Regulador del café Veracruz A.C. Laboratorio de Pruebas (LP). En: <http://www.cafeveracruz.org.mx/servlet/seleccion>.

³⁸ El tamaño se mide en zarandas o malla con orificios, graduada en múltiplos de 0,397 mm equivalente a 1/64 in. La zaranda de la letra "n" implica una malla con orificios de "n" veces 0,397 mm y se abrevia "Zn" (graduación de la zaranda). Por ejemplo, "Z18" significa "Zaranda número 18", y es una malla con orificios de 7,14 mm (Secretaría de Economía, 2002).

la Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2003) y por la Secretaría de Economía (2002). Los atributos evaluados se definen a continuación.

- **Acidez**³⁹. Sensación gustativa primaria producida por la dilución de ácidos orgánicos, percibida con mayor intensidad en las regiones laterales de la lengua.
- **Cuerpo**⁴⁰. Sensación táctil percibida en la boca por la presencia de sustancias insolubles, líquidas o sólidas, suspendidas en la bebida. Es la sensación de viscosidad del café. La intensidad de aroma, acidez y cuerpo se midieron en una escala ascendente de 1 a 5 (de menor a mayor calidad).
- **Tazas dañadas**. Se refiere a los sabores indeseables detectados en seis tazas de la infusión, por muestra. De estos sabores se identificaron: astringencia, hierbas, terroso, avinado y floja. Los defectos demuestran la presencia de fenoles, fermento y vinagre, entre otros.
- **Fragancia**. Olor del café molido (seco).
- **Aroma**⁴¹. Olor de los vapores que se desprenden de una bebida recién preparada.
- **Nariz**. Sensación que producen en la parte posterior del paladar los vapores arrastrados al tragar la infusión.
- **Resabio**. Sensación de sabor percibida en el paladar después de la fase gustativa, provocada por el conjunto de vapores que provienen del material orgánico más pesado.
- **Sabor**. Combinación de aroma y gusto.
- **Dulzor**. Es la detección de azúcares solubles en la punta de la lengua.
- **Bouquet**. Es el perfil aromático total del café y está integrado por la fragancia, aroma, nariz y resabio. En la descripción del bouquet se ha integrado el concepto de nota especial, el cual corresponde a la nota que sin predominar en algún atributo en particular, registró una frecuencia de más de 10 % del total de observaciones realizadas en el proceso de evaluación. Existen otros términos aplicados

³⁹ La acidez es la intensidad de los ácidos orgánicos. La escala cualitativa para acidez: escasa, ligera y balanceada (Figuroa *et al.*, 1999).

⁴⁰ Esta cualidad está íntimamente relacionada con la naturaleza de los sólidos solubles de la infusión. La escala cualitativa es: ligero, mediano, pronunciado y completo (Figuroa *et al.*, 1999).

⁴¹ Esta es la primera cualidad que el catador percibe al inhalar los vapores de la taza. La escala cualitativa de aroma es: suave, discreto, aromático, limpio y fragante (Figuroa *et al.*, 1999).

tradicionalmente a la catación del café, que no fueron utilizados en el presente estudio⁴²

6.2.6 Sexta etapa: análisis de los datos

Los datos fueron capturados en el Programa Excel y se trasladaron al programa Statistica 6.1 (StatSoft, Inc., 2003) para su análisis estadístico. Los datos fueron sometidos a un análisis exploratorio para obtener las estadísticas descriptivas, histogramas y las correlaciones entre todos los indicadores y las variables. También se utilizó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias, ésta con la prueba de Tukey (HSD) con un nivel de significancia de 0.05.

Debido a la diversidad de variables agroecológicas, se consideraron tres tipos: razón, intervalo y nominales. Entre las variables de razón y de intervalo estuvieron altitud, número de especies de sombra, cobertura arbórea y las variables que describen las características químicas del suelo, entre otras; en este caso se empleó correlación. En las variables nominales, como fueron variedades y sistemas de sombra, se utilizó análisis de varianza. Finalmente por la naturaleza multivariada de los factores que influyen sobre la calidad del café se utilizaron componentes principales.

⁴² Fineza: sabor agradable que presentan ciertos cafés estrictamente duros. Escala de fineza: Regular, balanceada buena y presente. Balance: es el equilibrio entre los distintos atributos. La uniformidad la homogeneidad a través de las cinco o seis tazas analizadas. La taza limpia evalúa un café libre de sabores residuales.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los principales resultados de esta investigación en función de las hipótesis planteadas, a la vez que se discute con otros estudios similares realizados en otros países cafetaleros y en México, en particular en Veracruz. Posteriormente se incluye un análisis integral con las variables de mayor efecto sobre la calidad, y finalmente se describen y discuten otros hallazgos relevantes encontrados en la investigación.

7.1 Primera hipótesis particular

Los factores ambientales, agronómicos, genéticos y sociales influyen en el desarrollo de la cafecultura orgánica en México; siendo el factor social determinante en el desarrollo de este sector, es por ello los estados más organizados son Chiapas y Oaxaca.

7.1.1 Características de la producción de café orgánico en México

Diversas agencias certificadoras acreditan proyectos orgánicos en México, entre las que destacan OCIA-México, Naturland, IMO Control, Bioagricoop, entre otras que certifican café (Sosa *et al.*, 2004). CERTIMEX es hasta el momento la certificadora nacional con mayor presencia en el sector orgánico, con una importante cobertura de proyectos de café orgánico en el país. Por la destacada trayectoria de esta agencia que ha logrado reconocimiento internacional, sus datos son confiables y permiten generar información valiosa y actual sobre variables relativas a este dinámico sector.

Con información de CERTIMEX se determinó que la superficie cultivada con café orgánico es de 66 390 ha y con 28 316 productores, que representan 9.9 % y 5.8 %, respectivamente del total nacional. En el Estado de Chiapas se concentra 57.9 % de los productores y 64.7 % de la superficie de café orgánico en el país, seguido de Oaxaca. En Chiapas el café orgánico representa 15.8 % de la superficie cultivada con café y 10.6 % de los productores.

La producción de café orgánico en el ciclo 2004-05 fue de 437 553 qq de pergamino seco, que equivale a 335 500 sacos de café oro para exportación, que representó alrededor del 10% de la producción nacional de café; más de 70% de la producción de café orgánico es aportada por el Estado de Chiapas (Cuadro 7). La superficie promedio por productor orgánico es de 2.3 ha, valor mayor al promedio nacional que es de 1.4 ha (SAGARPA, 2005). La disponibilidad de tierra para producir café orgánico es mayor en el Estado de Oaxaca, con un promedio de 3.34 ha por productor, que supera en más de 1 ha a los productores de Chiapas y Veracruz. En contraste, los productores que disponen de menor superficie están en los Estados de Guerrero y Puebla. En el rendimiento se observa una notable diferencia, ya que en Veracruz se obtiene la mayor productividad de café orgánico con 15.63 qq.ha⁻¹ (3,900 kg de café cereza), que supera considerablemente a las otras entidades productoras. En el caso de los estados con mayor producción de café orgánico, se aprecia que Chiapas duplica la productividad de Oaxaca.

Cuadro 7. Características de la producción de café orgánico en México

Estados	Sup. (ha)	Productores	Producción (qq)	Mpios.	Comunidades	Sup. promedio (ha)	Rend. (qq.ha ⁻¹)
Chiapas	38 445	18 337	305 637	70	942	2.10	7.95
Oaxaca	20 636	6 176	66 241	47	175	3.34	3.21
Veracruz	2 463	1 079	38 496	16	58	2.28	15.63
Puebla	3 678	1 983	21 994	2	29	1.86	5.98
Guerrero	1 168	741	5 185	10	47	1.58	4.44
Total/Promedio	66 390	28 316	437 553	145	1 251	2.34	6.59

Fuente. Elaboración propia con base en datos de CERTIMEX S.C. (2005). Sup: superficie, Rend: rendimiento.

Los resultados anteriores ratifican la importancia de Chiapas y Oaxaca en la producción de café orgánico, pues entre ambos aportan 90 % de la superficie, 86.5 % de los productores y 84.9 % de la producción.

De un total de 404 municipios cafetaleros en México, se registra presencia de café orgánico en 36 % y de un total de 4572 comunidades cafetaleras (UACH, 2005), 27.5 % reportan su cultivo (Figura 11). Aunque el volumen de producción orgánica es aún pequeño en relación al total nacional, el café orgánico tiene alta importancia económica y social en más de 145 municipios y 1251 comunidades donde se



Figura 12. Imágenes satelitales de la ubicación de las seis regiones en estudio.

7.1.2.2 Perfil socioeconómico de los productores. Los indicadores sociales y económicos permiten determinar los rasgos más importantes de los caficultores orgánicos, en donde predominan los pequeños productores. También se ratifica la polarización del sector cafetalero mexicano, matizado en sus mercados contrastes regionales. Ciertos indicadores están asociados a la experiencia y funcionamiento de las organizaciones estudiadas, o bien a la dinámica de las regiones cafetaleras donde están ubicadas.

La edad promedio de los caficultores orgánicos es de 49 años, con variaciones regionales entre 43 y 54 años, lo cual muestra que los productores se están haciendo viejos. El número de familiares migrantes por productor, que en promedio es de 1.5, refleja la intensa migración en particular hacia los EE. UU. Estas tendencias constituyen un enorme problema social y una amenaza para el sector orgánico, debido a que los hijos de los productores se están desvinculando de la producción, beneficiado y comercialización del café, situación que limita la transmisión de estos valiosos conocimientos y experiencias entre generaciones (Cuadro 8).

Cuadro 8. Perfil socioeconómico de los caficultores orgánicos.

Variable	Chiapas	Oaxaca	Veracruz	Puebla	Guerrero	Promedio/ Total	ANOVA
Casos	16	20	18	17	8	79	
Edad (años)	46	45	52	54	43	49	SDE ¹
Escolaridad (años)	2.25 a	4.8 ab	6.2 b	4.8 ab	7.6 b	4.9	p=0.009
Número de integrantes de la familia	7.7 b	4.6 a	6.8 ab	6.2 ab	6.0 ab	5.6	p=0.007
Experiencia cultivando café (años)	23.9 a	27.8 a	31.5 bc	43.4 c	34.7 bc	31.9	p=0.001
Superficie con café (ha)	5.6 b	4.5 ab	5.4 b	2.19 a	8.0 b	4.8	p=0.000
Asistencia Técnica ²	1.9 ab	1.2 a	6.0 b	3.6 a	0.4 a	2.8	p=0.047
Número de trabajadores para labores de cultivo	2.1	2.6	3.4	1.8	3.9	2.6	SDE
Número de trabajadores para la cosecha	7.3 ab	4.0 a	11.3 ab	4.5 ab	15.5 b	7.6	p=0.012
Número de familiares migrantes	0.9	1.7	1.9	2.1	1.4	1.6	SDE
Gasto semanal (US\$) ³	32.90	41.39	42.86	48.84	51.69	42.68	SDE
Ingreso semanal (US\$) ³	27.76	48.52	64.08	53.02	71.29	51.13	SDE
Cultivo de maíz para autoconsumo (%) ⁴	93.8	65.0	44.4	58.8	25.0	61.0	

1 SDE=Sin diferencia estadística entre estados, **2** Asistencia técnica= Número de veces que los técnicos visitan el cafetal durante el año, **3** La paridad peso-dólar fue de \$10.87, con fecha 22 de Diciembre del 2006, **4** Proporción de productores de café que cultivan maíz para consumo familiar.

El promedio de escolaridad es de cinco años, que no completa la educación primaria de seis años en el país, con diferencias entre estados; por ejemplo, los productores de Guerrero presentan la máxima escolaridad porque debido en la organización seleccionada participan algunos profesionistas, mientras que en Chiapas se tiene el nivel más bajo con tan solo 2.2 años de estudio. La familia más numerosa se localiza en Chiapas, con 7.7 miembros que supera ampliamente al resto de los estados. La mayor experiencia en el cultivo del café se encuentra en Puebla, relacionada con una zona indígena nahua y con la organización Tosepan Titataniske, la más antigua de las nueve estudiadas con alrededor de 30 años; en cambio la menor experiencia se reporta en Chiapas debido a que las dos organizaciones se ubican en regiones que fueron colonizadas en años más recientes. La asistencia técnica, valorada con el número de visitas que realizan los técnicos a los cafetales por año, es muy alta en Veracruz con seis y muy baja en Guerrero. Este contraste refleja las diferentes condiciones de comunicación y acceso a los cafetales. En Puebla destaca la mayor capacitación, referida al número de cursos que han recibido los productores, que desde su ingreso a la organización llevan casi 18 cursos en promedio; este valor tan alto se debe a la trayectoria de la

Tosepan Titataniske, organización que se ha preocupado en la formación de sus productores.

El número promedio de trabajadores requeridos por productor, para las labores del cultivo es de 2.6, y de 7.6 para el levantamiento de la cosecha. En Guerrero y Veracruz se requieren mayor número de cortadores, en el primer caso por tener la mayor disponibilidad de superficie, y en el segundo por los mayores niveles de productividad del café.

El balance entre el ingreso y el gasto semanal es negativo para el Estado de Chiapas y ligeramente positivo para el resto de los estados. Más de 60 % de los productores orgánicos cultivan maíz para autoconsumo, pero Chiapas predomina con más de 90 % de los productores entrevistados; caso contrario es Guerrero, donde solo la cuarta parte cultivan este alimento básico de la población.

El liderazgo de Chiapas en la producción y comercialización de café orgánico es de reconocerse, pero las condiciones socioeconómicas de los productores son las más precarias, lo que se refleja en los niveles más bajos de escolaridad, la familia más numerosa y los menores ingresos, en comparación con los productores de las otras entidades.

No obstante los esfuerzos que realizan los productores y sus organizaciones por diferenciar su producto, los resultados del estudio confirman que la gran mayoría del café orgánico se cultiva en zonas montañosas dispersas, aisladas, marginadas, con escasa infraestructura y con altos niveles de pobreza, en donde el grano es prácticamente la única fuente de ingreso económico. No es casual que los principales estados productores de café en México son los más pobres del país.

7.1.2.3 Caracterización ambiental de las regiones productoras de café orgánico.

Se determinaron las principales características ambientales de las cinco regiones productoras de café orgánico.

7.1.2.3.1 Clima. Se identificaron tres climas: templados, semicálidos y cálidos (Cuadro 9). Los semicálidos son los más frecuentes y representativos para el cultivo del café (61.5%), y en particular el tipo (A)C(m) identificado en Veracruz, Oaxaca y Chiapas.

Cuadro 9. Tipos de clima en las regiones cafetaleras estudiadas.

Clima	Descripción	%	Estados
Semicálidos	Semicálido húmedo del grupo C. Con temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C.	61.5	Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Puebla y Guerrero
(A)C(m)	Con precipitación anual mayor de 1,000 mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano del 5 % al 10.2% del total anual.	25.6	Veracruz, Oaxaca y Chiapas
(A)C(fm)	Con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm, por ciento de precipitación invernal mayor de 18.	21.8	Veracruz y Puebla
(A)C(m)(f)	Régimen de lluvias de verano con influencia de monzón y porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2.	10.3	Veracruz
(A)C(w ₂)	Régimen de lluvias de verano con P/T mayor de 55.3.	3.8	Guerrero y Veracruz
Cálidos	Cálido con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C	35.8	Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Puebla
Am	Calido húmedo. Régimen de lluvias de verano con influencia de monzón, la precipitación del mes más seco es menor de 60 mm y el porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2.	24.3	Oaxaca y Chiapas
Aw ₂	Cálido subhúmedo. Régimen de lluvias de verano con P/T mayor de 55.3. Es el más húmedo de los subhúmedos.	7.7	Guerrero
A(f)	Cálido húmedo. Las lluvias están repartidas a lo largo del año por lo que no hay una estación seca, ya que todos los meses superan los 60 mm.	2.5	Puebla
Aw ₁	Cálido subhúmedo. Régimen de lluvias de verano con P/T entre 43.2 y 55.3.	1.3	Oaxaca (Coatlán)
Templados	Templado. Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre 3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C	2.6	Chiapas y Oaxaca
C(m)	Templado húmedo. Régimen de lluvias en verano, con influencia de monzón.	1.3	Chiapas
C(w ₁)	Templado subhúmedo. Régimen de lluvias de verano con P/T mayor de 55.3.	1.3	Oaxaca (Coatlán)

Fuente: Elaboración propia con datos del INIFAP (2005). Laboratorio de SIG Campo Experimental Xalapa.

7.1.2.3.2 Relieve. El relieve es importante para caracterizar el terreno donde se cultiva café. En este estudio se encontraron seis grados de relieve: terrenos planos, ligeramente inclinados, lomeríos (suave y fuerte), ladera de cerro y ladera de barranca (Figura 13). El 8 % de los cafetales se ubican en terrenos con relieve plano, en lomeríos 33%, en terrenos ligeramente inclinados 34 % y 25 % en laderas. Chiapas presentó las formas de relieve más abruptas, siendo las laderas (60 %) y

los lomeríos fuertes (40 %) las formas más comunes. Esto reafirma lo que diversos autores han indicado que los cafetales se desarrollan en relieves pronunciados con fuertes pendientes (INMECAFÉ-NESTLÉ, 1990; Regalado, 1996; Wintgens, 2004). A diferencia de los otros estados, en Veracruz las formas de relieve predominantes son: ligeramente inclinadas, lomerío suave y terreno plano.

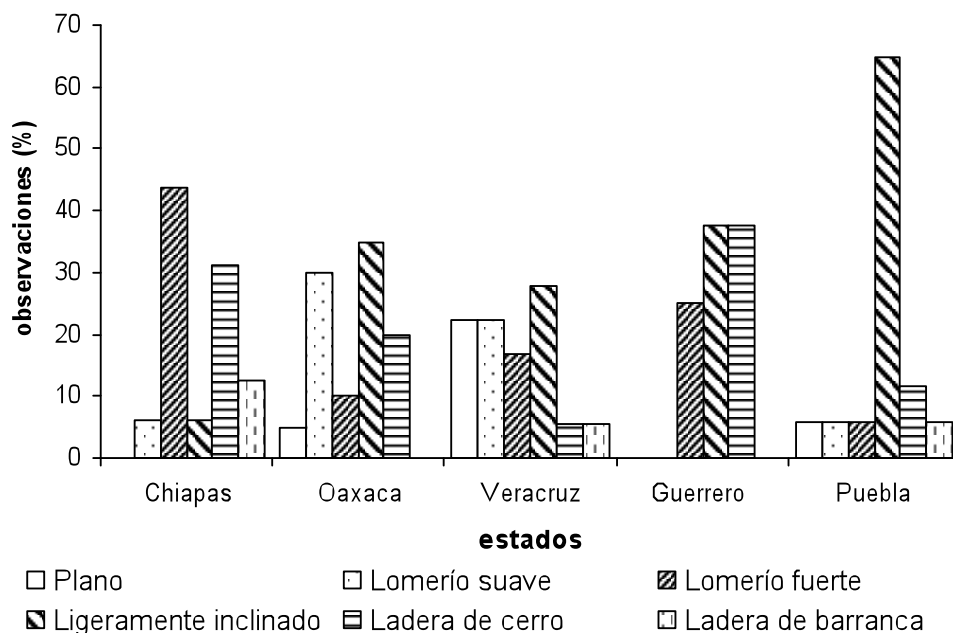


Figura 13. Tipos de relieve encontrados en los cinco estados en estudio.

7.1.2.3.3 Suelos. Los resultados de suelo se agrupan en dos apartados. En primer lugar se considera la clasificación campesina de suelos y en segundo lugar la clasificación de la FAO-UNESCO.

a) Clasificación campesina de los suelos. Cada productor nombra de manera particular a sus suelos (tierras), dependiendo de características físicas como color, textura, dureza, facilidad para trabajarlos, etc. Se reportan diversos nombres para los suelos cafetaleros, como son: tierra polvilla, barreal, tierra negra, tierra colorada, tierra de grano, suelo arcilloso, de ciénega, arenoso, tierra barrealosa, tierra arenosa, tierra blanca (sako) y suelo limoso arenoso. Las denominaciones locales más frecuentes son barreal y tierra negra, detectados en los cinco estados (Cuadro 10). La clase “tierra negra” se identificó en los cinco estados (43.7 %), y predominan en

Oaxaca y Veracruz; la clase “barreal” (25.7 %), prevalece en Puebla, Chiapas y Guerrero; “tierra polvilla” es el tercer tipo reportado (7.7 %), en Veracruz y Puebla. El 22.9 % restante utilizan distintos nombres.

Cuadro 10. Clasificación campesina de los suelos en el área de estudio.

Clase de suelo	Sitios de muestreo					Total	%
	Chiapas	Oaxaca	Veracruz	Guerrero	Puebla		
Polvillo	0	0	4	0	2	6	7.7
Barreal	6	1	3	3	7	20	25.7
Tierra negra	5	16	6	2	5	34	43.7
Tierra colorada	0	1	1	0	0	2	2.5
Tierra de grano	0	0	1	0	0	1	1.3
Arcilloso	0	0	2	0	0	2	2.5
Ciénega	0	0	1	0	0	1	1.3
Arenoso	1	2	0	2	0	5	6.4
Tierra negra arenosa	3	0	0	0	0	3	3.8
Tierra negra barrealosa	1	0	0	0	0	1	1.3
Tierra blanca (Sako)	0	0	0	0	1	1	1.3
Limoso-arenoso	0	0	0	1	1	2	2.5
Total	16	20	18	8	16	78	100.0

En forma complementaria se preguntó a los cafeticultores sobre la aptitud de su suelo para el cultivo del café. El 53 % piensa que “es bueno”, 32 % lo catalogan como “regular”, 14 % mencionan que el suelo “es excelente” y sólo 1 % opinó que “es malo”.

b) Unidades de suelo de acuerdo con la clasificación FAO-UNESCO. Los suelos se derivan de materiales volcánicos y sedimentarios (Cuadro 11), y sólo en Veracruz están presentes ambos materiales geológicos. Se encontraron siete tipos diferentes de suelos, que van desde los típicos suelos volcánicos, como los Andosoles, hasta los suelos con alta presencia de rocas calizas, como los Litosoles.

Los suelos más frecuentes fueron Cambisoles (23 %), Litosoles (22 %), Rendzinas (18 %) y Feozem (10 %). En Veracruz se encontraron la mayoría de unidades, menos Feozem.

Cuadro 11. Unidades de suelo FAO-UNESCO en el área de estudio.

Variable	Chiapas	Oaxaca	Veracruz	Puebla	Guerrero
Geología	Ígneo	Calizas	Ígneo y Calizas	Calizas	Ígneo
Suelo (FAO-UNESCO)	Cambisol, Feozem y Regosol	Rendzina, Feozem, Litosol y Regosol	Acrisol, Andosol, Litosol, Luvisol, Vertisol y Rendzina	Litosol, Luvisol y Regosol	Cambisol y Andosol

En Chiapas 75 % de los sitios correspondió a las unidades Cambisol, 19 % a Feozem y 6 % a Regosol. En Guerrero, 75 % Cambisol y 25 % Andosol; en Oaxaca 65 % Rendzinas, 25 % Feozem, 5 % Litosol y 5 % Regosol; en Puebla, 88 % Litosol, 6 % Luvisol y Regosol 6 %. En Veracruz, 44 % Acrisol, 22 % Andosol, Litosol y Luvisol 11 % cada uno, y Vertisol y Rendzina con 6.6 % (Figura 14).

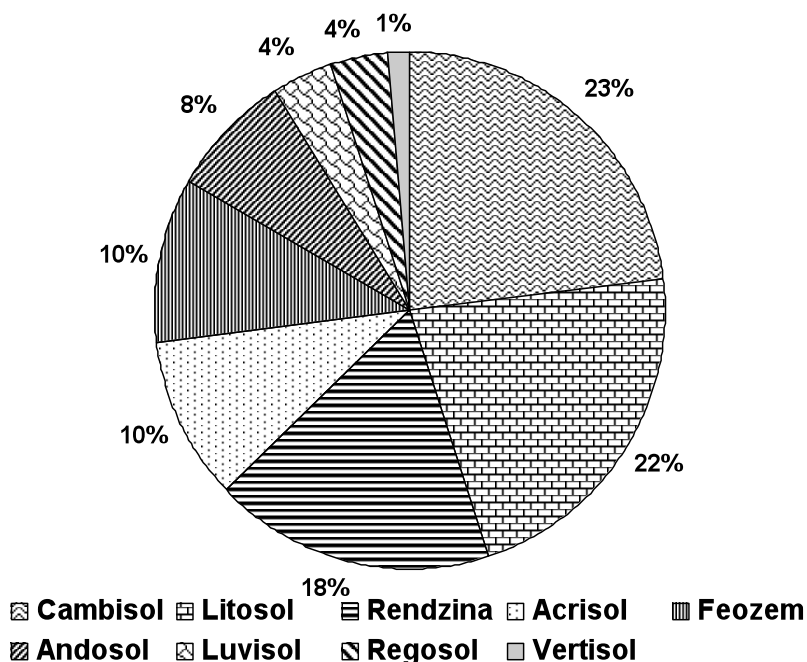


Figura 14. Unidades de suelo (FAO-UNESCO) identificadas en el área de estudio.

Con excepción de los suelos Litosoles y Feozem registrados en este estudio, el resto de unidades de suelo se han reportado para regiones cafetaleras de México (Jiménez y Gómez-Pompa, 1982; Escamilla, 1993,1997), y también coinciden con unidades reportadas para Centroamérica (Bornemisza *et al.*, 1999).

7.1.2.3.4 Vegetación y uso del suelo. Se identificaron 11 combinaciones de vegetación y uso del suelo en las regiones estudiadas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Tipos de vegetación y uso del suelo en los municipios cafetaleros estudiados.

Clave	Descripción	Distribución estatal y municipal
At + ca	Agricultura temporal y cultivos anuales	Veracruz (Naranja y Huatusco) y Puebla (Cuetzalan)
At + cp y sp	Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes	Veracruz (Chocamán, Ixtaczoquitlán, Ixhuatlán del Café) y Puebla (Cuetzalan, Tlatlauquitepec y Zoquiapan)
Bmm	Bosque mesófilo de montaña	Guerrero (Atoyac de Álvarez)
Bmm + vsah	Bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria, arbustiva, y herbácea	Veracruz (Ixhuatlán del café) y Guerrero (Atoyac de Álvarez) y Chiapas (Acacoyahua)
Samp	Selva alta y mediana perennifolia	Veracruz (Ixtaczoquitlán)
Samp + vsah	Selva alta y mediana perennifolia y vegetación secundaria arbustiva	Veracruz (Chocamán), Chiapas (Mapastepec) y Oaxaca (Valle Nacional)
Samsp	Selva alta y mediana subperennifolia	Veracruz (Huatusco)
Samsp + vsah	Selva alta y mediana subperennifolia y vegetación secundaria arbustiva y herbácea	Veracruz (Comapa, Tepatlaxco, Tenampa, Tlaltetela, Totutla, Sochiapa y Zentla) y Chiapas (Mapastepec)
Bo	Bosque de oyamel	Chiapas (Acacoyahua)
Pi	Pastizal inducido	Chiapas (Mapastepec) y Oaxaca (San Jerónimo Coatlán)
Bpe	Bosque de pino encino	Oaxaca (San Jerónimo Coatlán)

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del INIFAP, 2005. Laboratorio de SIG Campo Experimental Xalapa.

Se registraron cinco tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña (bmm), selva alta mediana perennifolia (samp), selva alta mediana subperennifolia (samsp), bosque de oyamel (bo) y bosque de pino encino (bpe). Esta información ratifica lo reportado por Moguel y Toledo (1999), sobre la presencia de cafetales en diversas regiones biogeográficas de gran importancia ambiental para el país. Los tipos de vegetación se encuentran asociados con usos del suelo agrícola (agricultura de temporal, cultivos anuales y perennes) y pecuario (pastizales inducidos). Por ejemplo en Puebla y Veracruz son más evidentes estas asociaciones con actividades agropecuarias, a diferencia de Guerrero, Chiapas y Oaxaca, en donde aún se tiene presencia importante de áreas naturales con menor grado de perturbación.

7.1.2.4 Manejo del cultivo. En el Cuadro 13 se presentan las principales características de la tecnología de cultivo orgánico. A continuación se describen y analizan las principales actividades de manejo en los cafetales estudiados.

Cuadro 13. Manejo en el agroecosistema café orgánico.

Variable	Chiapas	Oaxaca	Veracruz	Puebla	Guerrero	% Nacional
Variedades más frecuentes	Borbón y Typica	Mundo Novo	Typica	Caturra y Garnica	Typica	
Dos deshierbe con machete por año (%)	94.0	80.0	33.0	71.0	25.0	65.0
Prácticas de conservación de suelo (%)	100	50	83.3	88.2	87.5	80.0
Establecimiento de barreras vivas (%)	50.0	40.0	61.1	29.4	12.5	33.2
Aplicación de abono cada año (%)	75.0	30.0	50.0	84.7	0	47.9
Cantidad de abono por cafeto (kg^{-1})	1.19	0.72	4.61	1.76	0.25	
Cantidad de abono aplicado al cafetal (kg. año^{-1})	469.7	520.0	2 998.1	955.9	75.0	
Poda veracruzana (%)	31.0	15.0	67.0	47.0	13.0	40.0
Poda de recepa (%)	69.0	40.0	6.0	47.0	75.0	46.0
Regulación anual de sombra (%)	68.8	55.0	38.9	58.8	37.5	51.8
Rendimiento (qq.ha^{-1})	10.5	8.6	10.6	5.3	6.3	8.5

7.1.2.4.1 Densidades y estructura productiva en los cafetales. La densidad promedio de cafetos por hectárea es de 2816, con una variación desde 625 hasta 10,000 plantas, y el número de tallos o ejes verticales productivos promedio fue de 7707, con una variación desde 920 hasta 20,800 ejes. En ambas variables los valores más altos se encuentran en Veracruz., estado donde la densidad de cafetos supera las 3,000 plantas.

Los distanciamientos entre plantas más frecuentes son de 2 X 2 m y 2.5 X 2.5 m en arreglo cuadrado, y de 2 X 1.5 m y 2 X 2.5 m en arreglo rectangular; las distancias más amplias entre cafetos corresponden a variedades de porte alto. La densidad de cafetos influye estadísticamente sobre la productividad por hectárea, ya que la densidad más alta se asocia con mayor productividad (Cuadro 14).

Cuadro 14. Influencia de la densidad de cafetos y el número de tallos sobre la producción de café orgánico.

Densidad de cafetos. (plantas ha ⁻¹)	Producción de café (qq.ha ⁻¹)	Número de tallos productivos.ha ⁻¹	Producción de café (qq ha ⁻¹)
Baja < 1700	9.88 ab [†]	Menos de 5 mil	6.27 a [†]
Media 1700-2500	6.25 a	5 – 10 mil	9.12 a
Alta > 2500	10.01 b	Más de 10 mil	9.99 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

El diagnóstico de la estructura productiva de los cafetos orgánicos obtenido en este estudio presenta la situación siguiente: cafetos normales (41 %), cafetos que requieren poda (31.8 %), cafetos que requieren recepa (9.8 %), cafetos que requieren renovación (6.0 %), cafetos preproductivos (5.8 %) y fallas físicas (4.3 %). Estos datos reflejan que los productores orgánicos, aunque no tienen una productividad muy alta, poseen una proporción relativamente alta de cafetos normales, lo que indica que no han dejado de realizar actividades de poda y resiembra, a diferencia de lo que pudiera encontrarse en muchos cafetales convencionales donde el abandono ha sido casi total.

7.1.2.4.2 Manejo de arvenses. En la producción orgánica se cambia el concepto de maleza hacia arvenses, al aceptar que las hierbas son un componente del cafetal que coexisten con los cafetos. Además, algunas especies son consideradas “nobles” y bajo cierto manejo pueden ayudar a la conservación del suelo, así como otras especies utilizadas para el consumo o la medicina tradicional. El 70 % de los productores identifican especies “nobles” en sus cafetales, en particular del género *Commelina*. La totalidad de los productores realizan los deshierbes con machete, 90 % prefieren cortar las hierbas a una altura de 5 a 10 cm; 65 % realizan dos deshierbes al año, en Veracruz el 28 % de los cafeticultores efectúan tres deshierbes, a diferencia de Guerrero donde el 63 % realizan un deshierbe.

7.1.2.4.3 Manejo de la conservación de suelos. En el cultivo orgánico el suelo tiene un significado especial, pues representa a la madre tierra; el mantenimiento de su fertilidad depende del adecuado desarrollo de las plantas. Por tanto es fundamental

mantener, recuperar e incrementar la fertilidad natural de los suelos cafetaleros a largo plazo. En este sentido se preguntó al cafeticultor su opinión sobre los problemas de erosión en sus suelos (Figura 15).

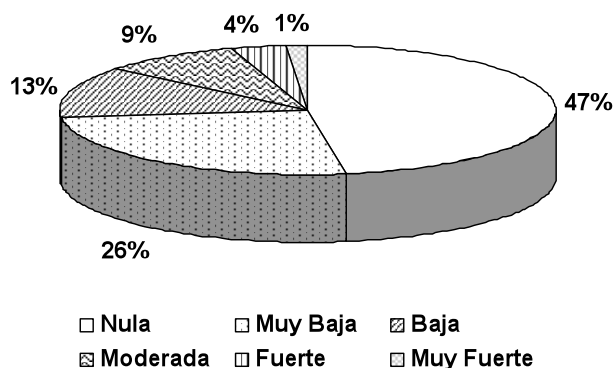


Figura 15. Clasificación de la erosión a criterio del cafeticultor orgánico.

El 86 % de los productores piensa que la erosión es baja, muy baja o no se presenta; el porcentaje restante opinan que sus terrenos tienen problemas de erosión (moderada, fuerte y muy fuerte).

No obstante, debe considerarse que el cultivo del café se ubica en condiciones de relieves pronunciados, elevadas precipitaciones y suelos con riesgo de erosión, y que el cultivo del café orgánico promueve la sombra y las prácticas de conservación de suelos, factores que reducen los problemas de erosión en los suelos.

El 80 % de los casos estudiados realizan prácticas de conservación de suelos; la práctica más frecuente es el establecimiento de barreras vivas, en especial en Veracruz, Chiapas y Oaxaca (Figura 18).

En menor proporción se realizan otras prácticas, como: terrazas individuales, barreras muertas, terraza en banco y trazo en curvas a nivel.

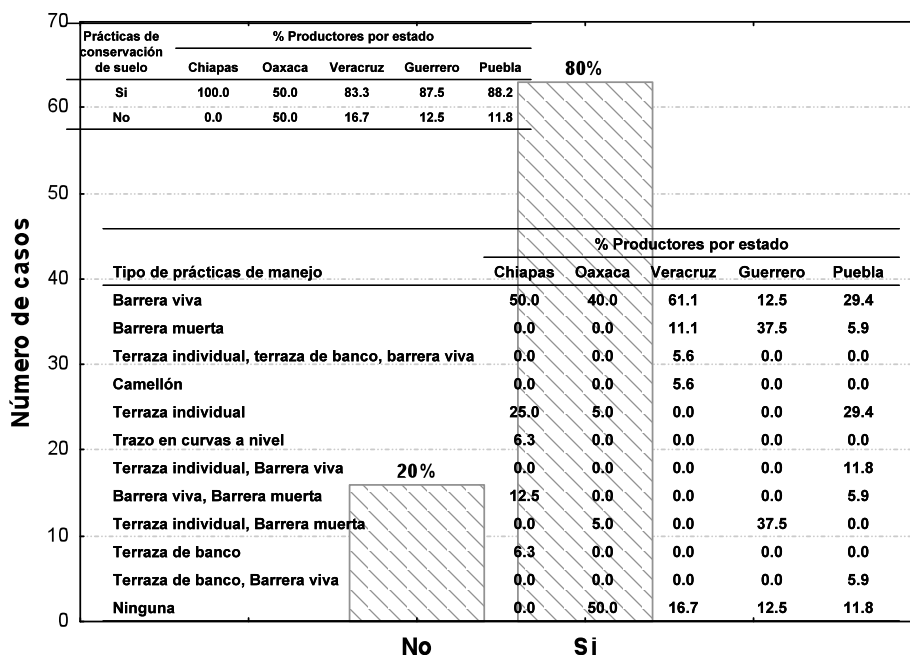


Figura 16. Prácticas de conservación de suelos en los cafetales orgánicos.

7.1.2.4.4 Manejo de la fertilidad. A pesar de la promoción de los fertilizantes sintéticos en los últimos treinta años, el 34 % de los productores estudiados nunca los aplicaron en sus cafetales, como en Chiapas donde la totalidad de los productores, de acuerdo a sus respuestas, jamás aplicaron y en Guerrero, el 62.5 % de los entrevistados nunca los usaron, en contraste esta Veracruz, en donde todos reportaron aplicación de fertilizantes químicos, previo a su ingreso al programa orgánico. La aplicación de abono orgánico es la forma más recomendada y usada para mantener y mejorar la fertilidad de los suelos cafetaleros bajo el sistema orgánico.

El 63 % de los productores reportan la aplicación de fertilizantes orgánicos, con mayor frecuencia en Chiapas, Puebla y Veracruz., sin embargo, solo el 48 % lo aplican cada año. La aplicación de abono orgánico está en función de la disponibilidad de material, en Veracruz se identificaron a los productores que aplican mayores cantidades de abono orgánico, con dosis promedio de 4.6 kg por planta y de 2.9 t por cafetal al año. Estos fertilizantes orgánicos se obtienen generalmente de las compostas tradicionales y en menor grado de las lombricompostas. La

preparación y aplicación de abono orgánico es una práctica efectiva, los cafetos responden muy bien y se incrementa considerablemente el rendimiento en opinión de los productores. Sin embargo, es una actividad que demanda gran esfuerzo al productor, abonar tan solo mil plantas de café con tres kilogramos de material composteado cada una, requiere la elaboración, acarreo y aplicación de tres toneladas de abono, actividad que resulta difícil para muchos productores y particularmente en terrenos escarpados.

7.1.2.4.5. Manejo de la poda. La poda es una práctica necesaria en la cafeticultura, que consiste en el manejo del tejido productivo del cafeto para su renovación constante, regular el crecimiento y obtener mejores cosechas, calidad del grano y una producción regulada y económica.

El 82.0 % de los productores entrevistados realizan la poda, y de este total 46.0 % efectúan la poda profunda de rehabilitación o rejuvenecimiento, conocida como recepa, y 40.5 % realizan el sistema de poda denominado “veracruzano”, considerado un sistema tradicional, individual y selectivo, que consiste en manejar los cafetos con tallos múltiples, eliminando tallos y ramas descompensados, enfermos y quebradizos, y que puede incluir la recepa.

7.1.2.4.6 Manejo de la sombra. Esta actividad se realiza tradicionalmente en los cafetales mexicanos, cuando la sombra es excesiva. Se efectúa después de la cosecha y antes de la poda de cafetos. El 53 % de los productores encuestados regulan la sombra; en Chiapas con el 69 % y en Puebla con el 59 % de los casos, podan anualmente su sombra.

7.1.2.4.7 Presencia de plagas y enfermedades. El presente estudio permitió identificar los principales problemas fitosanitarios que reportan los caficultores orgánicos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Plagas y enfermedades reportadas en el agroecosistema café orgánico.

Plagas y/o enfermedades	% Total de productores	% Presencia por estado				
		Veracruz	Oaxaca	Chiapas	Puebla	Guerrero
Broca	56	44	40	56	76	75
Tuza	29	33	35	13	24	25
Nematodos	9	22	10	0	6	0
Barrenador del tallo	3	6	5	0	0	0
Ojo de gallo	54	50	75	31	47	75
Mal de hilachas	29	22	20	6	47	75
Roya	18	28	25	13	12	0
Chapulín	1	0	0	6	0	0
Lirio	1	6	0	0	0	0
Requemo	3	11	0	0	0	0
Pudrición de la raíz	9	0	25	6	6	0
Mancha rosada	3	0	0	13	0	0
Mancha de hierro	3	0	0	0	12	0
Antracnosis	3	0	0	0	12	0

Las plagas más importantes son: broca del grano (*Hypothenemus hampei* Ferr), de la cual el 56 % de los productores la reportaron, y la tuza o topo (*Heterogeomys hispidus*) que se reportó en el 29 % de los casos. Los nemátodos (*Meloidogyne* spp.) predominan en Veracruz. En relación a las enfermedades, sólo se reportan las causadas por hongos, y las más frecuentes son: ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk. et Curt. Sacc.), mal de hilachas o koleroga (*Corticium koleroga* Cooke Van Hoehnel) y roya (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br), con valores de 54 %, 29 % y 18 %, respectivamente. Algunos problemas fitosanitarios se restringen a ciertos estados, como el del requemo (*Phoma costarricensis* Ech), enfermedad localizada en las zonas altas de Veracruz y que sólo afecta durante el invierno. La presencia de chapulín (Orthoptera-Gryllidae) y mancha rosada (*Corticium salmonicolor* B. et Br.) se reporta en el Estado de Chiapas. Las enfermedades que se presentan en cafetales con deficiencia de sombra, como la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk. et. Coke.) y la antracnosis (*Colletotrichum coffeanum* Noack) sólo se reportaron en Puebla.

En general, para prevenir los problemas de enfermedades se recurre a las prácticas agrícolas que regulan las condiciones microambientales del cafetal, como son regulación de sombra y poda de cafetos, aplicación oportuna de abono y control de hierbas. Sólo en el caso de la broca se reportan diversos métodos de control,

como son: cosecha sanitaria, trampas y hongos entomopatógenos. Respecto a nematodos, en Veracruz se han implementado los injertos sobre patrón de *Coffea canephora* P. que muestran cierta tolerancia a este problema.

7.1.2.5 Productividad de los cafetales orgánicos. En relación con la productividad expresada en quintales de café pergamino seco por hectárea (qq.ha^{-1}), se tienen dos fuentes de información. La primera es la base de registros de CERTIMEX (Cuadro 7), en donde el promedio de los orgánicos fue de 6.6 qq.ha^{-1} (1,647 kg de café cereza), que es inferior a los 8.3 qq.ha^{-1} (2,077 kg de café cereza) del promedio nacional (UACH, 2005). En Oaxaca se reportan los rendimientos más bajos, aunque poseen la mayor disponibilidad promedio de superficie para el cultivo de café orgánico. En Veracruz se obtuvieron los rendimientos más altos (15.6 qq.ha^{-1}), que casi duplican al rendimiento nacional.

La segunda fuente de información (Cuadro 11) fue la obtenida durante las entrevistas con los productores, en donde se calculó un promedio de 8.55 qq.ha^{-1} , con contrastes regionales. Los mayores niveles se localizan en Veracruz (10.6 qq.ha^{-1}) y los más bajos en Puebla (5.2 qq.ha^{-1}). Los promedios de productividad entre ambas fuentes de información muestran una diferencia de casi 2 qq.ha^{-1} , que es probable se deba a que los productores generalmente reportan una productividad menor a la Agencia, para evitar rebasar sus estimaciones y que esto les cause sanciones. En ambas fuentes se aprecia que la productividad de los cafetales orgánicos en México es baja, similar o ligeramente inferior al promedio nacional, que a su vez se ubica entre los más bajos a nivel mundial. Esta situación debe llevar a la búsqueda de opciones agroecológicas apropiadas para mejorar estos rendimientos, sobre todo a nivel del manejo del tejido productivo y el mejoramiento de la fertilidad de los suelos.

La tecnología de producción de café orgánico con cultivo bajo sombra diversa y que considera diferentes prácticas de conservación de suelos, y dadas las condiciones de topografía accidentada de los cafetales mexicanos, permite revertir o

disminuir el impacto ambiental de manera inmediata, proteger los suelos y conservar la biodiversidad.

7.1.3 Discusión de la hipótesis

Esta hipótesis se acepta. El crecimiento y el éxito del café orgánico en México se deben a diversos factores que se han conjuntado, y entre ellos los sociales destacan por su mayor relevancia en este proceso. El sector cafetalero se caracteriza por pequeños productores minifundistas que se han organizado para diferenciar su producto y para apropiarse del valor agregado de la cadena del café, desde la producción hasta la comercialización. Por otro lado, los datos de CERTIMEX ratifican la importancia de Chiapas y Oaxaca en la producción de café orgánico, con el 90 % de la superficie, el 86.5 % de los productores y el 84.9 % de la producción. Aunque el volumen de producción de café orgánico es pequeño, respecto al café convencional, el orgánico tiene una alta importancia económica y social en más de 145 municipios y 1250 comunidades donde se cultiva. También es evidente la riqueza de la caficultura tradicional en México, con técnicas antiquísimas que permiten producir alimentos sin impactar desfavorablemente al ambiente, y aunque el modelo de revolución verde era catalogado como rudimentario en el contexto actual de la sostenibilidad ha encontrado una extraordinaria oportunidad que le ha permitido posicionarse en la producción mundial de café orgánico. Estos conocimientos tradicionales están arraigados entre los pequeños productores en particular los grupos indígenas que tienen un gran respeto por la naturaleza.

Las condiciones socioeconómicas de los productores, las características agroecológicas de los cafetales orgánicos, así como el manejo del cultivo y los rendimientos, muestran diferencias significativas en los cinco estados analizados. No obstante la importancia del café orgánico en Chiapas, los productores de este estado presentan los niveles más bajos de escolaridad, la familia más numerosa y los ingresos más bajos en comparación con los productores de las otras entidades. La tendencia al envejecimiento de los productores orgánicos, con una edad promedio de 49 años, y la intensa migración, con más de un familiar migrante por productor entrevistado, se constituyen en importantes problemas sociales y representan una

amenaza para la caficultura orgánica. Un rasgo distintivo del agroecosistema café orgánico es el cultivo bajo sombra diversa, con importante presencia de los sistemas de policultivo tradicional y comercial (46 %), además de que aún conservan cafetales bajo la sombra natural de la montaña, los cuales constituyen invaluable refugios para la biodiversidad y la conservación de los recursos naturales. En este sentido destacan los cafetales de Chiapas y Guerrero, con los valores más altos de diversidad y riqueza de especies arbóreas.

La tecnología de producción del agroecosistema café orgánico, que enfatiza el manejo de la sombra y las prácticas de conservación de suelos, y dadas las condiciones de topografía accidentada y deterioro de suelos cafetaleros en el país, permite revertir o disminuir el impacto ambiental de manera inmediata.

El café orgánico también presenta rasgos particulares, que pueden estar asociados a la calidad del café, como la conservación de la biodiversidad y los suelos, la presencia de variedades tradicionales, la altitud de las plantaciones, la sombra diversa y las prácticas de conservación de suelos. Sin embargo, también se encontró que la baja productividad está relacionada con la edad avanzada de las plantaciones, el manejo inadecuado de la poda de cafetos y la regulación de sombra, la deficiente protección fitosanitaria y la limitada aplicación de abonos.

7.2 Segunda hipótesis particular

Dadas las diversas condiciones altitudinales y edáficas que caracterizan a las regiones cafetaleras, existen diferencias significativas en la calidad física del grano y sensorial de la bebida de café orgánico.

7.2.1 Efecto del factor altitud sobre la calidad del café

El rango altitudinal de las plantaciones de café orgánico fluctúa desde 260 hasta 1503 m, con un promedio de 933 m (Cuadro 16).

Cuadro 16. Caracterización altitudinal de los cafetales orgánicos.

Variable	Chiapas	Oaxaca	Veracruz	Puebla	Guerrero	Prom.	ANOVA
Rango altitudinal (m)	595-1432	639-1282	696-1410	260-954	855-1503		
Altitud promedio (m)	1020 bc [†]	918 b	1105 bc	564 a	1192 c	933	p=0.000

† Medias con letras diferentes en la fila son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

La mayoría de cafetales orgánicos se cultivan a una altitud superior a 900 m, que producen cafés clasificados a nivel nacional como de altura y estrictamente altura (Santoyo *et al.*, 1996).

Las mayores altitudes corresponden a Guerrero, Chiapas y Veracruz, y las más bajas a Puebla. Tradicionalmente la altitud ha sido el criterio para determinar las calidades del café en varios países cafetaleros (Wintgens, 2004). Sin embargo, por la posición latitudinal de las regiones cafetaleras de México, son necesarios estudios sobre la calidad física y sensorial en las diversas regiones, como los realizados por Pérez *et al.* (2005) en las regiones cafetaleras de Veracruz, en donde determinaron que la temperatura es el factor más pertinente para explicar la calidad del café en el contexto ecofisiológico, y además encontraron interesantes cualidades sensoriales en la bebida.

La amplia distribución altitudinal es un indicador que ratifica las diversas condiciones agroecológicas que caracterizan al cultivo del café en el territorio nacional. Los cafetales orgánicos estudiados tuvieron un rango altitudinal desde 250 m que correspondió a la Sierra Norte de Puebla, que por su ubicación latitudinal es la

zona más distantes de la franja ecuatorial; la mayor elevación correspondió a Guerrero (1503 m), con una altitud promedio de 941 m. Estos resultados confirman que la altitud es un factor importante en el comportamiento de algunos atributos físicos y sensoriales del grano y la bebida (Santoyo *et al.*, 1996; Martínez *et al.*, 2002; Wintgens, 2004).

La zona baja, inferior a 700 m, tuvo los frutos de menor peso, los rendimientos agroindustriales más altos, la mayor proporción de granos anormales y el tamaño más pequeño del grano (Cuadro 17). En cambio, la zona muy alta, por arriba de 1300 m se caracterizó por el menor porcentaje de frutos brocados y de frutos vacíos, así como por la mayor proporción de granos normales y la menor de grano caracol.

Otra característica determinada por la altitud es el color del grano en verde, ya que se determinaron tres tipos de color que corresponden a altitudes promedio, las cuales fueron: claro (con 335 m), fino (con 885 m) y muy fino (con 1067 m).

En el análisis sensorial (Cuadro 18), el atributo intensidad de acidez presentó diferencia estadística entre altitudes; para algunos autores este efecto lo atribuyen a que los granos maduran lentamente en zonas altas, debido a las temperaturas más frescas en estas elevaciones (Wintgens, 2004; Pérez *et al.*, 2005).

Cuadro 17. Influencia de la altitud sobre la calidad física y sensorial del café.

Clasificación altitudinal	Rango altitudinal	Peso fruto (g)	Frutos brocados (%)	Frutos vacíos (%)	RCP [§]	RPO [±]	Grano normal (%)	Grano caracol (%)	Grano anormal (%)	Z 19 [‡]	Z > 16 [‡]
Muy alta	> 1300	1.69 ab [†]	2.2 a [†]	2.7 a [†]	258 a [†]	55.6 a [†]	91.4 b [†]	4.7 a [†]	8.5 a [†]	7.0 a [†]	87.8 b [†]
Alta	1300-1000	1.71 b	5.8 a	4.7 a	254 a	55.8 a	87.8 ab	8.1 ab	12.2 ab	16.2 b	87.7 b
Media	700-999	1.66 ab	11.5 a	5.0 a	261 a	55.5 a	88.3 ab	7.8 ab	11.6 ab	10.3 ab	86.3 b
Baja	< 700	1.56 a	9.5 a	5.2 a	266 a	57.0 b	86.1 a	9.9 b	14.0 b	5.3 a	77.5 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

§ RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

± RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

‡ Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996)

Cuadro 18. Influencia de la altitud sobre los atributos sensoriales de la bebida.

Clasificación altitudinal	Rango altitudinal	Aroma	Acidez	Cuerpo
Muy alta	> 1300	3.47 a [†]	3.63 ab [†]	3.11 a [†]
Alta	1000-1300	3.47 a	3.68 b	3.10 a
Media	700-999	3.47 a	3.59 ab	3.07 a
Baja	< 700	3.50 a	3.16 a	3.06 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

En relación al factor altitud, se coincide con Pérez *et al.* (2005), en que es más adecuado referirse a la temperatura y no a la altitud para caracterizar las zonas productoras de café, ya que con esta información se puede comparar la calidad del producto en cualquier región del país y del mundo. En la Figura 17 se muestra la relación entre las franjas altitudinales y los atributos de fragancia, aroma, nariz y resabio. Note que la mayoría de las calificaciones desagradables, como pirolíticas y fenólicas, se asocian con las zonas bajas, mientras que las notas especiales consideradas agradables, como nueces, flores y frutales, tienden a presentarse en zonas altas y muy altas.

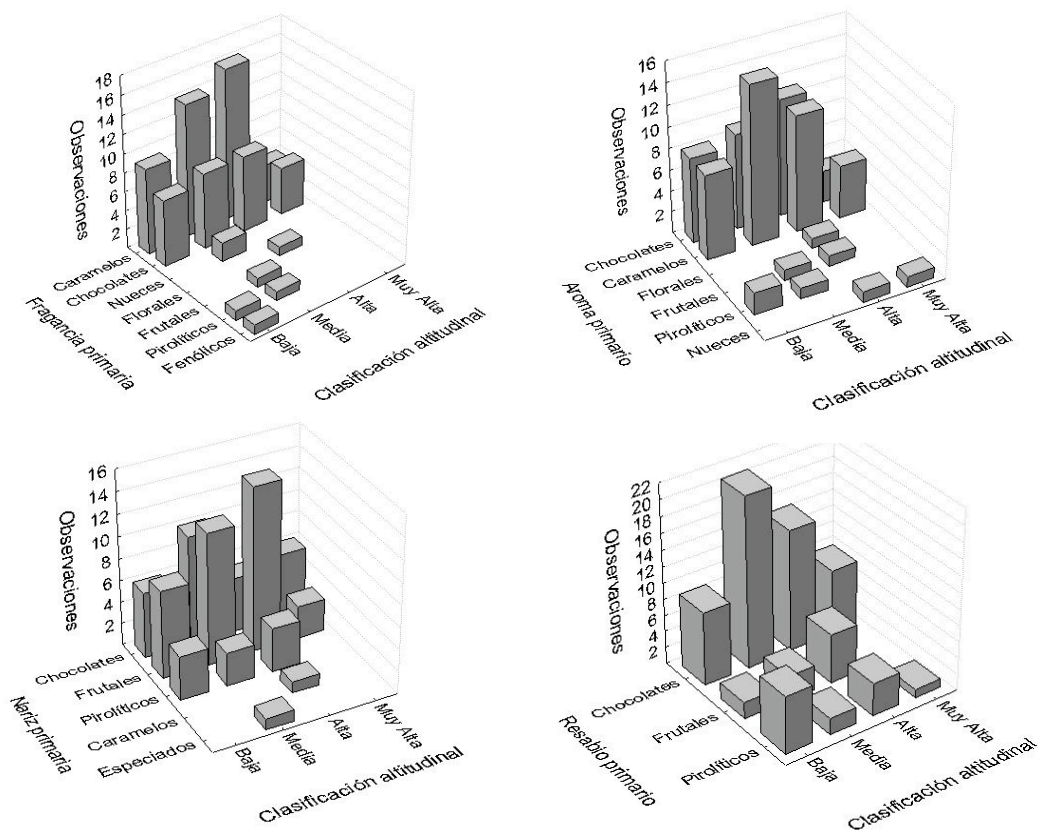


Figura 17. Atributos de fragancia, aroma, nariz y resabio en cuatro condiciones altitudinales.

7.2.2 Efecto del factor suelo en la calidad del café

7.2.2.1 Caracterización física del suelo

7.2.2.1.1 Textura. La textura es la distribución por tamaño de las partículas que forman el suelo. Se determinaron cinco tipos texturales: Arenoso-Franco, Franco, Franco-Arenoso, Franco-Limoso y Franco-Arcilloso.

Las texturas más frecuentes fueron la franco-arenosa (51 %) y la arenofrancosa (24 %); en menor frecuencia se encontró textura franca, franco-limosa y franco arcillosa (Figura 18).

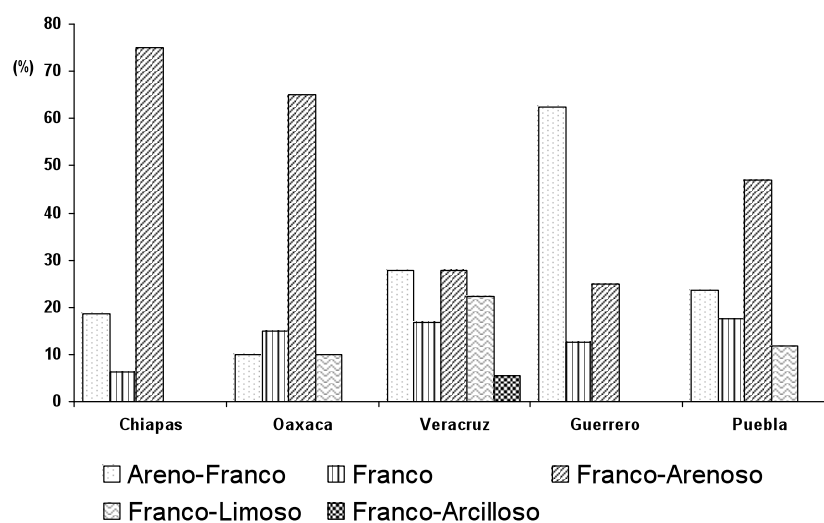


Figura 18. Tipos de texturas encontradas en suelos cultivados con café orgánico en cinco regiones de México (%).

Estos resultados coinciden con Carvajal (1984), INMECAFÉ-NESTLÉ (1990), Regalado (1996) y Wintgens (2004), quienes mencionan que la mejor textura para el desarrollo del cafeto es la de tipo franco considerada como media.

En los cafetales de Veracruz se identificaron los cinco tipos texturales, situación asociada con la mayor diversidad de suelos en este estado, y que coincide con los resultados obtenidos por Martínez *et al.* (2003).

7.2.2.2 Caracterización química del suelo

7.2.2.2.1 Acidez y aluminio intercambiable. En los suelos cafetaleros uno de los problemas es la acidificación. En este estudio el pH (determinado en agua) presentó una variación desde 4.03 hasta 5.67, con un promedio de 4.84 (Cuadro 13). De acuerdo con la clasificación propuesta por Jones y Wolf modificado (1984), citado por López (2000), los suelos orgánicos estudiados se clasifican como muy ácidos (< 5.5), aunque López (2000) considera que el pH óptimo para café se ubica entre 4 y 5; así mismo, en suelos cafetaleros de México INMECAFÉ-NESTLÉ (1990) recomendaba la realización de enmiendas al suelo (por ejemplo encalados), sólo cuando los valores de pH sean inferiores a 4.0. Es importante mencionar que en los estados de Puebla y Veracruz se registraron los suelos más ácidos (pH promedio de 4.7). Este comportamiento puede estar relacionado con los mayores niveles de aplicación de fertilizantes químicos durante décadas pasadas. Muy diferente es el caso de las regiones de Chiapas y Guerrero (pH promedio de 5.0), cuyos antecedentes son de escasa aplicación de fertilizantes químicos.

Si bien los suelos cafetaleros orgánicos están en condiciones adecuadas de acidez, es importante tener presente que en estas circunstancias los iones de PO_4 se combinan con Fe y Al para formar compuestos que no están disponibles de inmediato para la planta, y que pueden producir deficiencias de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S y B. Además, todos los micronutrientes, con excepción de Molibdeno incrementan su disponibilidad, como Cu, Fe, Mn y Zn y pueden presentarse en exceso. Adicionalmente, con un pH inferior a 5.5 se reduce la actividad bacteriana y la nitrificación de la materia orgánica se retrasa considerablemente (López, 2000).

Otro criterio importante relacionado con la acidificación y que se utiliza para determinar el grado de deterioro de los suelos cafetaleros, es el nivel de aluminio (Al^{3+} intercambiable), debido a que iones de aluminio se liberan por los láctices de arcilla a valores inferiores de 5.5 y se establecen en el complejo de arcilla, por lo que es importante determinar los niveles de aluminio intercambiable como un

parámetro de potencial toxicidad de aluminio (López, 2000). En el estudio, el promedio obtenido fue de 2.3 cmol.kg^{-1} , con un máximo de 4.5 cmol.kg^{-1} y un mínimo de 1.0 cmol.kg^{-1} (Cuadro 13). En México se recomienda que los valores de aluminio en suelos cafetaleros sean inferiores a 2 cmol.kg^{-1} . En Guerrero y Veracruz se encontraron los mayores valores de aluminio intercambiable.

7.2.2.2 Contenido de macronutrientos. Los contenidos de materia orgánica (M.O.) y nitrógeno total se clasifican de altos a muy altos (Cuadro 19). La M.O. es indicadora del nitrógeno potencialmente mineralizado en el suelo y alcanza valores muy altos en suelos de origen volcánico, como los Andosoles (López, 2000). El contenido de M.O. promedio fue de 5.35 %, con un máximo valor registrado de 11.8% y el más bajo de 2.8 %. En los cinco estados el contenido de M.O. se ubicó en niveles muy ricos, con diferencias estadísticas entre estados; Guerrero presentó el más alto porcentaje de materia orgánica (6.12 %) y Chiapas el más bajo (4.05 %). En algunos cafetales de Puebla y Veracruz se encontraron contenidos superiores a 10%. En Brasil se considera que un suelo cafetalero ideal debe contener alrededor de 5 % de materia orgánica (Carvajal, 1984); en México, INMECAFÉ-NESTLÉ (1991) recomendaba en suelos con menos de 7 % de materia orgánica una fertilización completa, mientras que para valores superiores de 10% sugería no fertilizar.

El porcentaje de nitrógeno total no siempre es un buen indicador de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, pero está estrechamente asociado con los contenidos de materia orgánica (López, 2000). Los niveles reportados fluctuaron desde 0.79 % hasta 0.18 %, con un contenido promedio de 0.39 %, sin diferencias estadísticas entre los estados. INMECAFÉ-NESTLÉ (1990) sugiere que cuando el contenido de nitrógeno total es mayor de 0.8 % el suelo no necesita fertilización nitrogenada. Martínez *et al.* (2003) obtuvieron resultados similares en los contenidos de nitrógeno total en suelos cafetaleros bajo manejo convencional en Veracruz, en donde reportaron cantidades que se consideran de altas a muy altas.

En el caso del fósforo (Cuadro 19), el contenido promedio fue de 19.04 mg.kg⁻¹, con el valor más alto de 122.1 mg.kg⁻¹ (Puebla) y el más bajo de 1.45 mg.kg⁻¹ (Oaxaca). A nivel de estados, el fósforo se encuentra en niveles bajos en Oaxaca (4.44 mg.kg⁻¹) y Guerrero (12.48 mg.kg⁻¹), y en niveles altos en el resto de las regiones (> 20 mg.kg⁻¹). INMECAFÉ-NESTLÉ (1990) sugiere que cuando el contenido de fósforo sea mayor de 20 mg.kg⁻¹ no es necesario aplicar fertilización fosfórica.

Para Veracruz los suelos orgánicos muestran niveles altos de fósforo, a diferencia de los suelos cafetaleros convencionales reportados por Martínez *et al.* (2003), en donde 74 % de los cafetales estudiados tuvieron niveles bajos (< 6.5 mg.kg⁻¹), con excepción de los suelos Feozem que presentaron contenido medio.

En potasio (Cuadro 19) el promedio fue de 0.31 cmol.kg⁻¹, con el valor más alto de 2.61 cmol.kg⁻¹ (Veracruz) y el más bajo de 0.082 cmol.kg⁻¹ (Oaxaca). Entre estados se determinaron niveles bajos en Oaxaca (0.20 cmol.kg⁻¹) y Guerrero (0.19 cmol.kg⁻¹). INMECAFÉ-NESTLÉ (1990) recomienda para los suelos cafetaleros de México, contenidos de potasio en el rango de 0.27 a 0.38 (cmol.kg⁻¹).

Cuadro 19. Contenido promedio de pH, aluminio intercambiable y macronutrientes en suelos cafetaleros orgánicos

Estado	pH (H ₂ O) [†]	Al (cmol.kg ⁻¹) [†]	% M. O. [†]	% Nt [†]	P (mg.kg ⁻¹) [†]	K (cmol.kg ⁻¹) [†]
Chiapas	5.0 b	2.15 ab	4.05 a	0.33 a	29.60 b	0.26 a
Guerrero	5.0 b	2.76 b	6.12 a	0.38 a	12.48 ab	0.19 a
Oaxaca	4.9 ab	1.91 a	5.37 a	0.41 a	4.44 a	0.20 a
Puebla	4.7 a	.16 ab	5.54 a	0.41 a	27.85 b	0.27 a
Veracruz	4.7 a	2.73 b	5.87 a	0.40 a	21.24 ab	0.55 b

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes Tukey (p≤0.05)

7.2.2.2.3 Contenido de micronutrientes. En el Cuadro 20 se presentan los contenidos de micronutrientes determinados en suelos cafetaleros orgánicos. El contenido promedio de calcio fue de 6.58 cmol.kg⁻¹, mientras que el valor más alto y más bajo fueron de 20.39 y 0.68 cmol.kg⁻¹, respectivamente. Guerrero tuvo

el promedio más bajo con $2.59 \text{ cmol.kg}^{-1}$ y Oaxaca el más alto de $7.77 \text{ cmol.kg}^{-1}$, que junto con los tres estados restantes, su contenido se clasificó como de nivel medio (López, 2000). Se observa que predominan los contenidos bajos y medios con valores que van de 2.0 a $10.0 \text{ cmol.kg}^{-1}$ en 63 % de los cafetales estudiados. El intervalo óptimo necesario para un buen desarrollo del cultivo, de acuerdo con INMECAFE-NESTLÉ (1990), es de 4 a 6 cmol.kg^{-1} . Según esta referencia, sólo el Estado de Guerrero presenta valores que pueden considerarse deficientes, mientras que en los demás estados la cantidad que hay en el suelo es suficiente para el desarrollo del cafeto. Los bajos contenidos de calcio en los suelos de Guerrero pueden estar asociados con la naturaleza del material parental, rocas ígneas intrusitas, que tienen bajos contenidos.

El contenido promedio de magnesio fue de $1.15 \text{ cmol.kg}^{-1}$; el valor más bajo fue de $0.12 \text{ cmol.kg}^{-1}$ y el más alto de $6.02 \text{ cmol.kg}^{-1}$. En los cinco Estados se hallaron niveles bajos de magnesio, y más de 60 % de los cafetales así corresponden a Puebla y Chiapas. Oaxaca tuvo el promedio más alto con $1.93 \text{ cmol.kg}^{-1}$, clasificado como nivel medio, mientras que Guerrero tuvo el valor promedio más bajo con $0.47 \text{ cmol.kg}^{-1}$, ubicado en el nivel muy bajo. Los contenidos en Veracruz, Puebla y Chiapas se clasificaron en nivel bajo. De acuerdo con la recomendación del INMECAFÉ-NESTLE (1990) el contenido mínimo de magnesio para el cultivo del café es de 2 cmol.kg^{-1} , por lo que la mayoría de los suelos estudiados son deficientes. La deficiencia de magnesio puede estar asociada no solamente con un contenido bajo de magnesio en el suelo sino también con la presencia de cantidades elevadas de otros cationes, particularmente de calcio y potasio (López, 2000).

El boro se encontró en el rango de 0.07 a 0.68 mg.kg^{-1} , con un promedio de 0.27 mg.kg^{-1} ; entre estados, el promedio más bajo se encontró en Oaxaca (0.20 mg.kg^{-1}) y el más alto correspondió a Veracruz (0.39 mg.kg^{-1}). En los cinco estados se determinaron valores promedio de boro que los clasifica como niveles muy bajos. Al respecto Carvajal (1984) indica que el cafeto es muy susceptible a la deficiencia de este nutrimento y que en plantas deficientes los frutos no cuajan.

Pérez *et al.* (2004) reportan que en suelos cafetaleros de Veracruz, manejados convencionalmente, encontraron niveles bajos y medios ($< 0.4 \text{ mg.kg}^{-1}$), situación semejante a la que se obtuvo en este estudio. Los datos obtenidos están muy por debajo de la recomendación del INMECAFÉ-NESTLE (1990), que sugieren contenidos en un rango de 4 a 10 (mg.kg^{-1}).

En hierro se determinaron contenidos que van desde 6.4 a 111.4 mg.kg^{-1} , con un promedio de 34.89 mg.kg^{-1} ; en los cinco estados tal promedio los cataloga en niveles muy altos, mayores de 25 mg.kg^{-1} . En Chiapas se encontró el valor más bajo (28.96 mg.kg^{-1}) y el más alto lo tuvo Puebla (42 mg.kg^{-1}). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pérez *et al.* (2004) para suelos cafetaleros del centro de Veracruz, con niveles altos, con excepción de la Unidad Feozem que presentó valores extremadamente altos.

En manganeso los contenidos fluctuaron desde 0.4 hasta 132 mg.kg^{-1} , con un promedio de 32.54 mg.kg^{-1} . El promedio más alto lo presentó Oaxaca (50.01 mg.kg^{-1}), clasificado como nivel muy alto (López, 2000); en contraste, Guerrero se clasificó con nivel muy bajo (4.65 mg.kg^{-1}). Carvajal (1984) indica que el cafeto es muy susceptible a la deficiencia de manganeso, aunque en suelos ácidos puede haber toxicidad (Bornemisza *et al.*, 1999).

Del cobre en los suelos cafetaleros orgánicos se determinaron contenidos desde 0.2 hasta 3 mg.kg^{-1} y un promedio de 0.93 mg.kg^{-1} , que se clasifican en niveles de medio a muy alto (López, 2000). A nivel de estados, Puebla obtuvo el promedio más alto (1.36 mg.kg^{-1}) y Guerrero el más bajo (0.30 mg.kg^{-1}). En Veracruz los resultados de este estudio coinciden con los reportados por Martínez *et al.* (2003), para suelos cafetaleros con cultivo convencional, en donde obtuvieron contenidos inferiores a 0.8 mg.kg^{-1} .

En cuanto al contenido de zinc, se encontró desde 0.2 a 6.2 mg.kg^{-1} , con un promedio de 1.47 mg.kg^{-1} . Estos valores se clasifican desde bajos a muy bajos (López, 2000). Chiapas presentó el promedio más bajo (0.72 mg.kg^{-1}) que se ubica como nivel muy bajo, y Guerrero el más alto (2.15 mg.kg^{-1}), aunque se

considera un nivel bajo. En Veracruz se obtuvieron resultados semejantes a los reportados por Pérez *et al.* (2004) para cafetales convencionales.

Cuadro 20. Contenido promedio de micronutrientes en suelos cultivados con café orgánico en cinco regiones de México.

Estado	Ca $\mu\text{mol.kg}^{-1}$	Mg $\mu\text{mol.kg}^{-1}$	B mg.kg^{-1}	Fe mg.kg^{-1}	Mn mg.kg^{-1}	Cu mg.kg^{-1}	Zn mg.kg^{-1}
Chiapas	6.53 ab	0.73 a	0.22 a	28.96 a	18.99 ab	0.80 ab	0.72 a
Guerrero	2.59 a	0.47 a	0.25 a	29.98 a	4.65 a	0.30 a	2.15 a
Oaxaca	7.78 b	1.93 b	0.20 a	36.29 a	50.01 c	0.92 ab	1.20 a
Puebla	6.31 ab	0.90 a	0.27 a	40.85 a	38.94 bc	1.36 b	1.97 a
Veracruz	6.93 ab	1.19 ab	0.39 b	34.48 a	30.49 abc	0.74 ab	1.13 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes Tukey ($p \leq 0.05$)
 §: (mg.kg^{-1}), ¶: (cmol.kg^{-1})

7.2.2.3 Efecto en la calidad del café

En la literatura sobre calidad del café se reconoce que los excesos y deficiencias nutrimentales afectan los atributos físicos y sensoriales del grano y la bebida. En México se carecían de estudios al respecto, hasta que Martínez *et al.*, (2002) y Pérez *et al.* (2005) realizaron las primeras investigaciones sobre la influencia del suelo en la calidad del café en suelos de regiones cafetaleras del Estado de Veracruz; los autores citados encontraron que el nitrógeno y el fósforo tuvieron influencia en la calidad física y sensorial del café. Estos resultados coinciden parcialmente con los aquí encontrados en cafetales orgánicos.

Se determinó que los bajos contenidos de fósforo se relacionaron con un mayor tamaño del fruto y con ciertos atributos sensoriales, como intensidad de aroma, total de tazas defectuosas y, en particular, con tazas astringentes (Cuadro 21).

Cuadro 21. Influencia del contenido de fósforo en la calidad del café.

Contenido de P mg.kg^{-1}	Nivel de P ^{II}	Peso del fruto (g)	Aroma	Total de tazas defectuosas	Tazas astringentes
< 6.5	Bajo	1.73 b [†]	3.44 a [†]	2.95 b [†]	1.23 b [†]
6.5-13	Medio	1.65 ab	3.46 a	1.96 ab	0.12 a
> 13.0	Alto	1.61 a	3.52 a	0.48 a	0.18 a

μ = Clasificación en base al Método Bray II.

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes Tukey ($p \leq 0.05$)

Martínez *et al.* (2002) encontraron que el fósforo a concentraciones mayores de 200 mg.kg⁻¹ de suelo, producen una bebida más ácida. Sin embargo, en este estudio se asocia con el aroma, ya que el contenido bajo de fósforo (<6.5 mg.kg⁻¹) influyó en percibir una baja intensidad en el aroma (3.44), mientras que con un alto contenido del mismo (>13.0 mg.kg⁻¹) se obtuvo la mayor intensidad (3.52). En este sentido los resultados coinciden con lo reportado por Santoyo *et al.* (1996), de que una deficiencia de fósforo puede influir negativamente en la calidad en taza.

En los nutrimentos zinc y manganeso se determinó efecto sobre la calidad (Cuadro 22). Estos elementos se agruparon con base en la propuesta de Ankerman y Large (s/f) en Vázquez (1997). En ambos microelementos se determinaron diferencias estadísticas en relación con la forma del grano; los niveles muy altos de manganeso (>50 mg.kg⁻¹) tuvieron la mayor proporción de grano normal (88.8), mientras que los contenidos muy bajos de zinc (<1 mg.kg⁻¹) se asociaron con los mayores porcentajes de grano planchuela (88.5).

Cuadro 22. Influencia de zinc y manganeso en la forma del grano

Elemento	Grano normal (%)				
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Zinc §	NE †	81.3 a	86.6 ab	88.3 b	88.5 b
Manganeso §	88.8 a †	85.2 a	89.5 a	88.8 a	85.7 a

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), NE:No encontrado, § mg.kg⁻¹.

En relación con la evaluación sensorial en la variable fragancia se identificaron los siguientes subgrupos aromáticos: caramelos (55 %), chocolates (36 %), nueces (3 %), pirolíticos (3 %), florales (1 %), frutales (1 %) y fenólicos (1 %).

Se encontró que bajas concentraciones de Calcio (4.4 cmol.kg⁻¹) se asocian con la nota a nueces, mientras que en cantidades más altas (19.2 cmol.kg⁻¹) se relacionan con la nota fenólicos (Cuadro 23).

Cuadro 23. Influencia de calcio, hierro y magnesio en los subgrupos aromáticos de fragancia.

Elemento	Nueces	Chocolates	Florales	Caramelos	Pirolíticos	Frutales	Fenólicos
Calcio cmol.kg ⁻¹	4.4 a †	5.5 a	5.6 ab	6.7 ab	8.4 ab	13.6 ab	19.2 b
Hierro mg.kg ⁻¹	38.9 ab †	29.8 ab	33.8 ab	35.6 ab	1.0 b	25.6 ab	37.2 ab
Magnesio cmol.kg ⁻¹	1.1 a †	0.9 a	1.3 a	1.2 a	1.2 a	6.0 b	1.6 a

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Sobre el fierro Santoyo *et al.* (1996) reportan que sus deficiencias producen una taza falta de acidez y pueden estar asociadas con un exceso de manganeso en suelos ácidos.

Sin embargo, en este estudio no se determinó este efecto sensorial pues se encontró que bajos contenidos de hierro (1.0 mg.kg⁻¹) están asociados con notas pirolíticas, la nota nueces se asocia con altos contenidos de hierro (38.9 mg.kg⁻¹), las bajas cantidades de magnesio (0.9 cmol.kg⁻¹) se asocian con chocolates, y los frutales con altos contenidos de este mismo elemento (6.0 cmol.kg⁻¹).

Aunque Pérez *et al.* (2005) no encontraron correlación significativa entre las características químicas del suelo y la intensidad de los atributos del café, en este estudio se determinó que la materia orgánica, el nitrógeno total, el magnesio y el boro causaron diferencias estadísticas en los atributos que conforman el buqué (aroma, nariz y resabio) de la bebida (Cuadro 24).

Cuadro 24. Influencia de magnesio, materia orgánica, nitrógeno total y boro en el buqué de la bebida.

Atributo	Nut	Nueces	Chocolates	Florales	Caramelos	Pirolíticos	Frutales	Espec.
Aroma	Mg †	0.7 a †	1.03 a	1.37 a	1.15 a	1.35 a	3.19 b	ND
Nariz	% M.O.	ND †	4.81 a	ND	4.11a	4.95 a	5.66 a	11.87 b
Nariz	% Nt	ND †	0.36 a	ND	0.40 ab	0.35 a	0.39 a	0.79 b
Resabio	Boro §	ND †	4.81 b	ND	ND	4.11 a	4.95 b	ND

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

§ mg.kg⁻¹, †: cmol.kg⁻¹, Nut:Nutrimiento, M.O.:materia orgánica, Nt:nitrógeno total, Espec:Espeziados, ND Nota no identificada

El magnesio tiene influencia en el aroma del café, atributo en el que se identificaron seis subgrupos: caramelos (51 %), chocolates (40 %), nueces (3 %), frutales (3 %), pirolíticos (3 %) y fenólicos. Los contenidos altos de este elemento se asocian con la nota frutales. La materia orgánica y el nitrógeno mostraron

influencia en el atributo nariz o sabor de la infusión, y los subgrupos que se identificaron fueron: frutales (49 %), chocolates (35 %), pirolíticos (14 %), caramelos (1 %) y especiados (1 %). Altos contenidos de materia orgánica (11.87 %) y de nitrógeno total (0.79 %) demostraron influencia con la nota especiados.

En el sabor residual o resabio se determinaron notas a chocolates (68 %), pirolíticos (18 %) y frutales (14 %), donde el boro mostró diferencia estadística; los bajos contenidos están relacionados con la nota a pirolíticos. Los resultados anteriores evidencian que las características químicas del suelo pueden tener relación directa con la traza de los minerales en el grano de café y, por tanto pueden ser reflejados en el buqué de la bebida. La acidez en la infusión es el atributo sobre el que se ha puesto mayor interés en los trabajos de investigación. Para este atributo, Martínez *et al.* (2003) encontraron en la región central del Estado de Veracruz, que el contenido de potasio tuvo influencia sobre la intensidad de la acidez. En este estudio, sin embargo, se determinó que este atributo se asocia con el cobre, pues contenidos muy bajos de este elemento tuvieron mayor intensidad de acidez (Cuadro 25).

Cuadro 25. Influencia del cobre sobre la intensidad de acidez en la bebida.

Atributo	Elemento	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Acidez	Cobre [§]	3.65 ab [†]	3.12 a	3.73 ab	3.47 ab	3.85 b

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), § mg.kg⁻¹.

Estos resultados exploratorios y aún preliminares, sobre el efecto del contenido nutrimental del suelo en la calidad física, permiten identificar posibles efectos de algunos nutrientes sobre las características físicas y organolépticas, que abren nuevas interrogantes, las que deberán profundizarse en futuras investigaciones.

7.2.2.4 Discusión de la hipótesis.

Esta hipótesis se acepta. Los resultados ratifican la considerable influencia de la altitud en la calidad del café. Los atributos físicos del grano, forma, tamaño y color dependen de la altura sobre el nivel del mar. Entre los atributos sensoriales,

la acidez es el factor más relacionado con la altitud. Aunque se reconoce que la altitud es un criterio fundamental para determinar la calidad del café, se coincide con Pérez *et al.* (2005) en que la temperatura es un indicador más apropiado para evitar las diferencias altitudinales extremas que se dan dentro del país y entre países productores de café.

En relación con el efecto del suelo sobre la calidad del café, en este estudio se identificaron efectos de algunos nutrimentos sobre la calidad física y sensorial del café. No obstante, se requiere profundizar sobre esta relación mediante estudios más específicos.

7.3 Tercera hipótesis particular.

En los agroecosistemas cafetaleros con manejo orgánico predomina el cultivo de variedades tradicionales de porte alto, condición que permiten obtener cafés de alta calidad física y sensorial.

7.3.1 Efecto del factor genético en la calidad del café. Los resultados acerca de las variedades se presentan en dos partes. En primer lugar se incluye el análisis de la calidad en las variedades cultivadas con manejo orgánico que predominan en los cafetales de los productores en los cinco estados estudiados. En un segundo apartado se presentan los resultados obtenidos en las parcelas experimentales con 17 variedades de café establecidas conjuntamente con organizaciones cafetaleras de Veracruz, Oaxaca y Puebla.

7.3.1.1 Variedades cultivadas con manejo orgánico

7.3.1.1.1 Variedades. Los productores orgánicos entrevistados cultivan exclusivamente la especie *Coffea arabica* L., representada por diferentes variedades, y sólo 3 % mencionaron la presencia de algunas cafetos de *Coffea canephora* P. en sus cafetales. Es frecuente encontrar diversas variedades en el cafetal, en un rango que varía desde una hasta seis; sin embargo, 47 % reportan sólo tres variedades. Las variedades con mayor presencia en los cafetales son Typica, Borbón y Caturra, aunque se tienen preferencias regionales (Figura 19). El 35 % de los productores consideraron a Typica la variedad más importante en sus parcelas, en especial en Veracruz, Oaxaca y Guerrero, y el 29 % a Borbón, con gran tradición en Chiapas, seguida de la variedad Caturra, con mayor frecuencia en Puebla. Un rasgo distintivo del cultivo orgánico es la preferencia y el arraigo hacia las variedades tradicionales con mayor adaptación al ambiente y con alta calidad de grano y de bebida, condición que puede potenciarse en los mercados de especialidad.

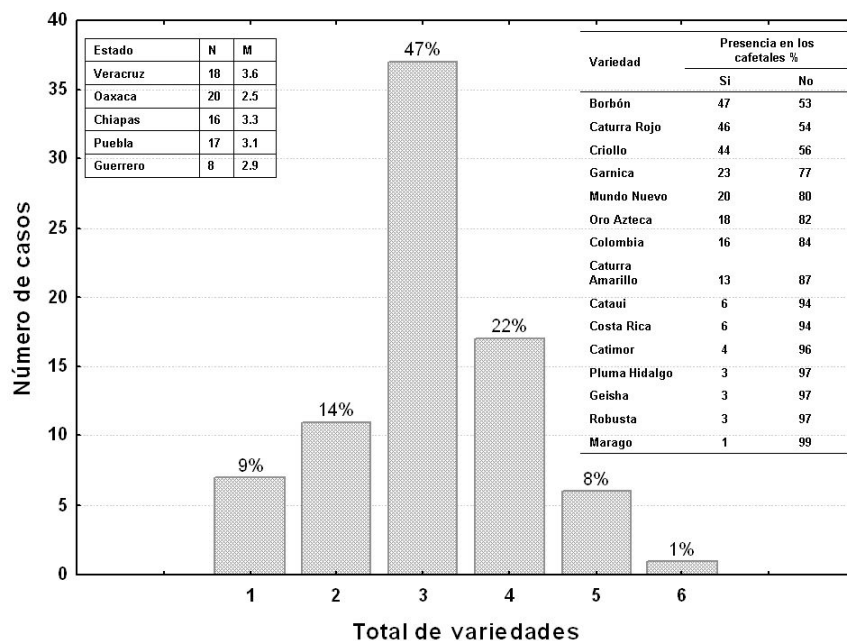


Figura 19. Importancia de las variedades en el agroecosistema café orgánico.

7.3.1.1.2 Calidad física. El peso promedio de fruto maduro de las 12 variedades fue 1.65 g, con variación significativa entre variedades. Los frutos de mayor tamaño correspondieron a la variedad Colombia (1.93 g), mientras que la variedad Caturra Amarillo produjo los frutos más pequeños (1.46 g) (Cuadro 26).

Cuadro 26. Calidad física del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico.

Variedad	Peso del fruto (g)	Frutos brocados (%)
Caturra Amarillo	1.46 b [†]	5.68 a [†]
Oro Azteca	1.55 ab	1.81 a
Caturra Rojo	1.56 ab	6.11 a
Typica	1.60 ab	10.63 a
Catuaí Rojo	1.63 ab	7.60 a
Borbón	1.66 ab	9.94 a
Garnica	1.68 ab	4.39 a
Mundo Novo	1.68 ab	16.98 a
Catimor	1.72 ab	4.92 a
Costa Rica 95	1.76 ab	4.06 a
Geisha	1.80 ab	3.96 a
Colombia	1.93 a	2.79 a

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El promedio de frutos brocados fue de 8.18 %, y la mayor proporción la tuvo la variedad Mundo Novo (16.98 %) y la menor fue para Oro Azteca (1.81 %).

Las mejores eficiencias agroindustriales (Cuadro 27) de cereza a pergamino (RCP) ocurrieron en las variedades Typica y Oro Azteca, con valores menores al rendimiento estándar convencional (250 kg café cereza para obtener 57.5 kg café pergamino), mientras que Catimor presentó la menor eficiencia con (309 kg), con un promedio de 259.8 kg.

Cuadro 27. Evaluación física física del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico.

Variedad	RCP (kg) [§]	RPO (kg) [±]	Grano normal (%)	Grano caracol (%)	Grano triángulo (%)	Total granos anormal (%)	Grano Z19 [†]	Grano >Z16 [†]
Caturra Amarillo	265 ab [†]	55.30 a [†]	88.2 ab [†]	8.76 ab [†]	1.73 a [†]	11.80 ab [†]	8.4 a [†]	84.3 a [†]
Oro Azteca	248 ab	57.07 a	86.5 ab	10.35 ab	2.85 a	13.5 ab	4.1 a	82.5 a
Caturra Rojo	254 ab	56.46 a	86.7 ab	8.55 ab	3.38 a	13.36 ab	8.4 a	81.5 a
Typica	246 a	55.73 a	91.5 a	6.25 a	1.35 a	8.54 a	10.5 ab	88.7 a
Catuaí Rojo	251 ab	56.20 a	87.5 ab	8.4 ab	2.90 a	12.6 ab	9.8 ab	87.4 a
Borbón	257 ab	55.85 a	86.3 ab	8.32 ab	3.99 a	13.64 ab	8.3 a	83.5 a
Garnica	266 ab	56.66 a	88.5 ab	7.87 ab	2.62 a	11.68 ab	7.1 a	81.0 a
Mundo Novo	267 ab	55.61 a	88.3 ab	6.35 a	4.38 a	11.66 ab	6.3 a	83.7 a
Catimor	309 b	58.00 a	84.2 ab	8.75 ab	5.7 a	15.80 ab	4.2 a	72.0 a
Costa Rica 95	269 ab	55.61 a	84.3 ab	11.65 ab	2.65 a	15.67 ab	19.8 ab	88.3 a
Geisha	277 ab	55.74 a	85.8 ab	11.95 ab	1.25 a	14.20 ab	21.6 ab	85.2 a
Colombia	268 ab	55.17 a	85.7 ab	9.94 ab	2.90 a	14.24 ab	31.0 b	93.1 a

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

[§] RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

[±] RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

[†] Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

En eficiencia del proceso de industrialización de café pergamino a café oro (RPO), el promedio fue de 55.9 kg; con excepción de Catimor (58.0 kg), todas las demás variedades fueron menores al estándar comercial (57.5 kg café pergamino para obtener 46 kg café oro), y la mejor fue Colombia (55.17 kg).

Estos resultados coinciden con los reportados por Espinoza *et al.* (2005) en relación a que Typica tiene una alta eficiencia de conversión de café cereza a café verde (RCP = 246 kg y RPO = 55.7 kg). En proporción de fruto vano el

promedio fue de 4.75, con el valor más bajo en Caturra Amarillo (2.9 %) y el más alto en Catimor (6.7 %).

En forma del grano, el tipo planchuela o grano normal fue el más abundante con 88.02 % en promedio de las variedades. La variedad Typica sobresale con la mayor proporción (91.5 %), similar a lo reportado en regiones cafetaleras de Veracruz por Martínez *et al.* (2004), y superior estadísticamente a las demás variedades cultivadas. Los promedios más bajos (84.2 %) fueron para Catimor. El promedio de granos anormales fue de 12.03 %, cuyo comportamiento fue inversamente proporcional al de granos normales.

Entre los granos anormales hubo diferencias estadísticas en el tipo triángulo (promedio 2.8 %), y la variedad Geisha tuvo el nivel más bajo (1.25 %) y Catimor el más alto (5.7 %). La variedad Typica también presentó un nivel bajo de granos triángulo (1.35 %), lo que coincide con Santoyo *et al.* (1996) y Martínez *et al.* (2004). El tipo caracol varió de 6.25 a 11.9 % entre variedades (promedio de 8.03 %), donde la variedad Typica tuvo el promedio más bajo, y Geisha el mayor. En los granos anormales del tipo elefante y concha no hubo diferencias ($p > 0.05$) entre variedades, y sus promedios fueron 0.33 y 0.14 %.

La mayor proporción de granos superiores a Z 19 se encontró en las variedades Colombia (31 %), Geisha (21.6 %) y Costa Rica (19.8 %). El promedio de granos con tamaño $Z > 16$ fue de 84.9 %, con el mayor valor para Colombia (93.1 %) y el menor para Catimor (72.0 %).

7.3.1.2.3 Calidad sensorial. Los promedios de intensidad de aroma, acidez y cuerpo para las 12 variedades analizadas fueron 3.48, 3.52 y 3.08; sin diferencias ($p > 0.05$) para las variables aroma, acidez y cuerpo (Cuadro 28). En relación con el aroma, las variedades más aromáticas fueron Oro Azteca (3.6), Typica (3.56) y Geisha (3.55), mientras que los niveles más bajos se determinaron en Mundo Novo (3.41) y Catuaí (3.4).

Cuadro 28. Calidad sensorial del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico (aroma, acidez y cuerpo).

Variedad	Aroma	Acidez	Cuerpo
Caturra Amarillo	3.46 a [†]	3.33 a [†]	3.06 a [†]
Oro Azteca	3.60 a	3.65 a	2.95 a
Caturra Rojo	3.47 a	3.54 a	3.09 a
Typica	3.56 a	3.44 a	3.10 a
Catuaí Rojo	3.40 a	3.00 a	3.00 a
Borbón	3.47 a	3.85 a	3.10 a
Garnica	3.44 a	3.34 a	3.08 a
Mundo Novo	3.41 a	3.57 a	3.03 a
Catimor	3.45 a	3.10 a	3.10 a
Costa Rica 95	3.42 a	3.85 a	3.10 a
Geisha	3.55 a	3.55 a	3.05 a
Colombia	3.42 a	3.38 a	3.14 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

La variedad Colombia tuvo el cuerpo más alto (3.14) y Oro Azteca el más bajo (2.95). Las variedades con mayor intensidad de acidez fueron Borbón y Costa Rica (3.85), en contraste con Catuaí Rojo que tuvo la acidez más baja (3.0).

Las variedades Catuaí Rojo y Oro Azteca fueron las únicas que no tuvieron defecto alguno en las pruebas de taza (Cuadro 29); en cambio, las variedades Costa Rica 95, Catimor y Colombia tuvieron el mayor número de tazas defectuosas, en particular tazas astringentes y herbales.

Si bien las variedades Typica y Borbón tuvieron niveles bajos de tazas defectuosas, también fueron las de mayor número de muestras analizadas. Se encontraron tazas avinadas en la variedad Geisha.

Dentro del análisis sensorial se caracterizaron los subgrupos aromáticos primarios; en fragancia las notas más importantes fueron caramelos y chocolates, aunque también se identificaron, con menor frecuencia notas a nueces, flores, frutales, fenólicas y pirolíticas (Anexos 3, 4, 5 y 7).

Cuadro 29. Calidad sensorial del grano de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico (tazas defectuosas).

Variedad	Ast	Asp	Añe	Avi	Flo	Herb	Hum	Pic	Pul	Terr	Def
Caturra Amarillo	0.0 a†	2.0 b†	0.0 a†	0.0 a†	0.0†	0.0†	0.7 a†	0.0 a†	0.0 a†	1.6 ab†	4.3 ab†
Oro Azteca	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Caturra Rojo	0.3 a	0.3 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.3 a	0.3 a	0.0 a	0.0 a	0.2 ab	1.4 ab
Typica	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0 a	0.31 a	0.0 a	0.0 a	0.3 ab	0.63 a
Catuái Rojo	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Borbón	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.25 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.25 a
Garnica	0.5 a	0.2 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.6 a	0.0 a	0.0 a	0.5 a	0.0 a	1.8 ab
Mundo Novo	0.4 a	0.0 a	0.4 a	0.0 a	0.0	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.32 ab	1.12 ab
Catimor	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0	2.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	3.0 b	5.0 ab
Costa Rica 95	3.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0	1.25 a	0.0 a	1.5 b	0.0 a	0.0 a	5.75 b
Geisha	1.5 ab	0.0 a	0.0 a	1.0 b	0.0	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	2.5 ab
Colombia	1.8 ab	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.6 b	1.20 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	3.6 ab

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Ast: astringentes, Asp: ásperas, Añe: añejas, Avn: avinadas, Flo: flojas, Herb: herbales, Hum: humo, Pic: picante, Pul: pulpa, Terr: terrosas, Def: total de tazas defectuosas

Las notas a nueces y florales se encontraron en la variedad Typica, y las notas frutales en Geisha (Cuadro 30). En el aroma, predominaron las notas caramelos y chocolates; en Typica se encontraron notas a nueces y café tostado, en Geisha notas frutales, y en Caturra Amarillo notas pirolíticas.

Cuadro 30. Caracterización de los grupos primarios aromáticos en la bebida de café en 12 variedades cultivadas con manejo orgánico.

Variedad	Fragancia [†]	Aroma [‡]	Nariz [§]	Resabio [±]
Caturra Amarillo	Ch-Pi	Ch-Pi	Ch-Pi	Pi-Ch
Oro Azteca	Ca-Ch	Ca	Fr	Ch
Caturra Rojo	Ca-Ch-Fe	Ch-Ca	Fr-Pi-Ch	Ch-Pi
Typica	Ca-Ch-Nu-Fl-Pi	Ca-Ch-Nu-Ct	Ch-Fr-Pi	Ch-Fr-Pi-H
Catuaí Rojo	Ca	Ca	Fr	Ch
Borbón	Ca-Ch	Ca-Ch	Ch-Fr-Pi	Ch-Fr-Pi
Garnica	Ca-Ch	Ca-Ch	Fr-Ch-Pi	Ch-Pi-Fr
Mundo Novo	Ca-Ch	Ca-Ch	Fr-Ch	Ch-Fr-Pi
Catimor	Ca-Ch	Ca-Ch	Ch-Pi	Ch-Pi
Costa Rica 95	Ca-Ch	Ca-Ch	Ch-Fr-E	Ch
Geisha	Ca-Fr	Ca-Fr	Fr	Ch
Colombia	Ca-Ch	Ch-Ca	Cho-Fr-Pi	Ch-Pi

∫ Ch = Chocolates, Fr = Frutales, Ca = Caramelos, Nu = Nueces, Fl = Florales, E = Especiados, Pi = Pirolíticos, Re = Resinosos, Fe = Fenólicos, H = Humo y Ct = Café tostado.

† Olor de la infusión del café provocado por los vapores de una bebida recién preparada.

‡ Olor del café molido (seco).

§ Sensación en la parte posterior del paladar por los vapores arrastrados al tragar la infusión del café.

± Sensación de sabor percibida en el paladar después de la fase gustativa, provocada por el conjunto de vapores del material orgánico más pesado.

En el atributo nariz también se registraron diversas notas, sin embargo, predominaron las notas frutales, también se encontraron notas a chocolate y pirolíticas, en la variedad Costa Rica se registraron notas especiadas. En resabio, dominó la nota chocolates, pero también fueron frecuentes las notas pirolíticas y frutales, mientras que en Typica se registraron notas a humo. En la variedad Typica se determinó la mayor diversidad de grupos aromáticos (chocolates, caramelos, nueces, frutales, florales, café tostado, pirolíticos y humo).

Martínez *et al.* (2004) agrupan a las variedades de café cultivadas en Veracruz, en porte alto y porte bajo, y reportan diferencias en la calidad física de estos grupos. Con base en estos resultados y para fines de este estudio, las variedades estudiadas se agruparon en tres grupos: porte alto, porte bajo y resistente a roya. Las de porte alto son las que generalmente tienen mayor tiempo de cultivo en el país, que se

caracterizan por mayor altura de planta y no tener resistencia a roya; en este grupo se ubican Typica, Borbón, Mundo Nuevo y Geisha.

Las variedades de porte bajo fueron introducidas a las regiones cafetaleras entre los años 1950-1980, y se caracterizan por ser de menor altura y mayor productividad, pero también por carecer de resistencia a la roya. En este grupo están Caturra Rojo, Caturra Amarillo, Catuaí Rojo y Garnica; estos dos grupos de variedades, porte alto y porte bajo, son materiales que corresponden exclusivamente a *C. arabica* L. En el grupo de las variedades resistentes a roya se incluyen a los materiales derivados del híbrido de Timor (*C. arabica* L. X *C. canephora* P.), que son de porte bajo, alta productividad y resistencia a roya (Cuadro 31).

Cuadro 31. Calidad física del grano de café en los tipos de variedades cultivadas con manejo orgánico.

Tipo de variedad	Peso del Fruto (g)	Frutos brocados (%)	RCP [§]	RPO [±]	Grano normal (%)	Grano caracol (%)	Grano anormal (%)	Z19 [†]	>TZ 15 [†]
Porte alto	1.60 a [†]	11.34 b [†]	255.42 a [†]	55.74 a [†]	89.11 b [†]	7.15 a [†]	10.91 a [†]	9.63 a [†]	93.95 a [†]
Porte bajo	1.64 a	5.40 ab	260.60 a	56.39 a	87.70 ab	8.28 ab	12.43 ab	7.97 a	90.82 a
Resistente a roya	1.79 b	3.36 a	272.04 a	56.03 a	85.21 a	10.34 b	14.80 b	19.3 b	95.73 a

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

[§] RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

[±] RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

[†] Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

Las variedades agrupadas en porte alto fueron estadísticamente diferentes a las variedades contenidas en las otras categorías; estas diferencias se determinaron en las variables peso del fruto, % de fruto brocado, RCP, RPO, % de grano normal, % de grano caracol y tamaño del grano. Los resultados anteriores ratifican la mayor calidad física que poseen las variedades tradicionales, en particular Typica y Borbón, lo que se refleja principalmente en los rendimientos agroindustriales y la forma de los granos. Las variedades resistentes a roya presentan frutos (cerezas) y granos grandes, pero tienen mayor porcentaje de granos anormales y en consecuencia, menor rendimiento agroindustrial.

Es importante señalar que las variedades de porte alto tuvieron el mayor % de frutos brocados, comportamiento que puede estar asociado con la maduración temprana de los frutos que incrementa el ataque de la broca, a diferencia de las variedades de porte bajo y resistentes a roya que son de maduración más tardía.

El análisis sensorial por tipo de variedad se realizó para identificar los defectos en taza, y se encontró que existen diferencias significativas en estas variables (Cuadro 32).

Cuadro 32. Sabores anormales en taza por tipo de variedad de café, cultivada con manejo orgánico.

Tipo de Variedad	Tazas defectuosas	Taza astringente	Taza herbal	Taza picante	Taza terrosa
Porte alto	0.7 a [†]	0.1 a [†]	0.07 a [†]	0 a [†]	0.21 a [†]
Porte bajo	1.8 ab	0.3 a	0.37 ab	0 a	0.29 a
Resistente a roya	3.9 b	1.6 b	1.15 b	0.4 a	0.46 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Las variedades de porte alto presentaron menor número de tazas defectuosas (0.7) que las variedades resistentes a la roya (3.9), lo cual ratifica lo señalado por Astúa y Aguilar (1997) al evaluar la variedad Catimor T5175 en Costa Rica y por Chevreuil (2005) que evaluó diversos Catimores en Veracruz, México, pues ambos autores coinciden en que los materiales derivados del híbrido de Timor son significativamente inferiores en atributos sensoriales.

De manera general, las variedades de porte alto superan en calidad a las de porte bajo y a las resistentes a roya, debido a que presentan mayor proporción de granos planchuela, mejor rendimiento agroindustrial (porque reducen considerablemente los granos anormales) y ofrecen una taza con menos defectos. Esto es muy significativo para las condiciones de la cafecultura mexicana, en donde aún se cultivan las variedades de porte alto, como son Typica y Borbón. Sin embargo, también no es posible generalizar hacia todos los materiales derivados de los Catimores, como es el caso de la variedad Oro Azteca, cuya selección se realizó en México y que presenta mejores características sensoriales que Costa Rica 95 y Colombia, incluso sin defectos en taza y con características de acidez y aroma similares a Typica.

7.3.1.2 Variedades cultivadas con manejo orgánico en las parcelas experimentales

7.3.1.2.1. Calidad física. El peso promedio de fruto maduro de las 17 variedades fue 1.73 g, con variación significativa entre variedades (Cuadro 33). Los frutos de mayor tamaño correspondieron a la variedad Pacamara (2.1 g), como también reportaron Zamarripa y Escamilla (2002). En contraste, la variedad Borbón Salvadoreño produjo los frutos más pequeños (1.46 g).

Cuadro 33. Calidad física del grano de café orgánico en 17 variedades.

Variedad	Peso del fruto (g)	RCP (kg) [§]	RPO (kg) [±]	Frutos vanos (%)	Grano normal (%)	Grano caracol (%)	Grano triángulo (%)	Grano Z19 [†]	Grano > Z16 [†]
Pluma Hidalgo	1.79 bcd [†]	250.2 a	55.12 a	3.3 a	83.5 a	10.6 a	3.4 abc	22.7 cdef	89.3 ab
Típica Xanthocarpa	1.68 cde	242.3 a	55.12 a	2.5 a	84.0 a	10.7 a	3.2 abc	17.6 cdef	90.4 ab
Colombia BC	1.84 abc	273.5 a	55.39 a	3.6 a	81.4 a	10.0 a	5.8 abc	36.3 abcd	91.9 ab
Colombia BV	2.0 ab	271.2 a	55.66 a	3.8 a	81.7 a	12.7 a	2.3 ab	30.3 abcde	92.4 ab
Blue Mountain	1.63 cde	238.2 a	55.67 a	5.3 a	88.2 a	8.3 a	1.7 a	19.4 cdef	90.9 ab
Oro Azteca	1.71 cde	263.7 a	55.82 a	6.4 a	78.3 a	13.8 a	3.9 abc	20.6 cdef	87.4 ab
Batie	1.55 de	258.4 a	55.84 a	20.7 a	84.6 a	12.5 a	1.7 a	41.0 abc	92.7 ab
Dessie	1.90 abc	267.5 a	55.88 a	2.3 a	81.7 a	14.6 a	1.3 a	46.6 ab	93.6 ab
Catuaí Amarillo	1.76 bcd	256.5 a	55.99 a	2.6 a	86.7 a	6.5 a	4.3 abc	13.9 def	91.4 ab
Costa Rica 95	1.79 bcd	287.5 a	56.25 a	2.9 a	78.5 a	12.5 a	3.4 abc	24.6 bcdef	88.2 ab
Caturra Rojo	1.63 cde	253.3 a	56.33 a	2.3 a	85.8 a	7.4 a	4.6 abc	12.2 ef	89.3 ab
Típica 947	1.62 cde	252.5 a	56.48 a	4.3 a	78.5 a	10.0 a	6.6 bc	16.3 def	86.8 ab
Borbón Salvadoreño	1.46 e	268.9 a	56.51 a	2.5 a	81.0 a	9.9 a	6.8 bc	3.9 f	77.4 c
Garnica Iquimite	1.67 cde	266.9 a	56.53 a	2.3 a	80.1 a	8.3 a	7.2 c	10.8 ef	85.2 bc
Caturra Amarillo	1.68 cde	266.4 a	56.58 a	3.0 a	85.7 a	6.4 a	5.5 abc	10.3 ef	89.1 ab
Garnica F5	1.75 bcd	251.0 a	56.58 a	2.4 a	81.0 a	10.2 a	4.6 abc	14.0 def	88.2 ab
Pacamara	2.1 a	255.3 a	56.63 a	5.7 a	81.2 a	6.7 a	5.7 abc	52.8 a	95.7 a

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

[§] RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

[±] RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

[†] Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y >Z16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

Las mejores eficiencias agroindustriales de cereza a pergamino (RCP) correspondieron a las variedades Blue Mountain y Típica Xanthocarpa, con valores menores al rendimiento estándar convencional (250 kg café cereza para obtener 57.5 kg café pergamino), mientras que la variedad Costa Rica presentó la menor eficiencia con (287.5 kg). En eficiencia del proceso de industrialización de café pergamino a café oro (RPO), todas las variedades fueron menores al estándar comercial (57.5 kg café pergamino para obtener 46 kg café oro); las mejores fueron Pluma Hidalgo y Típica Xanthocarpa con 55.12 kg. Los cultivares derivados de

Typica, como Blue Mountain, Typica Xanthocarpa y Pluma Hidalgo muestran alta eficiencia de conversión de café cereza a granos de café verde.

En proporción de fruto vano, 70 % de las variedades tuvieron promedios inferiores a 4 %, y sólo la variedad Batie tuvo un porcentaje excesivo de frutos vanos (20.7 %). Según Castillo y Moreno (1988), los frutos vanos o vacíos son causa principal de reducciones del rendimiento en el beneficiado.

En la forma del grano, el tipo planchuela o grano normal fue el más abundante con 82.5 % en promedio de las variedades, pero la variedad Blue Mountain tuvo 88.2 %, y Oro Azteca, Costa Rica 95 y Típica 947 mostraron los más bajos (>79 %). El promedio de granos anormales fue 17.4 %, con un comportamiento inversamente proporcional al de granos normales.

Entre los granos anormales hubo diferencias estadísticas en el tipo triángulo (promedio 4.3 %) donde la variedad Dessie tuvo el nivel más bajo (1.3 %) y Garnica Iquimite el más alto (7.2 %). El tipo caracol varió de 6.4 a 14.6 % entre variedades (promedio 10 %), lo cual coincide con los resultados de Alvarado *et al.* (2002). Las variedades Caturra Amarillo y Catuaí Amarillo tuvieron los promedios más bajos de grano caracol, mientras que Dessie y Oro Azteca presentaron los mayores. En los granos anormales del tipo elefante y concha no hubo diferencias ($p>0.05$) entre variedades, y sus promedios fueron 0.59 y 0.22 %.

El tamaño del grano es un criterio importante para la comercialización internacional del café oro, pues los granos de mayor tamaño tienen más aceptación comercial (Wintgens, 2004). La mayor proporción de granos superiores a Z 19, es decir los más grandes, se encontró en las variedades Pacamara, Dessie, Batie y Colombia (BV y BC), variedades que junto con Typica Xanthocarpa, Blue Mountain y Catuaí Amarillo presentaron más de 90 % de granos con tamaño superior al Z 16. Dado que en la variedad Pacamara más de la mitad de los granos se ubicaron en la categoría Z 19, se confirma la cualidad distintiva de los cafés originados de la variedad Maragogipe (Zamarripa y Escamilla, 2002). En relación con el color del café

oro, las variedades Garnica Iquimite y Colombia BC mantuvieron el color Muy fino en los tres ambientes estudiados.

7.3.1.2.2 Calidad sensorial. Los promedios de intensidad de aroma, acidez y cuerpo para las 17 variedades analizadas fueron 3.46, 3.47 y 3.07, y no hubo diferencias estadísticas ($p>0.05$; Cuadro 34).

Cuadro 34. Calidad sensorial de la bebida de café orgánico en 17 variedades.

Variedad	Aroma	Acidez	Cuerpo	AST	AVI	FLO	HER	DEF
Pluma Hidalgo	3.46 a [†]	3.43 a	3.00 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 a	2.6 ab
Típica Xhantocarpa	3.50 a	4.15 a	3.00 a	0.0 a	0.0 a	1.5 b	0.0 a	3.0 ab
Colombia BC	3.56 a	3.63 a	3.03 a	4.0 a	1.0 a	0.0 a	0.0 a	6.0 ab
Colombia BV	3.50 a	3.13 a	3.13 a	2.6 a	0.0 a	0.0 a	1.0 a	5.3 ab
Blue Mountain	3.53 a	3.56 a	3.06 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Oro Azteca	3.43 a	3.43 a	3.03 a	0.6 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 ab
Batie	3.36 a	3.50 a	3.06 a	1.0 a	0.0 a	0.0 a	2.6 a	3.6 ab
Dessie	3.36 a	3.23 a	3.03 a	1.6 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	3.3 ab
Catuaí Amarillo	3.43 a	3.40 a	3.13 a	0.6 a	0.0 a	0.0 a	1.0 a	3.0 ab
Costa Rica 95	3.50 a	3.25 a	3.15 a	2.5 a	0.0 a	0.0 a	1.0 a	6.5 b
Caturra Rojo	3.40 a	3.50 a	3.06 a	2.0 a	0.0 a	0.0 a	0.6 a	3.3 ab
Típica 947	3.46 a	3.43 a	3.03 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 ab
Borbón Salvadoreño	3.46 a	3.73 a	3.03 a	0.0 a	1.0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 ab
Garnica Iquimite	3.50 a	3.66 a	3.13 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.6 ab
Caturra Amarillo	3.46 a	3.26 a	3.10 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	1.3 ab
Garnica F5	3.40 a	3.53 a	3.03 a	0.6 a	0.0 a	0.0 a	0.6 a	2.3 ab
Pacamara	3.5 a	3.30 a	3.16 a	0.6 a	1.6 a	0.0 a	0.0 a	3.0 ab

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

AST: tazas astringentes, AVI: tazas avinadas, FLO: tazas flojas, HER: tazas herbales, DEF: tazas defectuosas

La variedad Blue Mountain fue la única que no tuvo defecto alguno en las cinco pruebas de taza, y la variedad Costa Rica 95 fue la que tuvo mayor frecuencia de tazas defectuosas. Estos resultados no coinciden con los de Astúa y Aguilar (1997). Los defectos más frecuentes en sabor de la bebida fueron astringencia, avinado, flojo y herbal; las variedades con mayor astringencia fueron Colombia BV y BC, y Costa Rica 95. Hubo tazas avinadas en Pacamara, Borbón Salvadoreño y Colombia BC; y las tazas flojas se reportaron para Típica Xanthocarpa. Tazas con notas a hierbas se encontraron con mayor frecuencia en la variedad Batie.

La caracterización de los subgrupos aromáticos primarios, según el análisis sensorial, indica que en fragancia las notas más importantes fueron chocolates y caramelos, aunque también se identificaron nueces y frutales (Cuadro 35, Anexo 7).

Cuadro 35. Caracterización de los grupos primarios aromáticos en la bebida de café orgánico de 17 variedades.

Variedad	Fragancia [†]	Aroma [‡]	Nariz [§]	Resabio [±]
Pluma Hidalgo	ch-fr-ca	ca-ch-nu-fr	nu-frl-te-ca-ch-e	ch-ca-fr-e
Típica Xhantocarpa	ca-ch	ca-ch-nu	frl-e	fr-e
Colombia BC	ca-nu-ch	ca-ch-nu	fr-ch-pi	ch-pi
Colombia BV	ca-ch-nu	ch-ca-nu	ch-fr-pi-e	ch-pi
Blue Mountain	ch-ca-nu	ch-ca-fr-nu	f-ch-e-ca	ch-fr-e
Oro Azteca	ch-ca-fr	ch-ca-e	ch-fr-e-ca	ch-e-ca
Batie	ch-ca	ch-ca-nu	ch-fr-e	ch-pi-fr
Dessie	ca-ch	ch-nu-ca-fr	fr-ch	ch-pi-fr
Catuaí Amarillo	ca-ch-nu	ca-ch-nu-re	ch-fr-pi	ch-pi-ca
Costa Rica 95	ca-nu-ch	ch-ca-nu	ch-pi-fr	ch-fr
Caturra Rojo	ca-ch-nu	ca-ch-nu	ch-fr-ca-e	ch-fr
Típica 947	ch-ca	ca-ch	frl-ch-e-ca	ch-frl-ca
Borbón Salvadoreño	ch-ca-nu	ch-ca-nu	ch-fr	ch-pi
Garnica Iquimite	ch-ca-fr-nu	ch-ca-nu	ch-frl-e	ch-ca
Caturra Amarillo	ch-ca-nu	ca-ch-nu	fr-ch-ca-pi	ch-pi
Garnica F5	ch-ca-nu	ch-ca	fr-ch-pi	ch-pi
Pacamara	ca-ch-nu	ch-ca	ch-fr-e-pi	ch-pi

‡ ch = chocolates, fr = frutales, ca = caramelos, nu = nueces, frl = frutales limón, te = terroso, e = especiados, pi = pirolíticos y re = resinosos

† Olor de la infusión del café provocado por los vapores de una bebida recién preparada.

‡ Olor del café molido (seco).

§ Sensación en la parte posterior del paladar por los vapores arrastrados al tragar la infusión del café.

± Sensación de sabor percibida en el paladar después de la fase gustativa, provocada por el conjunto de vapores del material orgánico más pesado.

En el aroma predominaron las notas chocolates, caramelos y nueces, y en menor proporción se encontraron frutales, especiadas y resinosas. En el atributo nariz también se registraron diversas notas, con chocolates y frutales como las de mayor frecuencia. En resabio dominó la nota chocolates, salvo la variedad Típica Xhantocarpa que presentó nota frutales.

En las variedades Blue Mountain, Típica Xhantocarpa, Oro Azteca, Caturra Rojo, Típica 947 y Garnica Iquimite no hubo notas pirolíticas, consideradas como indeseables, en los atributos de nariz y resabio. Pérez *et al.* (2005) hicieron una descripción preliminar cuantitativa y cualitativa de las subdenominaciones de origen del café Veracruz, e identificaron el perfil sensorial a nivel de regiones. Sin embargo,

la caracterización de atributos sensoriales de las variedades de café en el presente estudio constituye la primera referencia para México.

Los resultados obtenidos en el análisis de la calidad en las variedades de café, a nivel de materiales comerciales y experimentales, confirman la influencia del factor genético sobre la calidad física del grano, situación documentada ampliamente. Con tal análisis también se encontró un efecto significativo sobre los atributos sensoriales, situación que contradice a lo sostenido por otro autor (Cléves, 1995), quien mediante pruebas con otros catadores concluyó que las variedades comerciales crecidas en idénticas condiciones de altitud y medio ambiente, no se pueden diferenciar mediante cataciones.

7.3.2 Efecto de la edad de los cafetos y las variedades en la calidad del café.

La edad de los cafetos no influye en la calidad física y sensorial del grano y la bebida (Cuadro 36), sin embargo, es importante destacar que esta variable está íntimamente asociada con el tipo de variedades cultivadas.

Cuadro 36. Influencia de la edad y el tipo de variedad en la calidad física del café.

Edad de los cafetos (años)	Tipo de variedades	Peso fruto (g)	RCP [§]	RPO [±]	% grano normal	% grano triángulo
< 10	Pa, Pb, Rr	1.70 a [†]	263.0 a [†]	55.9 a [†]	87.3 a [†]	2.9 a [†]
10-30	Pa, Pb	1.60 a	259.1 a	56.3 a	88.5 a	3.0 a
>30	Typica	1.64 a	250.9 a	55.6 a	88.6 a	1.8 a

Pa: Porte alto (Typica, Borbón Mundo Novo y Geisha) Pb: Porte bajo (Caturra Rojo, Caturra Amarillo y Garnica)

Rr: Resistentes a roya (Colombia, Costa Rica 95, Oro Azteca y Catimor)

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

§ RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

± RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

Para este análisis las variedades se agruparon en tres categorías: i) plantas de más de 30 años en donde solo se encontraron cafetos de la variedad Typica (porte alto), ii) plantas con edades de 10 a 30 años, con presencia de variedades de porte alto y porte bajo, y iii) plantas con edades menores de diez años, en las que hubo una amplia gama de variedades que incluye porte alto, porte bajo y resistentes a

roya. Esta forma de agrupar a las variedades refleja su incorporación histórica al cultivo en la cafecultura mexicana.

Al igual que lo encontrado por Martínez *et al.* (2004), los cafetos más jóvenes (< 10 años) tienden a producir frutos más grandes, pero las mejores eficiencias agroindustriales, tanto de cereza a pergamino como de pergamino a oro, se presentan en los cafetos de mayor edad. También en granos anormales y triángulos no se encontraron diferencias estadísticas. El análisis sensorial tampoco revela diferencias estadísticas significativas para las variables aroma, acidez y total de tazas defectuosas, pero se aprecia que los cafetos más viejos (exclusivamente de Typica) presentaron la mayor intensidad de aroma y acidez (Cuadro 37).

Cuadro 37. Influencia de la edad y el tipo de variedad en la calidad sensorial del café.

Edad de los cafetos (años)	Tipo de variedades	Aroma	Acidez	Tazas defect.	Tazas añejas	Tazas ásperas	Tazas astringentes	Tazas herbales
< 10	Pa, Pb, Rr	3.45 a [†]	3.55 a [†]	2.19 a [†]	0.08 a [†]	0.16 a [†]	0.8 a [†]	0.58 a [†]
10-30	Pa, Pb	3.50 a	3.36 a	1.48 a	0.0 a	0.16 a	0.19 a	0.19 a
>30	Typica	3.53 a	3.90 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a

Pa: Porte alto (Typica, Borbón Mundo Novo y Geisha) Pb: Porte bajo (Caturra Rojo, Caturra Amarillo y Garnica)

Rr: Resistentes a roya (Colombia, Costa Rica 95, Oro Azteca y Catimor)

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Así mismo en los cafetos más viejos no se encontraron tazas defectuosas, los defectos aparecen en los cafetos menores de 30 años y se incrementa en los cafetos menores de diez años, en particular tazas añejas, ásperas, astringentes y herbales.

Es importante destacar que en el análisis sensorial se detectaron diferencias estadísticas entre la edad y la fragancia primaria, ya que las notas a nueces y florales se asocian con los cafetos de más de 40 años (Figura 20).

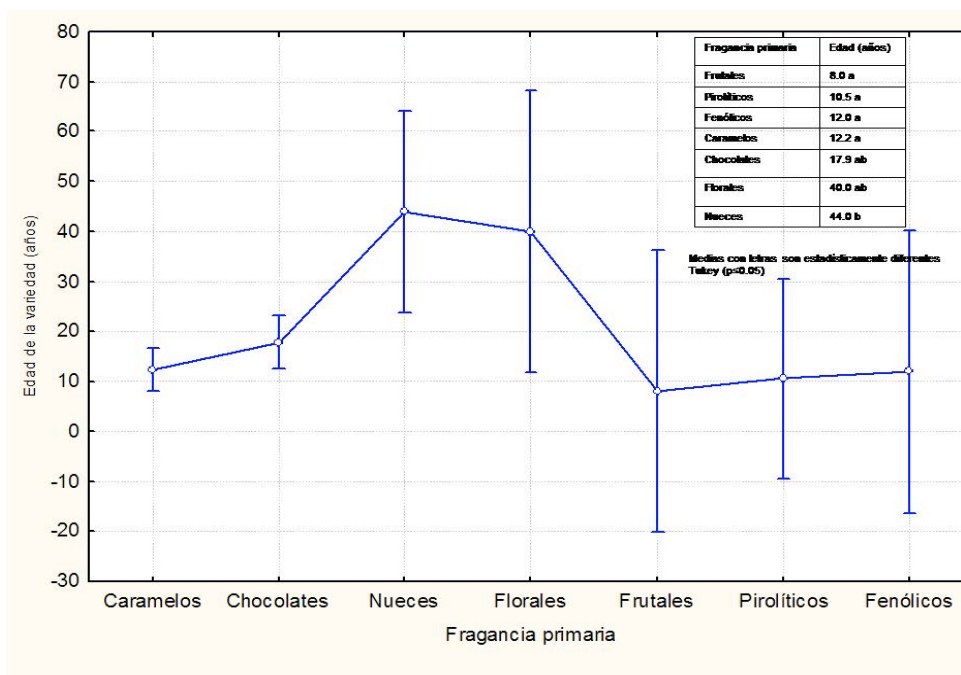


Figura 20. Influencia de la edad de los cafetos en la fragancia primaria

7.3.3 Efecto de la densidad de cafetos y tallos productivos en la calidad del café

En Veracruz Martínez *et al.* (2002) reportan la tendencia de producir granos de menor tamaño al aumentar el número de tallos productivos (<2.4 tallos), lo que confirma la importancia del manejo de poda en los cafetos. En cambio, en este trabajo se determinó que la densidad de cafetos y el número de tallos productivos influyen estadísticamente en la calidad física del grano, porque en las bajas densidades (> 1700) los cafetos tuvieron los niveles más altos de fruto brocado y la mayor proporción de granos pequeños. Así mismo, al considerar el número de tallos productivos, se determinó que con menor cantidad de tallos se obtiene rendimiento medio de pergamino oro (RPO) y menor proporción de granos pequeños. Con base en lo anterior se infiere la importancia de realizar más estudios acerca de la influencia de la densidad y del manejo de podas de los cafetos, sobre la calidad del café en manejo orgánico. En el Cuadro 40 se refleja este comportamiento.

Cuadro 38. Influencia de la densidad de cafetos y el número de tallos productivos sobre la calidad física del café.

Densidad de cafetos.ha ⁻¹	Frutos brocados (%)	Grano triángulo (%)	Z 19 †	Z > 16 †	Número de tallos productivos.ha ⁻¹	RPO±	Z > 16 †
Baja < 1700	17.0 b ^T	4.0 b ^T	6.5 a ^T	79.3 a ^T	< 5 mil	56.6 b ^T	78.5 a ^T
Media 1700-2500	6.86 a	2.5 a	7.5 a	83.7 ab	5 – 10 mil	55.7 a	87.6 b
Alta > 2500	6.05 a	2.6 ab	14.8 b	87.9 b	> 10 mil	55.5 a	87.5 b

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

± RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

† Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

7.3.4 Discusión de la hipótesis.

Esta hipótesis se acepta. En el agroecosistema café orgánico se cultivan diversas variedades de *Coffea arabica* L., en las que predominan variedades de porte alto, en especial Typica y Bourbon, que manifestaron mejores características físicas y sensoriales al compararlas con las variedades de porte bajo y resistentes a la roya. A nivel experimental también las variedades de porte alto mostraron mayor calidad, y se identificaron algunos materiales de excelente calidad física y sensorial, como la variedad Blue Mountain, material derivado de Typica.

7.4 Cuarta hipótesis particular.

La cobertura arbórea en los cafetales orgánicos influye favorablemente en la calidad física del grano y sensorial de la bebida.

7.4.1 Características agroecológicas de los cafetales

En el Cuadro 39 se muestran algunas características agroecológicas de los cafetales orgánicos relacionadas con la sombra. Se encontraron entre seis y nueve especies arbóreas por unidad de superficie estudiada (625 m²), con un promedio de 8.6; el número total de árboles por hectárea varía desde 256 hasta 524. En Puebla se encuentran los cafetales con mayor número de especies arbóreas de sombra, la mayor cantidad de árboles por hectárea y el porcentaje más alto de cobertura arbórea, en contraste con Chiapas y Guerrero donde se registran los cafetales con menos árboles.

Cuadro 39. Características de la sombra en los cafetales orgánicos.

Variable	Chiapas	Oaxaca	Veracruz	Puebla	Guerrero	Prom.	ANOVA
Sistema de cultivo más frecuente	Montaña	Especializado	Policultivo tradicional	Policultivo comercial	Montaña		
Especies de sombra	7.87	7.45	8.11	9.70	6.37	8.6	SDE5
Total de árboles/ha ¹	276.8 a	406.4 ab	392.0 ab	524.8 b	256.0 a	387.2	p=0.007
Altura máxima de la sombra m	17.3 ab	15.7 a	12.8 a	14.4 a	24.3 b	22.2	p=0.001
Cobertura arbórea (%) ²	72.6 ab	76.4 b	74.8 ab	81.41 b	58.3 a	74.5	p=0.009
Índice de diversidad ³	0.16 bc	0.08 a	0.12 abc	0.09 ab	0.18 c	0.12	p=0.001
Índice de riqueza ⁴	0.486 b	0.299 a	0.392 ab	0.326 ab	0.480 b	0.38	p=0.004
Cafetos por hectárea	2721	2889	3152	2755	2197	2816	SDE ⁵

¹ Estos datos se determinaron en base a una superficie de 625 m² en los cafetales estudiados (un cuadro de 25 X 25 m).

² La cobertura de sombra o arbórea se determinó con un densitómetro (GRS).

³ Índice de diversidad de Shannon-Weaver

⁴ Índice de riqueza de Margalef

⁵ SDE= Sin diferencia estadística entre estados.

Los árboles de mayor altura corresponden a los cafetales de Guerrero, con más de 24 m, a diferencia de los otros estados en donde las alturas promedio varían de

12 a 17 m. La cobertura de sombra se encuentra entre 58 a 81%, con un promedio de 74.5%, y los cafetales más sombreados están en Puebla.

Los índices de diversidad y riqueza más altos se encontraron en Guerrero y Chiapas, respectivamente, y los índices más bajos corresponden a los cafetales de Oaxaca.

Las condiciones ambientales particulares en que se desarrolla la cafecultura orgánica, sin duda le confiere al cultivo sustentabilidad ambiental, porque ayuda a la conservación y protección de la biodiversidad y ofrece múltiples servicios ambientales, entre los que destacan la captura de carbono, producción de oxígeno, conservación y recarga de mantos freáticos, conservación del paisaje natural, como ha sido documentado por varios autores (Moguel y Toledo, 1999; Escamilla y Díaz, 2002; Vandermeer, 2003; Giovannucci y Juárez, 2006).

La información anterior se comprende mejor al analizar los sistemas de cultivo identificados, pues permiten resumir la complejidad y contraste de los cafetales orgánicos, definidos principalmente en las características de la sombra.

Se identificaron cuatro sistemas de cultivo (Escamilla y Díaz, 2002) que son: de montaña o rusticano, policultivo tradicional, policultivo comercial y especializado. Estos sistemas responden a diversas estrategias que han desarrollado los productores en función de su experiencia y conocimientos. Sin embargo, predominan los policultivos que caracterizan a los caficultores minifundistas, en donde cobra importancia el aprovechamiento integral del cafetal. El 48 % de los cafetales estudiados presentan la modalidad de policultivo, ya sea tradicional al integrar diversos árboles de vegetación nativa y secundaria, así como diversos frutales (tanto nativos como introducidos), y en menor grado árboles de leguminosas del género *Inga*, o bien en policultivos comerciales, e intercalan otros cultivos destinados al mercado y que contribuyen a complementar los ingresos de los productores.

El policultivo tradicional predomina en Veracruz y el policultivo comercial en Puebla, en donde es frecuente la intercalación de pimienta, zapote mamey,

macadamia y vainilla. El sistema de montaña, en donde predominan las especies arbóreas de vegetación nativa, es muy importante en Guerrero y Chiapas. Finalmente, el sistema especializado que se caracteriza por la presencia dominante de árboles del género *Inga*, es frecuente en Oaxaca y agrupa los cafetales que tienen los valores más bajos de diversidad y riqueza.

7.4.2 Diversidad de especies de sombra en los cafetales

En el Cuadro 40 y Anexo 2 se presenta la relación de especies utilizadas como sombra en los cafetales orgánicos de las regiones estudiadas. Se inventariaron 657 plantas vasculares en los 78 cafetales de las cuales se identificaron 182 especies. Las formas biológicas más utilizadas como sombra son árboles, y en menor grado los arbustos.

Cuadro 40. Otras plantas presentes en los cafetales orgánicos (%).

Especie	Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	Total
Plátanos	6	61	0	25	25	23
Higuerilla	6	28	5	0	0	9
Palmas	31	17	25	38	0	24
Helechos	38	22	60	38	50	41
Bejucos	56	33	55	50	63	50
Epífitas	50	67	55	63	75	60
Plantas parásitas	19	44	20	44	50	33

Las familias con el mayor número de géneros identificados corresponden a Leguminosae (14), Moraceae (6), Rubiaceae (5), Lauraceae (5), Euphorbiaceae (5) y Apocynaceae (5). Las familias con mayor número de especies son: Leguminosae (29), Lauraceae (12), Moraceae (12), Rutaceae (8), Solanaceae (7), Euphorbiaceae (7), Rubiaceae (6), Apocynaceae (6), Anacardiaceae (5), Asteraceae (5), Fagaceae (5) y Myrtaceae (5). En 56 plantas registradas en los cafetales no fue posible determinar la especie; en 10 de ellas se determinó la familia botánica, en otras 28 sólo se registro el nombre local y en 18 se desconoce incluso el nombre local. Estos resultados confirman lo reportado por Moguel y Toledo (1999) y Escamilla y Díaz (2002) en el sentido de la impresionante diversidad vegetal que se encuentra asociada a los cafetales mexicanos.

Del género *Inga* se identificaron nueve especies: *I. acrocephala*, *I. jinicuil*, *I. latibracteata*, *I. laurina*, *I. micheliana*, *I. paterno*, *I. pinetorum*, *I. punctata* e *I. rodrigueziana*. No fue posible identificar a todas las especies de este importante género, por lo que la lista de especies sería mayor.

En 92.4 % de los cafetales se registró presencia del género *Inga*. Otras especies, tanto nativas como introducidas, muy frecuentes en los cafetales son: *Alchornea latifolia*, *Acrocarpus fraxinilolius*, *Cecropia obtusifolia*, *Cedrela odorata*, *Citrus sinensis*, *Cordia alliodora*, *Heliocarpus donnell-smithi*, *Mangifera indica*, *Persea americana* y *Trema micrantha*.

También se registró la presencia de otras plantas que son frecuentes en los cafetales mexicanos (Cuadro 17). Los plátanos (*Musa* spp.) son comunes en los cafetales de Veracruz, e incluso se llega a comercializar la fruta y la hoja (velillo), generando ingresos adicionales a los productores; sin embargo, su presencia disminuye considerablemente en los cafetales de otras regiones, y en los cafetales de Oaxaca no se observaron.

La higuera (*Ricinus communis*) se registró en Veracruz, Chiapas y Oaxaca. Las palmas, principalmente del género *Chamaedorea*, que representan un recurso muy valioso de las regiones cafetaleras, son frecuentes en cafetales de Puebla y Chiapas, pero no en Guerrero.

Los helechos, por lo general del género *Ipomoea*, están presentes en todas las regiones estudiadas, así como los bejucos que son considerados plantas indeseables y estuvieron presentes en la mitad de los cafetales orgánicos, con mayor frecuencia en Guerrero.

El grupo de las epífitas, representado por las Bromelias y las Orquídeas, se encontraron en 60 % de los cafetales, sobre todo en Guerrero. Finalmente las plantas parásitas, denominadas como “seca palo”, “muérdago”, “injerto”, entre otras denominaciones locales y que por lo común pertenecen a la familia de las Loranthaceas, se registraron en 33 % de los cafetales.

7.4.3 Efecto de la sombra en la calidad del café.

El factor sombra se estudió a partir de la cobertura arbórea de los cafetales, para lo cual se definieron tres niveles: cobertura baja (<50 %), cobertura media (50-80 %) y cobertura alta (>80 %). El 53 % de los cafetales se ubicó en el nivel medio, el 38.4 % en el nivel alto y sólo 7.6 % en el nivel bajo.

En cuanto al efecto de la cobertura arbórea sobre la calidad física del grano (Cuadro 41) y sensorial de la bebida, se descubrió que la cobertura media entre 50-80% tuvo el mayor nivel de acidez (3.72) y el menor número de tazas con defectos (0.67); en cambio, la sombra baja (<50%) dio el mayor número de tazas defectuosas (4.0). En la proporción de frutos brocados (9.3%) y RCP (254%) no se detectaron diferencias estadísticas entre los niveles de sombra.

Cuadro 41. Influencia de la cobertura arbórea en la calidad del café

Nivel de sombra	% Cobertura arbórea	% Fruto brocado	RCP [§]	Aroma	Acidez	Total de tazas defectuosas
Alto	> 80	9.3 a [†]	254 a [†]	3.48 a [†]	3.31 a [†]	2.31 b [†]
Media	50-80	8.1 a	259 a	3.49 a	3.72 b	0.67 a
Baja	< 50	2.7 a	268 a	3.41 a	3.33 ab	4.00 b

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

§ RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

Los atributos sensoriales de aroma primario y nariz primaria mostraron diferencias estadísticas. Las notas pirolíticas se presentaron en niveles de cobertura arbórea superiores a 80 % (Cuadro 42, Figura 21).

Cuadro 42. Influencia de la cobertura arbórea sobre los atributos primarios y notas sensoriales de la bebida

Atributo/Nota	FLO	NUE	FRU	CHO	CAR	CAT	PIR	ESP	FEN	HUM
Fragancia	61.0 a [£]	89.5 a	69.0 a	71.1 a	75.1 a	ND	87.0 a	ND	97.0 a	ND
Aroma	1.0 ab [£]	62.0 ab	62.5 ab	72.3 ab	76.3 ab	84.0 ab	93.5 a	ND	ND	ND
Nariz	ND	ND	72.7 ab [£]	74.1 ab	91.0 a	ND	80.6 ab	57.0 b	ND	ND
Resabio	ND	ND	76.0 a [£]	73.3 a	ND	ND	76.5 a	ND	ND	84.0 a

£ Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Fisher, 0.05)

FLO: florales, NUE: nueces, FRU: frutales, CHO: chocolates, CAR: caramelos, CAT: café tostado, PIR: pirolíticos, ESP: especiados, FEN: fenólicos, HUM: humo

En fragancia primaria la nota fenólica está presente en niveles muy altos de cobertura arbórea (97 %). La nota especiada se presentó en niveles inferiores a 60 % de cobertura.

Estos resultados muestran que las notas consideradas como agradables, tienden a ser frecuentes en coberturas arbóreas superiores a 60 %

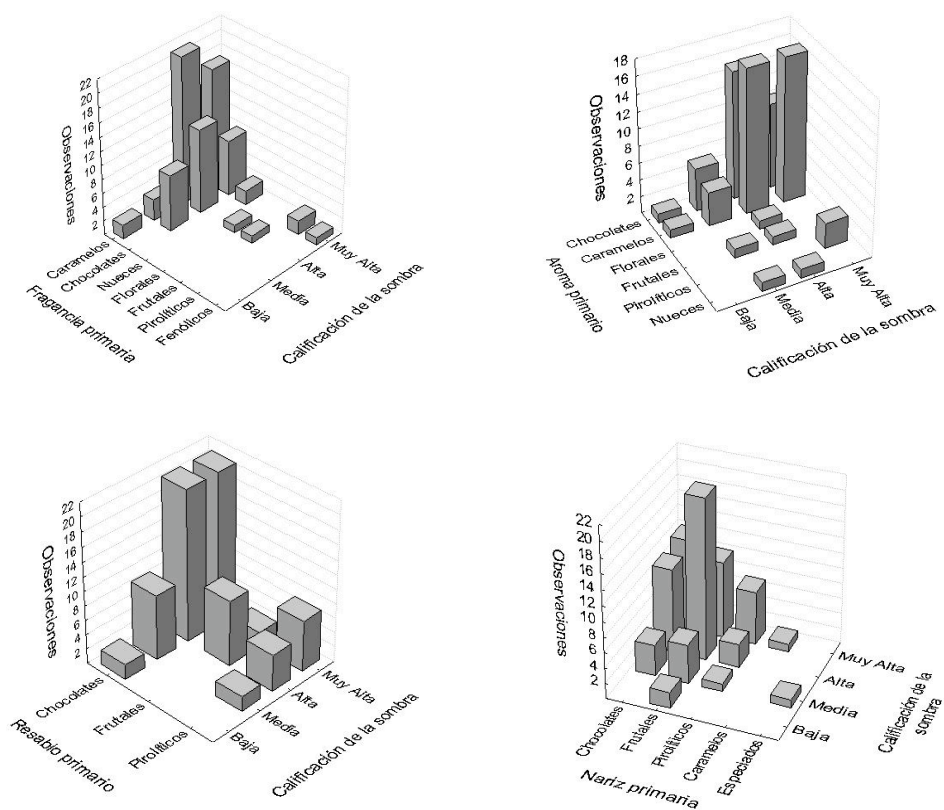


Figura 21. Relación entre los atributos de fragancia, aroma, resabio y nariz, y la cobertura arbórea.

Se ha reportado que las condiciones de sombra favorecen la calidad física y organoléptica del café (Fournier, 1988; Alarcón *et al.*, 1996; Guyot *et al.*, 1999; Muschler, 2001 y 2006). En México, Martínez *et al.* (2003), afirman que plantaciones con más de 60 % de cobertura arbórea ofrecen ventajas para obtener calidad en regiones cafetaleras de Veracruz, porque a menor cobertura estos se incrementan

los frutos manchados y se reduce la proporción de granos en forma de planchuela, y aumenta la triángulos.

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados en otros estudios, pero en esta investigación se determinó que los niveles de cobertura arbórea intermedia en los cafetales orgánicos favorecen significativamente los atributos sensoriales de la bebida, y que la sombra excesiva (>80 %) puede demeritar la calidad del grano y la bebida. La conveniencia de un sombreado intermedio en los cafetales para mantener una alta productividad y calidad de los granos y de la bebida, también fue sugerida por Zuluaga (1990) y Muschler (2001).

7.7.4 Discusión de la hipótesis.

La hipótesis se acepta parcialmente. La sombra diversa, evaluada en este estudio a través de la cobertura arbórea, es una característica distintiva del agroecosistema café orgánico en México, que además de los múltiples beneficios ambientales y económicos que aporta al productor y a la sociedad, también tiene un efecto significativo sobre la calidad física y sensorial del café. Los niveles de mayor acidez de la bebida se determinaron con una cobertura arbórea entre 50 a 80%; es decir, la falta o el exceso de sombra pueden demeritar la calidad del aromático.

7.5 Quinta hipótesis particular. Entre los territorios de influencia de las organizaciones productoras de café orgánico y al interior de los mismos se obtienen cafés de diferente calidad física y sensorial.

En este apartado se presentan y analizan los resultados del café considerando los criterios de distribución geográfica y social, a través del comportamiento de la calidad entre los estados evaluados y también a nivel de los territorios de influencia de las organizaciones participantes en el trabajo.

7.5.1 Análisis de la calidad del café a nivel estatal

En el sector cafetalero nacional es frecuente que los diferentes actores que participan en esta actividad se refieran a la mejor calidad del café en ciertos estados (por ejemplo Veracruz y Chiapas) o regiones (Coatepec, Pluma Hidalgo, Jaltenango, etc.). Desafortunadamente estas declaraciones son más de naturaleza empírica y emotiva, pues en la mayoría de los casos se carece de las bases científicas y técnicas para fundamentar tales opiniones. Los resultados de este trabajo, aunque no representan totalmente el comportamiento de la calidad del café en los cinco estados, son un reflejo de los atributos físicos y sensoriales del grano y la infusión que se pueden obtener en ciertas regiones, municipios e incluso comunidades donde se produce café orgánico. No obstante la naturaleza exploratoria y preliminar de este trabajo, se determinaron importantes diferencias en los cafés analizados (Cuadros 43 y 44).

Cuadro 43. Calidad física del grano de café a nivel estatal

Estado	Peso fruto (g)	Fruto brocado (%)	RCP	RPO	Grano normal (%)	Grano caracol (%)	Grano triángulo (%)	Z 19	Z > 16
Chiapas	1.56 a [†]	12.9 a [†]	254 a [†]	55.4 a [†]	90.1 b [†]	6.2 ab [†]	2.4 a [†]	8.4 ab [†]	85.0 ab [†]
Veracruz	1.71 bc	5.1 a	252 a	55.9 a	89.6 ab	6.1 a	2.8 a	16.8 b	90.7 b
Oaxaca	1.78 c	8.3 a	268 a	55.5 a	87.6 ab	8.3 abc	3.1 a	12.7 ab	87.1 b
Puebla	1.55 a	7.0 a	262 a	57.4 b	85.7 a	9.8 bc	3.4 a	6.7 a	76.7 a
Guerero	1.59 ab	7.4 a	259 a	55.6 a	85.8 ab	11.4 c	1.6 a	4.6 a	82.3 ab

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

[§] RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

[±] RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

[‡] Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

Cuadro 44. Calidad sensorial de la bebida de café a nivel estatal.

Estado	Granos vanos al tueste	Aroma	Acidez	Cuerpo	Total de tazas dañadas	Tazas astringentes
Chiapas	6.6 a [†]	3.48 a [†]	3.44 a [†]	3.11 a [†]	1.1 a [†]	0.0 a [†]
Veracruz	2.3 a	3.52 a	3.74 a	3.08 a	1.0 a	0.3 ab
Oaxaca	3.2 a	3.43 a	3.48 a	3.09 a	2.5 a	1.0 b
Puebla	2.3 a	3.51 a	3.23 a	3.05 a	2.0 a	0.5 ab
Guerrero	1.7 a	3.45 a	3.90 a	3.05 a	0.6 a	0.0 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes Tukey ($p \leq 0.05$)

Los frutos de mayor tamaño (1.78 g) se produjeron en Oaxaca, donde hay la mayor presencia de variedades mejoradas, que generalmente se caracterizan por frutos y granos muy grandes, pero con las eficiencias agroindustriales más bajas (RCP de 268 kg). En Chiapas se determinaron los niveles más altos de infestación de broca (12.9 %) y el mayor porcentaje de grano normal (90.1%), comportamiento que puede estar asociado con la presencia de variedades como Typica y Borbón que maduran temprano y que producen proporciones elevadas de granos planchuela. En Veracruz se detectaron los niveles más bajos de broca (5.1 %), el mejor RCP (252), la menor proporción de grano caracol (6.1 %) y los granos de mayor tamaño. Para Guerrero se registraron los niveles más altos de grano caracol (11.4 %) y la menor proporción de grano triángulo (1.6 %). En contraste, en Puebla se registraron los frutos más pequeños (1.59 g), el RPO más bajo (57.4 kg), la menor proporción de grano normal (85.7 %), el mayor nivel de grano triángulo (3.4 %) y los granos más pequeños ($Z > 16$ con 76.7 %), resultados que podrían estar asociados con las condiciones ambientales características de la Sierra Norte de Puebla (bajas altitudes, alta humedad y suelos someros).

Con el análisis sensorial se determinaron diferencias estadísticas en los siguientes atributos: granos vanos al tueste, intensidad de aroma, intensidad de acidez y tazas astringentes. La mayor frecuencia de granos vanos al tueste correspondió a Chiapas (6.6 %) y la más baja a Guerrero (1.7 %). Los cafés de Veracruz y Puebla (3.52 y 3.51) tuvieron el aroma más alto, y en intensidad de acidez destacaron los cafés de Guerrero (3.90) y Veracruz (3.74); en Chiapas y Guerrero no se identificaron tazas con astringencia. El atributo de acidez muestra una variación importante, pues en Guerrero se cuantificó la intensidad más alta (3.90) y en Puebla

la más baja (3.23), diferencias que pueden estar relacionadas con los factores altitudinales y la naturaleza de los suelos. La mayor proporción de tazas dañadas correspondió a Oaxaca y Puebla, estados con presencia importante de variedades mejoradas de porte bajo y resistentes a roya.

En la Figura 23 se observan las notas aromáticas determinadas en los atributos primarios de fragancia, aroma, nariz y resabio para los cinco estados.

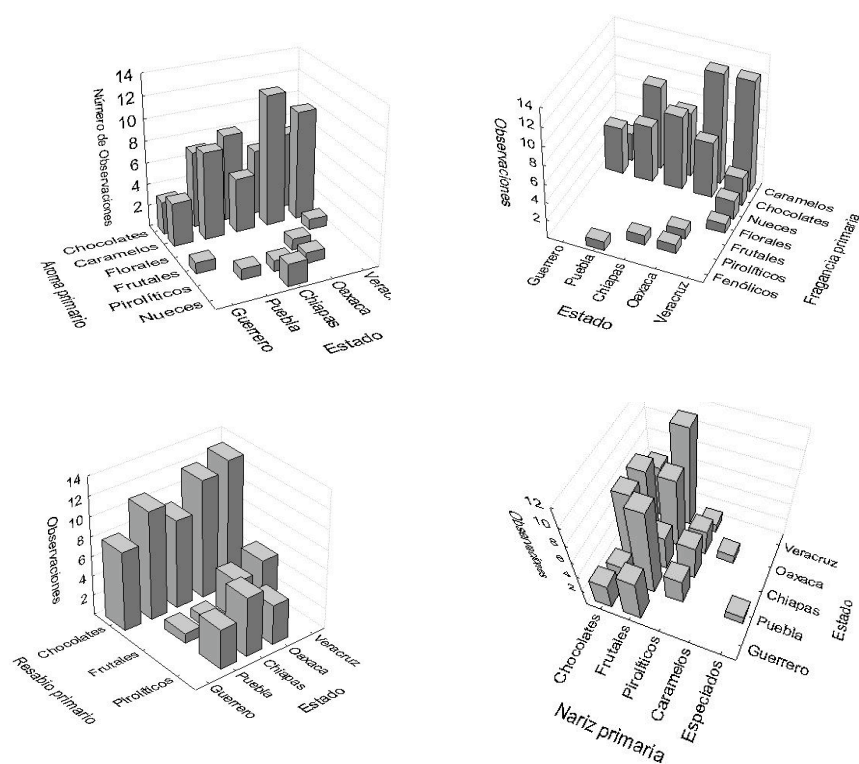


Figura 23. Atributos de fragancia, aroma, nariz y resabio en los cinco estados cafetaleros.

En fragancia primaria predominan las notas a caramelos, con excepción de Chiapas y Guerrero en donde predominaron las notas a chocolates. Notas agradables a nueces y flores se determinaron en Veracruz, mientras que en Chiapas, Puebla y Oaxaca se registraron notas desagradables de tipo pírolíticas y fenólicas.

En aroma primario las notas más frecuentes fueron caramelos y chocolates, con mayor presencia de las primeras, a excepción de Chiapas que tuvo más notas a chocolate. Algunas notas agradables (nueces, flores y frutas) se determinaron en Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Guerrero, y sólo en Puebla se encontraron notas pirolíticas. En nariz predominan las notas a frutales y chocolates, con mayor frecuencia de las primeras, menos en Chiapas que tuvo más notas a chocolate. Con excepción de Guerrero, en los demás estados se identificaron notas pirolíticas.

Es interesante mencionar que en Puebla se presentaron notas especiadas, precisamente en una región donde el café se asocia con el cultivo de pimienta. Finalmente, en resabio predominaron ampliamente las notas a chocolate sobre las notas frutales, y también se incrementó la presencia de notas pirolíticas en Oaxaca, Chiapas y Puebla; se registraron notas a humo en Oaxaca.

7.5.2 Análisis de la calidad del café en los territorios de las organizaciones

Primero es pertinente aclarar unos aspectos relativos al origen de las muestras de café y de los procedimientos de agrupación de las organizaciones cafetaleras. Con respecto al origen del café, se obtuvieron dos muestras para la evaluación de la calidad, la primera consistió en café cereza obtenido directamente de los 78 cafetales orgánicos estudiados, y la segunda fue de café pergamino obtenido en los centros de acopio y las bodegas de las organizaciones. Por otro lado, debido a que algunas organizaciones son de segundo nivel, como REDCAFÉS que está integrada por organizaciones cafetaleras de primer nivel distribuidas en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla, fue necesario agruparlas para realizar un análisis más detallado de la calidad. En REDCAFÉS Veracruz se incluyeron los productores de tres organizaciones de primer nivel, que son: Unión de Productores de la Montaña de Ocozaca S. de S. S. del Municipio de Ixhuatlán del Café, Productores Orgánicos de Tepatlaxco S. P. R. de R. I. del Municipio de Tepatlaxco, y Catuaí Amarillo S. de S. S. del Municipio de Chocamán. En Redcafés Chiapas están los productores de Unión de Campesinos Ecologistas S. de S. S. (UCEA), Nubes de Oro, S. de S. S. y Flor del Café Sustentable S. de S. S.

En los Cuadros 45 y 46 se muestran los resultados del análisis físico del café producidos en el territorio de influencia de las organizaciones. Por el tamaño del fruto destaca REDCAFÉS en Veracruz, con un promedio de 1.85 g, mientras que los frutos más pequeños correspondieron a Tosepan Titataniske en Puebla y REDCAFÉS en Chiapas. El menor porcentaje de grano brocado se encontró en UNISOPRAS Veracruz (1.8 %) y el más alto en REDCAFÉS Chiapas (12.9 %). El mayor porcentaje de frutos vanos o vacíos fueron para Santo Domingo en Oaxaca (8.7 %), comportamiento que pudiera estar relacionado con las condiciones ambientales, en particular el marcado déficit de humedad en este territorio, así como del reducido manejo del cultivo.

Cuadro 45. Calidad física del grano de café en los territorios de las organizaciones (A).

Organización	Estado	Peso del fruto (g)	Fruto brocado (%)	Fruto vacío (%)
UR Huatusco	Veracruz	1.65 abc [†]	6.5 a [†]	4.6 a [†]
UNISOPRAS	Veracruz	1.71 abc	1.8 a	2.8 a
REDCAFES	Veracruz	1.85 bc	4.9 a	3.5 a
La Pintada	Guerrero	1.59 ab	7.4 a	5.3 a
Tosepan Titataniske	Puebla	1.55 a	7.0 a	5.2 a
REDCAFES	Chiapas	1.56 a	12.9 a	4.3 a
Café Neeey	Oaxaca	1.79 bc	8.3 a	4.7 a
Santo Domingo	Oaxaca	1.74 abc	7.7 a	8.7 a
Promedio	Nacional	1.65	8.1	4.7

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

§ RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

± RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

‡ Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

Cuadro 46. Calidad física del grano de café en los territorios de las organizaciones (B).

Organización	RCP	RPO	Grano normal (%)	Grano caracol (%)	Grano triángulo (%)	Z 19	Z > 16
UR Huatusco	245 a [†]	55.8 ab [†]	89.5 a [†]	6.4 ab [†]	2.6 a [†]	19.1 b [†]	90.7 ab [†]
UNISOPRAS	261 a	55.7 ab	91.0 a	5.2 ab	2.6 a	9.0 ab	91.0 ab
REDCAFES	261 a	56.3 ab	88.3 a	6.2 ab	3.5 a	18.8 ab	90.5 ab
La Pintada	259 a	55.6 a	85.8 a	11.4 b	1.6 a	4.6 a	82.3 ab
Tosepan Titataniske	262 a	57.4 b	85.7 a	9.8 ab	3.4 a	6.7 ab	76.7 a
REDCAFES	254 a	55.4 a	90.1 a	6.2 ab	2.4 a	8.4 ab	85.0 ab
Café Neeey	268 a	55.6 a	86.9 a	8.7 ab	3.3 a	13.1 ab	86.5 ab
Santo Domingo	262 a	54.6 a	93.4 a	4.9 ab	1.0 a	5.1 ab	92.8 ab
Promedio	259	55.9	88.0	8.0	2.8	10.7	84.9

[†] Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

§ RCP = Cantidad de café cereza (kg) para obtener 57.5 kg de café pergamino. El estándar comercial es 250 kg de café cereza.

± RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

‡ Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

Se encontraron excelentes eficiencias agroindustriales en algunas organizaciones. En RCP (245 kg) la UR Huatusco fue la única organización que estuvo por abajo del estándar nacional (250 kg); en RPO se obtuvo un excelente 54.6 kg para Santo Domingo, y esta misma organización tuvo el mayor porcentaje de grano normal (93.4 %). La Pintada en Guerrero tuvo los niveles más altos de grano

caracol (11.4 %) y la menor proporción de grano caracol (1.6 %). La UR Huatusco reportó el mayor porcentaje de granos Z19 (19.1 %) y Santo Domingo y las tres organizaciones de Veracruz presentaron más del 90 % de granos mayores a Z16.

En el café de Tosepan Titataniske se cuantificaron atributos físicos con los valores más bajos: peso del fruto, RPO y % de grano menor Z16. El análisis sensorial revela marcadas diferencias estadísticas en los atributos de la bebida que se obtiene en los territorios de las organizaciones (Cuadro 47).

Cuadro 47. Calidad sensorial de la bebida de café en los territorios de las organizaciones.

Organización	Edo.	Aroma	Acidez	Cuerpo	Tazas dañadas	Tazas astring.	Tazas a humo	Tazas herbal	Tazas a pulpa	Tazas terrosas
UR Huatusco	Ver	3.59 b [†]	3.87 b [†]	3.05 a [†]	0.20 a [†]	0.0 a [†]	0.0 a [†]	0.0 a [†]	0.0 a [†]	0.0 a [†]
UNISOPRAS	Ver	3.47 ab	3.60 ab	3.12 a	2.0 a	0.7 a	0.0 a	0.0 a	1.25 b	0.0 a
REDCAFES	Ver	3.40 ab	3.57 ab	3.12 a	2.25 a	0.7 a	0.0 a	1.5 a	0.0 a	0.0 a
La Pintada	Gro	3.45 ab	3.90 b	3.05 a	0.62 a	0.0 a	0.0 a	0.62 a	0.0 a	0.0 a
Tosepan Titataniske	Pue	3.51 ab	3.23 ab	3.05 a	2.06 a	0.5 a	0.18 a	0.25 a	0.0 a	0.37 a
REDCAFES	Chis	3.48 ab	3.44 ab	3.11 a	1.13 a	0.0 a	0.12 a	0.18 a	0.0 a	0.44 a
Café Neeey	Oax	3.45 ab	3.61 b	3.08 a	2.11 a	1.1 a	0.0 a	0.50 a	0.0 a	0.16 a
Santo Domingo	Oax	3.25 a	2.30 a	3.20 a	6.0 a	0.0 a	3.0 b	0.0 a	0.0 a	3.0 a
Promedio	Nac	3.48	3.52	3.08	1.6	0.44	0.14	0.34	0.06	0.28

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), Edo: Estado, Nac: Nacional, astrig: astringentes

En la intensidad de aroma el valor más alto fue para UR Huatusco (3.59) y el más bajo correspondió a Santo Domingo (3.25). La mayor intensidad de acidez se tuvo en La Pintada (3.9) y la menor para Tosepan (3.23); en intensidad de cuerpo la más elevada se cuantificó en Santo Domingo (3.20) y la menor en la UR Huatusco (3.05). Las organizaciones con el menor número de tazas dañadas fueron UR Huatusco (0.20) y La Pintada (0.62), en contraste con Santo Domingo que tuvo el número más alto de defectos en taza (6.0). Entre los defectos más importantes estuvieron las tazas astringentes en Café Neeey, tazas a humo y terrosas en Santo Domingo, y tazas a hierba en REDCAFÉS Veracruz

7.5.3 Análisis de la calidad del café pergamino acopiado por las organizaciones

El análisis de la calidad física y sensorial en el café pergamino producido y acopiado por 10 organizaciones confirma los resultados expuestos en los apartados anteriores, en relación a que existen importantes diferencias en los atributos

evaluados. Algunas de estas diferencias se pueden atribuir a factores agroecológicos (genotipo, ambiente y manejo del cultivo), pero otros son consecuencia del manejo postcosecha.

Es conveniente mencionar que en este análisis se separa el Café de REDCAFÉS Veracruz en sus tres organizaciones integrantes (Montaña de Ocozaca, Productores Orgánicos de Tepatlaxco y Catuai Amarillo); también en el caso de REDCAFÉS Chiapas se dividió el café de Nubes de Oro y el de Unión de Campesinos Ecologistas de Acacoyagua (UCEA), y se incluyó una muestra de la organización Productores Indígenas Ecológicos de la Sierra Negra S.C. ubicada en la Sierra Negra de Puebla, organización que pertenece a REDCAFÉS. En este análisis no se incluyó el café de La Pintada del Municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero. A continuación se analizan los resultados.

El Cuadro 48 refleja el comportamiento de la calidad física en el café pergamino acopiado por las organizaciones.

Cuadro 48. Análisis físico del café orgánico de diez organizaciones. Cosecha del ciclo 2004/05.

ORG	Estado	RPO [±]	IF	Hum (%)	Color oro	GN (%)	GC (%)	GT (%)	GE (%)	GCO (%)	GD (%)	Z 19 [†]	Z> 16 [‡]
UR Huatusco	VER	56.0	2.8	13.5	Muy fino	83.9	9.1	4.5	0.5	0.1	16.1	15.9	89.7
Catuai Amarillo	VER	55.6	4.1	13.1	Muy fino	82.6	10.4	4.3	0.3	0.0	17.4	12.2	88.0
Ocozaca	VER	55.8	5.8	12.4	Fino	85.2	8.4	4.2	0.3	0.3	14.8	22.6	90.1
Tepatlaxco	VER	56.6	7.0	12.9	Fino	85.3	7.3	5.5	0.1	0.2	14.7	6.1	79.5
Tosepan Titataniske	PUE	56.2	4.5	12.8	Fino	82.0	11.5	4.3	0.0	0.1	18.0	9.4	82.0
Sierra Negra	PUE	56.3	6.4	12.8	Fino	85.3	7.7	5.1	0.2	0.1	14.7	4.5	76.9
Café Neeey Santo Domingo	OAX	57.6	7.7	13.2	Fino	83.3	8.6	5.1	0.3	0.1	16.7	8.3	81.3
Ucea	OAX	54.8	12.1	14.2	Fino	85.1	11.1	2.0	0.2	0.0	14.9	11.6	88.6
Nubes de Oro	CHIS	55.3	6.2	13.3	Fino	83.2	10.6	3.4	0.2	0.3	16.8	5.6	80.8
Oro	CHIS	54.8	4.2	14.1	Fino	84.1	11.3	2.1	0.3	0.3	15.9	7.7	87.9
Promedio	NAC	55.9	6.8	13.2		84.0	9.6	4.0	0.24	0.15	16.0	10.3	84.4

± RPO = Cantidad de café pergamino (kg) para obtener 46 kg de café oro. El estándar comercial es 57.5 kg de café pergamino.

† Tamaño del grano medido en cribas o zarandas con orificios de diámetro: Z19 (1.18 mm) y Z>16 (>1.0 mm), con base en la NMX-F-551-1996 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1996).

ORG: organización, IF: impurezas físicas, GN: grano normal, GC: grano caracol, GT: grano triángulo, GE: grano elefante, GCO: grano concha, GD: grano deforme, NAC: Nacional, Hum: humedad

En las características físicas del grano se determinó un RPO en promedio de 55.9 kg, donde la eficiencia más baja la tuvieron Nubes de Oro y Santo Domingo (ambos con 54.8 kg), y el valor más alto fue para Café Neey de Oaxaca (57.6 kg). Los rendimientos se consideran muy buenos ya que están por abajo del estándar comercial (57.5 kg de café pergamino para obtener 46 kg de café oro).

El nivel de impurezas fluctuó de 2.8 % (UR Huatusco) a 12.1 % (Santo Domingo), con un promedio de 6.8 %; el porcentaje de humedad varió desde 12.4 % (Ocozaca) a 14.2 % (Santo Domingo), con un promedio de 13.2 %. La mayoría de valores se encuentra muy por arriba de los niveles aceptables para el secado del café pergamino (12-12.5 %), el nivel de impurezas y el porcentaje de humedad son indicadores de los diversos criterios que tienen las organizaciones para realizar el beneficiado húmedo del café, que pueden demeritar la calidad del producto.

Dos organizaciones de Veracruz (Catuaí Amarillo y UR Huatusco) producen cafés muy finos en función del color del café oro; el resto de las organizaciones se ubicaron en la categoría de fino, que de acuerdo con Santoyo *et al.* (1996) y Wintgens (2004) esta variable está determinada por la altitud.

Una parte importante de la calidad física se determina por la forma y el tamaño del grano. El grano normal tipo planchuela tuvo un promedio de 84 %, con el mayor porcentaje para Sierra Negra y Ocozaca, con 85.3 y 85.2 % respectivamente, y el más bajo para Tosepan Titataniske con 82 %. En contraste, los porcentajes de granos anormales o deformes (caracol, etc.) tuvieron un promedio de 16 %, donde Sierra Negra y Tepatlaxco tuvieron los porcentajes más bajos (ambos con 14.7 %) y los más altos fueron para Tosepan Titataniske y Catuaí Amarillo (18 y 17.4 %, respectivamente). Las diferencias más importantes en los granos anormales fueron para granos caracol y triángulo; el promedio de grano tipo caracol fue de 9.6%, cuyo máximo se obtuvo en Tosepan Titataniske (11.5 %) y el mínimo lo tuvo Tepatlaxco (7.3 %). El promedio de grano triángulo fue de 4.0 %, y los registros más bajos se determinaron en los cafés de Santo Domingo (2.0 %) y Nubes de Oro (2.1 %), mientras que en Tepatlaxco fueron los más altos (5.5 %); esta característica en

particular se asocia con el genotipo, sobre todo con la variedad Typica que tiene una proporción baja de grano triangular.

El café de la organización de Ocozaca, ubicada en comunidades del municipio de Ixhuatlán, tuvo los granos de mayor tamaño; de Z 19 presentó 22.6 % y en Z>16 alcanzó 90.1 %, con lo que superó ampliamente al café del resto de las organizaciones. Las organizaciones de Puebla (Tosepan Titataniske y Sierra Negra) que presentaron los granos más pequeños (por ejemplo, en granos Z>16, tuvieron 79.5 y 76.9 % respectivamente. El análisis físico permite ubicar tres criterios importantes para diferenciar los cafés orgánicos: i) Tamaño y forma del grano, en donde destacan los cafés de Ocozaca, Veracruz. ii) Rendimiento agroindustrial (RPO), con excelentes eficiencias, para las organizaciones ubicadas sobre la vertiente del Pacífico en los Estados de Chiapas (Nubes de Oro) y Oaxaca (Santo Domingo); y iii) Color del grano muy fino en los cafés de Veracruz (Catuaí Amarillo y UR Huatusco).

El análisis sensorial del café muestra importantes diferencias entre las organizaciones (Cuadro 49).

Cuadro 49. Análisis sensorial del café orgánico de diez organizaciones. Cosecha del ciclo 2004/05.

Organización	Estado	ARO	ACD	CUE	TAÑ	TASP	TAST	TMO	TSU	TDF	SD	ESPR	PESP
UR Huatusco	VER	3.4	2.6	3.2	6	0	0	0	0	6	No	No	Sí
Catuaí Amarillo	VER	3.5	3.8	3.0	0	0	0	0	0	0	Sí	No	Sí
Ocozaca	VER	3.6	3.2	3.1	3	0	2	0	0	5	Sí	Sí	Sí
Tepatlxco	VER	3.4	3.2	2.9	3	0	0	0	0	3	Sí	Sí	Sí
Tosepan Titataniske	PUE	3.4	3.0	3.1	3	0	0	0	0	3	Sí	No	Sí
Sierra Negra	PUE	3.5	3.1	3.0	3	0	0	0	0	3	Sí	No	Sí
Café Neeey	OAX	3.4	2.5	3.0	0	0	0	5	3	8	No	No	Sí
Santo Domingo	OAX	3.5	3.3	3.0	3	0	0	0	0	3	Sí	No	Sí
UCEA	CHIS	3.4	2.8	3.2	3	3	0	0	0	6	No	No	Sí
Nubes de Oro	CHIS	3.6	2.9	3.1	5	0	2	0	0	7	No	No	Sí
Promedio	NAC	3.47	3.04	3.06	2.9	0.3	0.4	0.5	0.3	4.4			

VER: Veracruz, PUE: Puebla, OAX: Oaxaca, CHIS: Chiapas, NAC: Nacional, ARO: aroma, ACD: acidez, CUE: cuerpo, TAÑ: tazas añejas, TASP: tazas ásperas, TAST: tazas astringentes, TMO: tazas mohosas, TSU: tazas sucias, TDF: tazas defectuosas, SD: sabor dulce, ESPR: Espermodermo rojizo, PESP: Presencia de espermodermo

Las diferencias más marcadas se presentan en el atributo acidez, que varió de 2.5 (Café Ñeey) a 3.8 (Catuaí Amarillo), con un promedio de 3.04. Los atributos de aroma (3.4-3.6) y cuerpo (2.9-3.2) tuvieron menor variación, y el mayor aroma correspondió a Nubes de Oro y Ocozaca, y los mayores valores de cuerpo se registraron en el café de UCEA y UR Huatusco.

En los defectos determinados en taza, se encontraron tazas añejas, ásperas, astringentes y mohosas. Las organizaciones con mayor número de defectos fueron Café Ñeey (8 tazas), Nubes de Oro (7 tazas), UCEA y UR Huatusco (6 tazas) y Ocozaca (5 tazas); en contraste solo el café de Catuaí Amarillo, organización del Municipio de Chocamán, Veracruz no presentó tazas defectuosas. La característica de dulzor está asociada con los cafés que tuvieron menor número de tazas defectuosas. La caracterización de los grupos aromáticos también reveló diferencias importantes entre las organizaciones (Cuadro 50, Anexo 8).

Cuadro 50. Caracterización de los grupos aromáticos (primarios) en la bebida de café orgánico de diez organizaciones. Cosecha del ciclo 2004/05.

Organización	Estado	Fragancia primaria	Aroma primario	Nariz primaria	Resabio primario
UR Huatusco	Veracruz	Chocolate	Resinoso	Chocolate	Chocolate
Catuaí Amarillo	Veracruz	Chocolate	Chocolate	Frutal	Chocolate
Ocozaca	Veracruz	Chocolate	Chocolate	Chocolate	Chocolate
Tepatlxco	Veracruz	Caramelo	Caramelo	Chocolate	Chocolate
Tosepan	Puebla	Chocolate	Chocolate	Chocolate	Chocolate
Titataniske					
Sierra Negra	Puebla	Chocolate	Chocolate	Chocolate	Chocolate
Café Ñeey	Oaxaca	Chocolate	Chocolate	Terroso	Terroso
Santo Domingo	Oaxaca	Chocolate	Caramelo	Chocolate	Chocolate
UCEA	Chiapas	Chocolate	Chocolate	Chocolate amargo	Chocolate
Nubes de Oro	Chiapas	Chocolate	Caramelo	Chocolate	Chocolate amargo
Predomina	Nacional	Chocolate	Chocolate	Chocolate	Chocolate

La fragancia presentó predominancia de notas primarias, secundarias y terciarias, de chocolate, caramelo y nuez respectivamente, catalogadas como notas agradables, aunque también se identificaron notas desagradables en los cafés de Ocozaca (terrosa) y Café Ñeey (resinosa). El aroma presentó notas predominantes primarias y secundarias a chocolate, y las notas desagradables se presentaron en

Café Ñeey y UR Huatusco (resinosa y terrosa), así como en Ocozaca (resinosa). En nariz predominaron como notas primarias y secundarias, chocolates y pirolíticas respectivamente, aunque se identificaron notas a frutales en Catuaí Amarillo, Santo Domingo y Tepatlaxco, así como chocolate amargo en UCEA. Por el lado desagradable, se ratificaron notas terrosas en los cafés de Café Ñeey, UR Huatusco y Ocozaca, y aparecieron notas pirolíticas en los cafés de Puebla (Sierra Negra y Tosepan Titataniske), Café Ñeey y Nubes de Oro. En este atributo llama la atención el comportamiento de ciertos cafés que presentaron notas agradables primarias, secundarias y terciarias, como en Catuaí Amarillo (frutal, chocolate y especia), Santo Domingo (chocolate, frutal y caramelo) y Tepatlaxco (chocolate, chocolate amargo y frutal). Finalmente en resabio predominaron notas primarias y secundarias a chocolate y chocolate amargo; en Café Ñeey y UR Huatusco se presentaron notas terrosas y resinosas respectivamente (Cuadro 51).

Cuadro 51. Caracterización de los grupos aromáticos (secundarios y terciarios) en la bebida de café orgánico de diez organizaciones. Cosecha (2004/05).

Organización	Fragancia secundaria	Fragancia terciaria	Aroma secundario	Aroma terciario	Nariz secundaria	Nariz terciaria	Resabio secundario	Resabio terciario
UR Huatusco	Terroso	Caramelo	Chocolate	Terroso	Terroso	Resinoso	Resinoso	Pirolítico
Catuaí Amarillo	Caramelo	Nuez	Caramelo	Nuez	Chocolate	Especiado	Frutal	No
Ocozaca	Terroso	No	Resinoso	No	Terroso	No	Chocolate amargo	No
Tepatlaxco	Chocolate	Caramelo	Chocolate	Caramelo	Chocolate amargo	Frutal	Chocolate amargo	No
Tosepan Titataniske	No	No	No	No	Chocolate amargo	Pirolítico	Chocolate amargo	No
Sierra Negra	Nuez	Caramelos	Chocolate	No	Pirolítico	No	Pirolítico	No
Café Ñeey	Caramelo	Resinoso	Resinoso	Terroso	Pirolítico	No	Pirolítico	No
Santo Domingo	Caramelo	Nuez	Chocolate	Nuez	Frutal	Caramelo	Chocolate amargo	Pan tostado
UCEA	No	No	Caramelo	No	Café tostado	Resinoso	Chocolate amargo	Café tostado
Nubes de Oro	Caramelo	Nuez	Chocolate	No	Pirolítico	No	Café tostado	No
Predomina	Caramelo	Nuez	Chocolate	No	Pirolítico	No	Chocolate amargo	No

Un balance del comportamiento físico y sensorial permite identificar cafés que reúnen características destacadas en ambos criterios, como es el caso de los cafés de: Catuaí Amarillo (color del grano muy fino, elevada acidez, ausencia de tazas defectuosas y notas especiales a frutal y especias en el atributo nariz; Santo Domingo (excelente RPO) y notas especiales en el atributo nariz (frutales); y

Tepatlixco con baja proporción de granos deformes y notas especiales en nariz (frutal).

El caso de Ocozaca es interesante porque presenta características sobresalientes en tamaño del grano y en la proporción de granos planchuela; sin embargo, en la evaluación sensorial presenta tazas defectuosas (añejas y astringentes) y notas desagradables (terrosa y resinosa). Para Café Ñeey se identificaron problemas en la calidad física (el más alto RPO) y sensorial (el mayor número de tazas defectuosas y notas desagradables a tierra y resina). Los cafés de Puebla tienen el grano de menor tamaño y presentan problemas de tazas defectuosas y notas pirolíticas, aunque Sierra Negra tuvo una proporción alta de grano planchuela.

Al comparar los resultados obtenidos entre las muestras de café cereza y de café pergamino de las organizaciones que colaboraron en el proyecto, por una parte se confirman los excelentes atributos físicos y sensoriales de los cafés obtenidos en algunos territorios, pero por otro lado también afloran algunos problemas que pueden ser inherentes a la forma de cosechar, al procedimiento de beneficiado y a las condiciones de almacenamiento del producto.

Una diferencia fundamental entre las dos muestras analizadas se debe a que las muestras de café pergamino fueron cosechadas y beneficiadas por los productores y no fue posible controlar la cosecha en el momento óptimo de maduración; por ello reflejan el tipo de café que cosechan y acopian las organizaciones. Esa situación es muy diferente a la del café cereza cosechado directamente en los cafetales orgánicos que estuvieron en nivel óptimo de madurez; esto último puede contribuir a determinar el potencial que tienen algunas organizaciones y que la actualidad no se aprovecha. Estas diferencias son más notorias en los atributos físicos y en las tazas dañadas; por ejemplo, en el café pergamino disminuye considerablemente el porcentaje de granos normales y se incrementa la proporción de tazas con defectos, como mohosas, terrosas y sucias.

Es interesante el caso del café de Santo Domingo que en ambos muestreos ratifica sus características físicas, sobre todo el excelente RPO (54.6-54.8 kg). En REDCAFÉS Veracruz se aprecian diferencias importantes, pues cuando se evalúa el café de todas las organizaciones afloran algunos defectos, pero al realizar un análisis por organización se encuentran características especiales, como: elevada acidez y ausencia de tazas dañadas en el café de Catuaí Amarillo, presencia de notas especiales en Catuaí Amarillo y Tepatlaxco, tamaño y forma de los granos en los cafés de Ocozaca. Ello también hizo posible identificar algunos problemas como: número de tazas añejas en Ocozaca y alto porcentaje de granos deformes en Catuaí Amarillo. En la UR Huatusco las muestras de cereza reflejan una alta calidad física y sensorial, pero en el café pergamino se detectaron problemas de tazas añejas y baja acidez, lo cual pudiera deberse al añejamiento del café o a las condiciones de almacenamiento.

En el café de las organizaciones Tosepan Titataniske y Café Neey, en ambas evaluaciones se identifican problemas en la calidad física y sensorial, que pueden estar asociados con la presencia de variedades mejoradas y resistentes a roya, así como con las condiciones ambientales (altitud y tipo de suelos).

7.5.4 Discusión de la hipótesis

La hipótesis se acepta. Los resultados de calidad en los cinco estados productores de café muestran que las características físicas y organolépticas del café varían de acuerdo con el origen geográfico de las organizaciones. La calidad del café que obtienen las organizaciones en sus territorios de influencia también presenta rasgos peculiares en sus atributos físicos y sensoriales, con diferencias que se matizan al interior de cada territorio. Estas diferencias en calidad incrementan la gama de posibilidades que es posible encontrar en las regiones cafetaleras de México. Algunas características que influyen desfavorablemente en la calidad del café que obtienen las organizaciones, no son atribuibles a factores agroecológicos sino que son causados por factores del proceso de cosecha y transformación del producto, aspectos que pueden mejorarse.

7.6 Análisis integral de los factores agroecológicos y la calidad del café

A partir de los resultados reportados hasta aquí se pueden hacer algunas conclusiones relevantes respecto a la influencia de factores agroecológicos, como altitud y cobertura arbórea, sobre la calidad física y sensorial del café.

Además se reconcen unas tendencias que permiten lograr una mayor aproximación al problema planteado en esta investigación. Al analizar la altitud de los cafetales, ésta mostró correlación significativa ($p \leq 0.5$) con algunas variables agroecológicas (Cuadro 52).

Cuadro 52. Correlación de la altitud (m) con variables agroecológicas.

Variabes	R	R²	Probabilidad
Cobertura arbórea (%)	- 0.53	0.28	0.0000004
Total de árboles	- 0.42	0.18	0.0001
Edad de la variedad de café evaluada	0.27	0.07	0.015
Número de tallos productivos de café	0.33	0.11	0.0024
Cafetos normales (%)	- 0.48	0.23	0.000006
Cafetos que requieren poda (%)	0.36	0.13	0.0009
Cafetos que requieren recepa (%)	0.23	0.053	0.0425
Contenido de cobre en el suelo (mg.kg ⁻¹)	- 0.33	0.11	0.0027
Contenido de manganeso en el suelo (mg.kg ⁻¹)	- 0.29	0.08	0.008

La altitud tuvo una correlación negativa con la cobertura arbórea y con el número total de árboles, lo cual es lógico por la estrecha relación entre la temperatura y la altitud, de forma que las zonas bajas son más cálidas y requieren mayor porcentaje de sombra, a diferencia de las zonas ubicadas a mayor altitud, que se caracterizan por temperaturas más frescas, condición que reduce la necesidad de cobertura arbórea en los cafetales (Figura 24). Si bien la correlación es significativa, su valor no es alto (50%) lo que indica que la otra mitad de la variación se debe a otros factores diferentes.

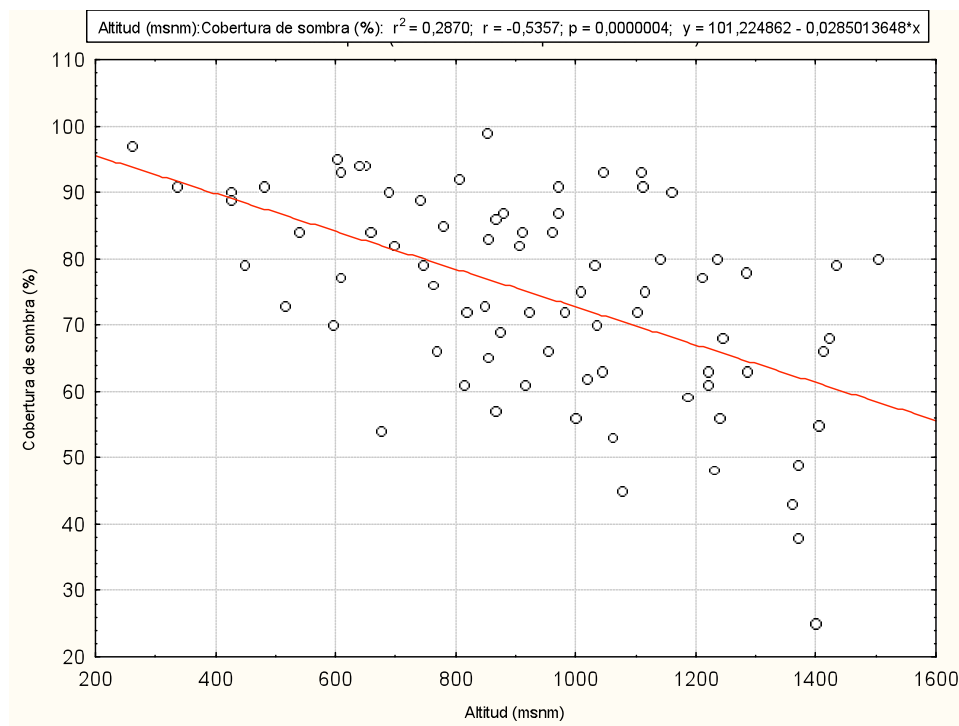


Figura 22. Asociación de la altitud con la cobertura arbórea

Otras variables que presentaron correlación negativa con la altitud fueron: el % de cafetos normales y los contenidos de cobre y manganeso en el suelo. En cambio, se encontraron correlaciones positivas de la altitud con: antigüedad de la variedad, número de tallos productivos de café, % de cafetos que requieren poda y % de cafetos que requieren recepa.

La altitud también correlacionó con diversos atributos físicos del grano y sensoriales de la bebida de café (Cuadro 53), por ejemplo, correlacionó positiva y significativamente con: peso del fruto, tiempo de fermentación en el proceso de beneficiado húmedo, proporción de granos normales, tamaño del grano (Z19 y Z >16) e intensidad de acidez.

Cuadro 53. Correlación de la altitud con atributos físicos del grano y sensoriales de la bebida de café.

Variables	R	r²	Probabilidad
Peso del fruto (g)	0.28	0.07	0.0125
Frutos brocados (%)	- 0.27	0.07	0.0156
Frutos vanos o flotes (%)	- 0.29	0.08	0.0100
Tiempo de fermentación (horas)	0.44	0.19	0.00005
Rendimiento de cereza a pergamino (RCP) kg ⁻¹	- 0.25	0.06	0.0254
Rendimiento de pergamino a oro (RPO) kg ⁻¹	- 0.454	0.20	0.00003
Grano caracol (%)	- 0.29	0.08	0.0080
Total grano anormal (%)	- 0.28	0.07	0.00123
Grano normal o planchuela (%)	0.27	0.07	0.0144
Grano Z 19	0.21	0.04	0.0553
Grano > Z 16	0.48	0.23	0.000008
Intensidad de acidez	0.35	0.12	0.0017

En contraste, la altitud tuvo una correlación negativa con: frutos brocados, frutos vanos, las eficiencias agroindustriales (RCP y RPO), porcentaje de granos anormales y porcentaje de grano caracol. Esta información ratifica la considerable importancia del factor altitud en la calidad del café.

La cobertura arbórea presentó correlación positiva con algunos parámetros agroecológicos, como: % cobertura de materia orgánica en los suelos, % de suelo descubierto, contenidos de cobre y manganeso, y % de frutos brocados (Cuadro 45). En cambio, con las variables: % cobertura de hierbas en el cafetal, contenido de potasio e intensidad de acidez, tuvo una correlación negativa. Es de destacar que la cobertura arbórea presentó mayor relación con algunas variables del suelo, tanto cualitativas (cobertura del suelo apreciada en el momento de la inspección en campo) como cuantitativas (contenido de K, Cu y Mn), que con otras variables ambientales.

Cuadro 54. Correlación de la cobertura arbórea con variables agroecológicas y la calidad del café.

Variables	R	r²	Probabilidad
Cobertura de hierbas en el cafetal (%)	-0.36	0.13	0.0010
Cobertura de materia orgánica en el cafetal (%)	0.27	0.01	0.073
Suelo descubierto (%)	0.21	0.04	0.05
Contenido de Potasio en el suelo	-0.23	0.05	0.042
Contenido de cobre en el suelo (mg.kg ⁻¹)	0.24	0.06	0.028
Contenido de manganeso en el suelo (mg.kg ⁻¹)	0.23	0.05	0.039
Fruto brocado (%)	0.20	0.04	0.073
Intensidad de acidez	-0.19	0.03	0.09

Por otro lado, la cobertura arbórea sólo correlacionó con dos atributos de la calidad: % de frutos brocados e intensidad de acidez. Al respecto, se encontró que a mayor proporción de sombra hay mayores niveles de frutos brocados y la menor intensidad de acidez.

Para establecer una diferenciación de la calidad a partir de las características agroecológicas de los agroecosistemas cafetaleros, se hizo una agrupación mediante técnicas multivariadas. El procedimiento consistió en aplicar la clasificación práctica de la calidad con base en los atributos físicos y sensoriales de mayor relevancia.

El análisis multivariado a través de los componentes principales permitió identificar tres grupos de café con base en la calidad física y sensorial, a los que denominaremos como alta calidad, media calidad y baja calidad (Cuadros 55 y 56).

Cuadro 55. Extracción de componentes principales.

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Altitud (m)	-0.71*	0.09*	-0.27*	0.47	-0.08	-0.39	-0.10	0.00
Peso de cada fruto g	-0.43	0.47	0.53	0.41	-0.11	0.33	0.07	-0.03
Rendimiento de pergamino a oro	0.74	-0.22	0.21	0.31	0.37	-0.18	0.25	-0.04
% Caracol	0.58	0.72	-0.07	-0.09	-0.20	-0.14	-0.00	-0.22
% Planchuela	-0.56	-0.77	0.05	-0.01	0.08	0.08	-0.07	-0.24
T Z19	-0.49	0.51	0.41	-0.22	0.46	-0.14	-0.16	-0.00
T Z18	-0.84	0.05	0.08	-0.28	-0.12	-0.16	0.38	-0.00
Intensidad de Acidez	-0.29	0.38	-0.76	0.06	0.32	0.24	0.10	-0.03
Expl.Var	2.97	1.83	1.16	0.64	0.54	0.43	0.27	0.11
Prp.Totl	0.37	0.22	0.14	0.08	0.06	0.05	0.03	0.01

¥ Valores marcados > .70

Cuadro 56. Extracción de los tres componentes principales.

Componentes	Eigenvalue	% Total	Eigenvalue Acumulado	% Acumulado
1	2.97	37.18	2.97	37.18
2	1.83	22.92	4.80	60.11
3	1.16	14.59	5.97	74.70

El grupo de alta calidad se asocia con las mayores altitudes, pues con una altitud promedio de 1300 m el café se caracteriza por los siguientes atributos: menores porcentajes de frutos brocados (3.8%) y de grano caracol (6.7%), pero mayores porcentajes de grano planchuela (89.3%), de granos con tamaño Z 18 y de intensidad de acidez (3.7).

El café de calidad media se ubico en una altitud promedio de 940 m, y sus características más importantes son: frutos de mayor tamaño (1.70 g), mejor eficiencia agroindustrial RPO (55.63 kg⁻¹), y mayor proporción de granos grandes Z19 (13.2 %). Conviene señalar que los cafés de alta y mediana calidad se comportan estadísticamente igual en RPO y tamaño del grano Z 18. El café de calidad baja se ubicó a una altitud promedio de 567 m, y sus atributos más relevantes son: frutos de menor peso (1.56 g), la mayor proporción de frutos brocados (10.4 %), mínimas eficiencias agroindustriales RCP (265.68 kg) y RPO (56.99 kg), menor porcentaje de grano normal o planchuela (86.0 %), los mayores porcentajes de granos caracol (9.7 %) y de triángulo (3.3 %), menor proporción de granos grandes Z19 y Z18, y menor intensidad de acidez (3.2). En los atributos sensoriales sólo la acidez fue estadísticamente diferente.

Con base en estas relaciones se hizo un análisis gráfico de agrupación de los productores de café orgánico en función de los tipos de calidad, utilizando el algoritmo de ligamiento completo en las distancias euclidianas, con el cual se obtuvo el dendrograma de las Figuras 25, 26 y 27.

Al revisar el comportamiento de los indicadores en los tres grupos resultantes, se puede observar (Cuadro 57) que guardan mucha similitud con la clasificación a partir del análisis de componentes principales y discriminante.

Cuadro 57. Conformación de los clusters con base en la calidad del café.

VARIABLE	CLUSTER 1 MEDIANA CALIDAD	CLUSTER 2 BAJA CALIDAD	CLUSTER 3 ALTA CALIDAD	ANAVA p=0.5
Altitud (m)	940 b	567 c	1301 a	0.000000
Peso del fruto (g)	1.70 a	1.56 b	1.67 ab	0.012513
Frutos vanos (%)	4.9 a	5.1 a	4.0 a	0.353617
Rendimiento cereza-pergamino	258.42 a	265.68 a	256.58 a	0.354238
Rendimiento pergamino-oro	55.63 b	56.99 a	55.66 b	0.000086
Grano caracol (%)	7.84 ab	9.77 b	6.71 a	0.045158
Grano planchuela (%)	88.36 ab	86.05 b	89.32 a	0.044054
Tamaño del grano Z 19	13.23 a	5.27 b	11.52 ab	0.010197
Tamaño del grano Z 18	28.33 a	19.38 b	30.31 a	0.000009
Intensidad de aroma	3.48 a	3.50 a	3.44 a	0.304288
Intensidad de acidez	3.54 ab	3.24 b	3.75 a	0.022648
Intensidad de cuerpo	3.08 a	3.05 a	3.11 a	0.264679

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

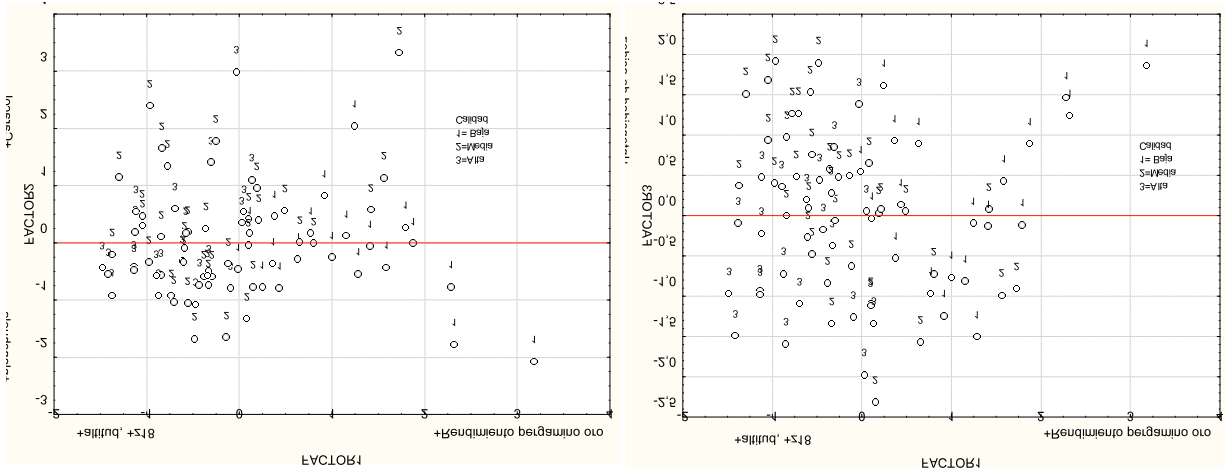


Figura 25. Relación entre los componentes principales

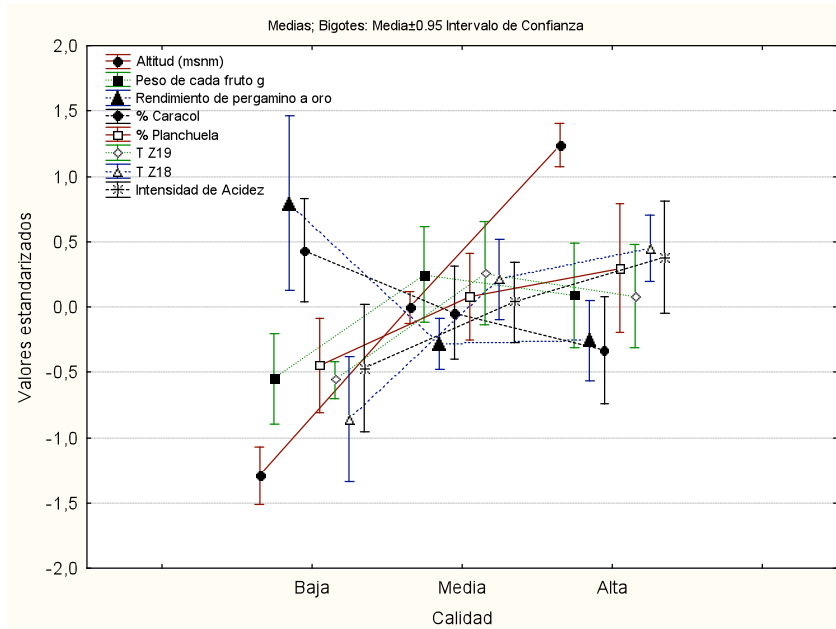


Figura 26. Grupos de calidad definidos mediante componentes principales

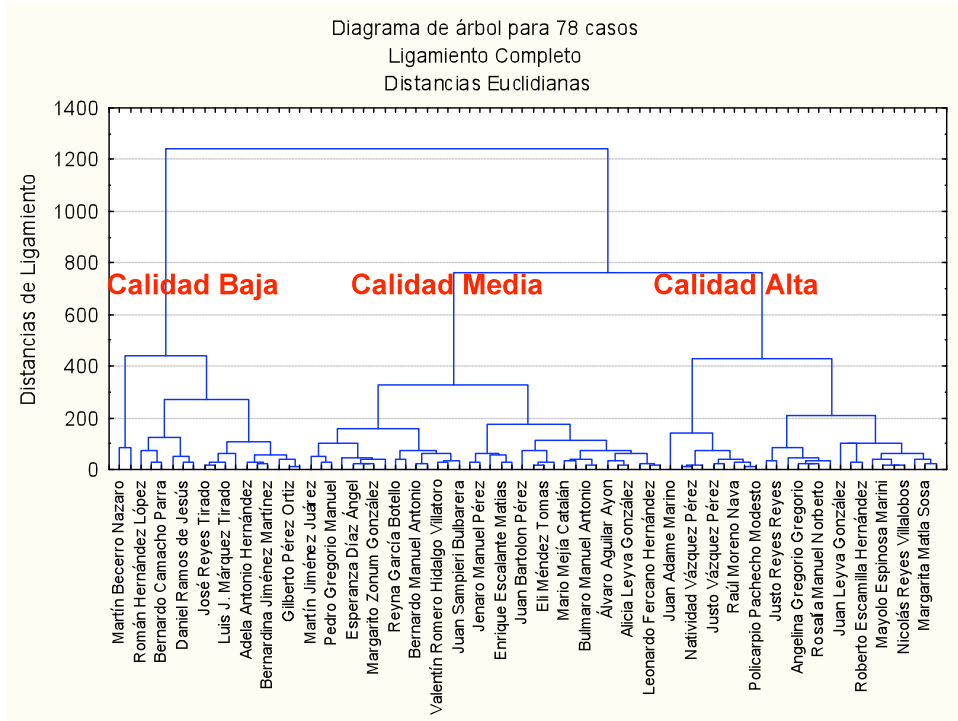


Figura 27. Dendrograma de clasificación Cluster

7.7 Otros hallazgos relevantes en el estudio

7.7.1 Efecto de las variedades y la altitud en la calidad del café

A continuación se detallan algunas características relevantes del comportamiento físico del grano y sensorial de la bebida que involucran la influencia de los factores altitud y variedades.

Variedad Typica. En Ixhuatlán, Veracruz, la variedad Typica cultivada a una altitud de 1220 m tuvo un valor alto de acidez (4.5) y notas florales en fragancia y aroma. El aroma y la fragancia con nota a nueces se presentó en la variedad Typica en cafetales de Veracruz con altitudes < 1000 m, en Tlaltetela (970 m) y Zentla (805 m), en ambos casos con acidez pronunciada (3.7). En Tenampa a 1140 m, la variedad Typica alcanzó 33.4 % de grano Z19. En Acacoyahua Chiapas a 1000 m se obtuvo aroma a nueces y elevada acidez (3.7) y a 1042 m tuvo 94 % de grano normal. En Mapastepec, Chiapas hubo un alto porcentaje de granos planchuela a 1360 m (95 %). En Atoyac de Álvarez, Guerrero a 1405 m también hubo una proporción alta de grano normal (94 %). En cambio en Coatlán, Oaxaca a 960 m Typica tuvo alto porcentaje de granos normales (95 %) y registró una alta intensidad de cuerpo (3.3), pero presentó notas especiales en el aroma, clasificadas como: café tostado, tabaco de pipa y humo; tal vez este comportamiento sensorial con presencia de notas desagradables, se haya debido a la naturaleza de los cafés de la Vertiente del Pacífico. Cabe destacar que el Laboratorio de Catación reportó un exceso de tiempo de tostado para esta muestra, lo que pudo haber influido en sus atributos sensoriales.

Variedad Bourbon. En Veracruz se registraron los niveles más altos en intensidad de acidez con la variedad Bourbon, 4.7 en Tepatlaxco a 1245 m y 4.6 en Chocamán a 1285 m. En la muestra de Tepatlaxco además de la pronunciada acidez, también se tuvo 94 % de grano normal con notas agradables a flores y frutas. La variedad Bourbon en Mapastepec a una altitud de 500 m alcanzó el valor más alto de cuerpo (3.3)

Variedad Geisha. La variedad Geisha muestra algunas cualidades interesantes, por ejemplo en Huatusco Veracruz a 1009 m alcanzó la mayor proporción de granos Z 19 (42 %) y en Valle Nacional, Oaxaca, a 874 m tuvo fragancia y aroma con notas afrutadas y florales.

Variedad Oro Azteca. Esta variedad mejorada con resistencia a la roya, crecida a 450 m en Cuetzalan, Puebla registró la mayor intensidad de aroma de todas las muestras de café orgánico analizadas (3.8).

Variedad Colombia. Esta variedad también con resistencia a roya se caracterizó por los altos porcentajes de granos grandes (Z19). En Valle Nacional, Oaxaca a 1230 m tuvo 33.2 % y a 1018 m alcanzó el valor más alto de todas las muestras, con 50%. Este comportamiento también se observó en Ixhuatlán, Veracruz (Zacamitla) con un valor de 39.3 % de granos en Z19.

Variedad Garnica. Esta variedad tuvo una alta proporción de grano normal (94 %) en Ixtaczoquitlán, Veracruz a 1009 m.

7.7.2 Relación de acidez, aroma y cuerpo con el buqué de la bebida

El análisis sensorial considera atributos cuantitativos como intensidad de acidez, aroma y cuerpo, y atributos cualitativos como las notas aromáticas que se presentan en el buqué de la bebida, que es el perfil aromático total de la infusión y que se compone de fragancia, aroma, nariz y resabio. Al relacionar ambos atributos, se determinó que hay diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) que permiten afirmar que los atributos cuantitativos de acidez y cuerpo influyen en las notas aromáticas identificadas en la fragancia, aroma, nariz y resabio del café (Cuadros 58, 59 y 60).

En el Cuadro 58 se observa la influencia de aroma en las notas de fragancia, aroma, resabio y nariz, aunque no se determinaron diferencias. En fragancia y aroma la mayor intensidad de la bebida se relaciona con la presencia de notas a nueces, y en resabio con la presencia de notas florales. Es decir, a mayor intensidad del aroma se presentan notas consideradas agradables. La influencia de la acidez de la bebida es más significativa sobre fragancia, aroma, nariz y resabio (Cuadro 58). Las notas

florales en fragancia y aroma se asocian con los niveles de mayor intensidad de acidez, así como la nota frutales alcanza la mayor intensidad en nariz y resabio. En contraste, las notas pirolíticas, fenólicas y café tostado tienen la menor intensidad de acidez. Este comportamiento permite afirmar que las notas florales y frutales se presentan cuando la bebida de café es más ácida.

Cuadro 58. Influencia de la intensidad de aroma en el buqué de la bebida de café.

Atributos/Notas	Pirolífticos	Chocolates	Caramelos	Frutales	Florales	Fenólicos	Nueces	Café tostado	Especias
Fragancia	3.40 a [†]	3.46 a	3.48 a	3.5 a	3.5 a	3.6 a	3.7 a	ND	ND
Aroma	3.55 a [†]	3.45 a	3.50 a	3.5 a	3.5 a	ND	3.6 a	3.3 a	ND
Resabio	3.47 a [†]	3.47 a	ND	ND	3.51 a	ND	ND	ND	ND
Nariz	3.5 a [†]	3.45 a	3.3 a	3.5 a	ND	ND	ND	ND	3.4 a

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)
 ND = No se encontró la nota

Cuadro 59. Influencia de la intensidad de acidez en el buqué de la bebida de café.

Atributos/Notas	Pirolífticos	Chocolates	Caramelos	Frutales	Florales	Fenólicos	Nueces	Café tost.	Humo	Especias
Fragancia	2.80 ab [†]	3.47 ab	3.6 ab	3.20 ab	4.5 b	1.8 a	3.80 ab	ND	ND	ND
Aroma	2.8 ab [†]	3.37 ab	3.7 b	3.65 ab	4.5 b	ND	3.45 ab	1.8	ND	ND
Nariz	2.78 a [†]	3.39 ab	2.9 ab	3.84 b	ND	ND	ND	^a	ND	3.8 ab
Resabio	2.87 a [†]	3.58 b	ND	4.16 c	ND	ND	ND	ND	1.8 a	ND

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)
 ND = No se encontró la nota

Cuadro 60. Influencia de la Intensidad de cuerpo en el buqué de la bebida de café.

Atributos/Notas	Pirolífticos	Chocolates	Caramelos	Frutales	Florales	Fenólicos	Nueces	Café tost.	Humo	Especias
Fragancia	3.15 ab [†]	3.06 ab	3.1 ab	3.1 ab	3.1 ab	ND	2.85 a	ND	ND	3.2 ab
Aroma	3.10 ab [†]	3.12 b	3.04 a	3.1 ab	3.1 ab	ND	3.10 ab	3.3	ND	ND
Nariz	3.14 b [†]	3.14 b	3.0 a	3.02 a	ND	ND	ND	^b	ND	3.1 ab
Resabio	3.13 b [†]	3.07 ab	ND	3.02 a	ND	ND	ND	ND	3.3 b	ND

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)
 ND = No se encontró la nota

La intensidad de cuerpo presenta un comportamiento diferente al aroma y la acidez (Cuadro 61).

Cuadro 61. Influencia del número de tazas defectuosas en el buqué de la bebida de café.

Atributos/Notas	Pirolíticos	Chocolates	Caramelos	Frutales	Fenólicas	Café tost.	Humo	Espicias
Fragancia	9.0 b [†]	2.0 a	0.98 a	3.0 ab	6.0 ab	ND	ND	ND
Aroma	6.0 ab [†]	1.96 a	0.95 a	1.5 a	ND	12.0 b	ND	ND
Nariz	4.09 b [†]	1.33 a	6.0 bc	0.68 a	ND	ND	ND	12.0 c
Resabio	3.0 b [†]	1.3 ab	ND	0.0 a	ND	ND	12.0 c	ND

† Medias con letras diferentes en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

ND = No se encontró la nota

El mayor cuerpo se asocia con la nota a chocolates en aroma y nariz; sin embargo, en fragancia y resabio se incrementa la intensidad de cuerpo con notas pirolíticas. Así mismo, las notas a especia en aroma y a humo en resabio, muestran diferencias significativas con la intensidad de cuerpo.

Finalmente en el Cuadro 60 se aprecia la relación del número de tazas defectuosas con el buqué de la infusión. Existe una clara tendencia a que las notas agradables afloren cuando no se detectan tazas dañadas.

En fragancia y aroma no se presentan tazas dañadas para las notas nueces y flores; en cambio se incrementan considerablemente las pirolíticas y fenólicas. En nariz la nota a frutales presenta los niveles más bajos de tazas con defectos, mientras que en las notas pirolíticas, caramelos y especiadas tienen el mayor número de tazas dañadas. En resabio la nota frutales no tuvo tazas dañadas, sino que los daños se relacionaron con notas a humo y pirolíticas.

7.7.3 Presencia del espermodermo en la calidad sensorial de la bebida

Se determinó que la presencia del espermodermo influye en la intensidad del aroma y la presencia de espermodermo rojizo en la intensidad de cuerpo (Cuadros 62 y 63).

Cuadro 62. Influencia del espermodermo en la intensidad de aroma, acidez y cuerpo de la bebida.

Presencia de espermodermo	Aroma	Acidez	Cuerpo
Sí	3.41 a [†]	3.43 a [†]	3.10 a [†]
No	3.50 b	3.55 a	3.07 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Cuadro 63. Influencia del espermodermo rojizo en la intensidad de aroma, acidez y cuerpo de la bebida.

Presencia de espermodermo rojizo	Aroma	Acidez	Cuerpo
Sí	3.42 a [†]	3.32 a [†]	3.18 b [†]
No	3.48 a	3.54 a	3.07 a

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

La mayor intensidad de aroma se obtuvo con el café sin espermodermo, mientras que la mayor intensidad de cuerpo fue para el café que tuvo presencia de espermodermo rojizo.

En el Cuadro 64 se muestra la influencia encontrada entre el dulzor del café y los atributos sensoriales. La presencia de dulzor muestra una relación significativa con la intensidad de acidez y de cuerpo, así como con tazas dañadas. Los cafés dulces tienen mayor acidez y menos cuerpo, con reducido número de tazas dañadas; en cambio, los cafés sin dulzor tienen menor acidez y más cuerpo, y con más tazas defectuosas, principalmente tazas a tierra y a humo.

Cuadro 64. Influencia de la presencia de dulzor en los atributos sensoriales de la bebida

Presencia de Dulzor	Aroma	Acidez	Cuerpo	Total tazas defectuosas	Tazas a tierra	Tazas a humo
Si	3.48 a [†]	3.68 b [†]	3.06 a [†]	0.89 a [†]	0.0 a [†]	0.0 a [†]
No	3.48 a	3.02 a	3.15 b	3.79 b	1.16 b	0.57 b

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

7.7.4 Comparación de la calidad sensorial de cafés lavados y naturales

En los Cuadros 65 y 66 se presentan los resultados encontrados en los atributos físicos y sensoriales de cafés lavados y naturales. Los niveles de humedad se incrementan en los cafés naturales.

Cuadro 65. Características físicas en los cafés lavados y naturales en La Pintada, Guerrero.

Tipo de café	Humedad (%)	Color en oro	Presencia de espermodermo (%)
Lavado	13.5 a [†]	Muy fino (63%), Fino (27%)	50.0
Natural	14.2 a	Fino (100%)	100.0

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Todos los cafés lavados de zonas altas muestran un color muy fino, cualidad que pierden cuando se transforman en naturales. Así mismo los cafés naturales presentaron espermodermo, situación diferente en los lavados (Cuadro 65).

Los cafés lavados tienen mayor intensidad de aroma, acidez y cuerpo, en particular con diferencias significativas para acidez. Se reporta que los cafés naturales presentan mayor cuerpo, pero en la evaluación resultaron con valores similares e incluso ligeramente más altos en los lavados. Una característica distintiva entre cafés lavados y naturales es el dulzor, pues todos los lavados resultaron dulces, a diferencia de los naturales en los que sólo el 37.5% de las muestras presentaron este atributo (Cuadro 66).

Cuadro 66. Aroma, acidez y cuerpo de cafés lavados y naturales en La Pintada, Guerrero.

Tipo de café	Aroma	Acidez	Cuerpo	Presencia de dulzor (%)
Lavado	3.45 a [†]	3.90 b [†]	3.05 a [†]	100.0
Natural	3.37 a	3.28 a	3.02 a	37.5

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Los cafés lavados presentaron tazas sanas, con excepción de una muestra que resulto con taza a hierba, lo que pudo ser causado por la influencia de la variedad Costa Rica (Cuadro 67). En contraste, los cafés naturales presentaron tazas defectuosas con sabores añejo, astringente, fermentada, pulpa y terrosa.

Cuadro 67. Defectos en taza en cafés lavados y naturales en La Pintada, Guerrero.

Tipo de café	Tazas añejas	Tazas astringentes	Tazas fermentadas	Tazas herbal	Tazas pulpa	Tazas terrosas	Total de tazas con defectos
Lavado	0.0 a [†]	0.0 a [†]	0.0 a [†]	0.62a ^{†∞}	0.0 a [†]	0.0 a [†]	0.62 a [†]
Natural	4.25 b	1.5 b	0.75 a	0.0 a	2.25 b	0.62 a	9.37 b

† Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

∞ Se presentó en la variedad Costa Rica 95

En el Cuadro 68 se muestran los resultados de las notas identificadas en el buqué de la infusión. Las fragancias primarias y secundarias de los cafés lavados dieron notas a chocolates y caramelos, y en la fragancia terciaria se encontraron atributos florales y nueces. Los cafés naturales dieron fragancia primaria chocolate y fermentos, en la fragancia secundaria se encontraron caramelos, pulpa, terroso y fermentados, y el atributo terroso se encontró como fragancia terciaria.

Cuadro 68. Caracterización de los grupos aromáticos primarios en la bebida de café lavado y natural en La Pintada, Guerrero.

Tipo de café	Fragancia	Aroma	Nariz	Resabio
Lavado	Chocolates	Caramelos	Frutales	Chocolates
	Caramelos	Chocolates Frutales	Chocolates	
Natural	Chocolates	Chocolates	Fermentados	Chocolates
	Fermentados	Fermentados	Chocolates	Fermentados

El aroma predominante de los cafés lavados fue Caramelos, pero también se encontraron chocolates, frutales, nueces y florales. En los naturales el aroma primario dominante fue Chocolate, y los aromas secundario y terciario más importantes fueron caramelos, seguidos de fermentados, pulpa y resinosos.

En los cafés lavados la nariz primaria de mayor frecuencia fue frutales, la nariz secundaria fue chocolates, y la terciaria caramelos; sin embargo, también se encontraron limón, chocolate amargo, pirolíticos y café tostado. En los naturales la nariz primaria y secundaria dominante fueron fermento y pulpa, respectivamente; y se reportan notas como chocolate, especia, chocolate amargo, frutal, terroso y resinoso.

Los cafés lavados se caracterizan por la total dominancia de resabio primario con nota a chocolates, y de frutales en el resabio secundario, aunque también se encontraron notas pirolíticas y a caramelos. En contraste, en los cafés naturales se identificaron notas como: chocolates, fermentados, pulpa, pirolítico, café tostado y terrosos.

7.8. Discusión de la hipótesis general

A continuación se discute la hipótesis general planteada y los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Hipótesis general. Los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales evaluados en el presente estudio influyen en la calidad física del grano y organoléptica de la bebida que se obtiene en los agroecosistemas cafetaleros con manejo orgánico en territorios de organizaciones de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero.

La hipótesis se acepta. En el presente estudio se ratifica que la calidad del café es resultado de la intervención de múltiples factores. En efecto, los factores ambientales, genéticos y agronómicos influyen en la calidad física del grano y organoléptica de la bebida del café orgánico, pero algunos factores tienen mayor influencia que otros. Entre los factores ambientales, la altitud y las características químicas del suelo influyen significativamente en la calidad del aromático. Entre los factores genéticos se determinó que las variedades tradicionales de porte alto (*Coffea arabica* L.) presentan mayor calidad que las variedades de porte bajo (*Coffea arabica* L.) y las resistentes a la roya (*C. arabica* L. X *C. canephora* P.). En relación con los factores agronómicos, la cobertura arbórea, la edad de los cafetos, la densidad de plantación y el número de tallos productivos influyeron en las características del grano y la bebida. Finalmente aunque la calidad depende de los factores agroecológicos y genéticos, sin embargo, los factores sociales expresados en las decisiones de los productores y sus organizaciones, que están inmersas en un espacio territorial, son determinantes en la calidad del grano y la bebida.

VIII. CONCLUSIONES

1. El crecimiento del café orgánico en México se debe a diversos factores ambientales y socioculturales, como: la diversidad de condiciones agroecológicas, la predominancia de cafetales bajo sombra diversa, la presencia y conocimientos de la cafecultura tradicional, en donde prevalece la cosmovisión indígena, y sobre todo los propios esfuerzos de los productores, en especial de las organizaciones de los estados de Chiapas y Oaxaca que participan exitosamente en los mercados especiales y comercializan directamente su producto.
2. No obstante el éxito del café orgánico la superficie cultivada y el volumen de producción es aún pequeño con respecto al café convencional (alrededor de 10%), y la mayoría de los productores mexicanos están desorganizados y su producción no está diferenciada. Por las características socioeconómicas y culturales de los productores de café, sus mejores oportunidades para desarrollar ventajas competitivas radican en la producción de cafés diferenciados.
3. El café orgánico tiene un potencial considerable de calidad, porque la mayor parte es cultivado en zonas de óptima altitud (< 900 m), bajo sombra diversa, con predominio de variedades arábicas tradicionales (Typica y Borbón) y con prácticas importantes de conservación de suelos. Sin embargo, también se encontró que la baja productividad está relacionada con la edad avanzada de las plantaciones; el manejo inadecuado de la poda de cafetos y la regulación de sombra, la deficiente protección fitosanitaria y la limitada aplicación de abonos.
4. Los cafetales con sistemas de manejo orgánico de México se caracterizan por la diversidad de suelos; la mayoría de ellos se ubica en terrenos con relieve abrupto. Se identificaron nueve unidades de suelo de acuerdo con la clasificación FAO-UNESCO, y doce clases de tierra con base en la clasificación campesina. Los suelos se diferencian en el contenido nutrimental. En general son suelos con pH muy ácido y con contenidos altos de aluminio intercambiable, materia orgánica, nitrógeno total, hierro y fósforo (con excepción de Oaxaca). Niveles medios se determinaron en

manganeso, boro y cobre; y niveles con valores de medio a bajo en potasio, calcio y magnesio.

5. Los resultados de este trabajo exploratorio aportan una aproximación importante sobre el comportamiento de la calidad del café en México. Se ratifica que la calidad física y sensorial del café es de naturaleza multifactorial determinada por factores ambientales, genéticos, prácticas de cultivo y tipo de beneficiado.

6. Es evidente el efecto significativo que ejerce la altitud en la calidad física y sensorial del café independientemente de otros factores ambientales y agroecológicos. Los defectos físicos como son los niveles de frutos brocados y vacíos, y los granos caracoles, disminuyen a medida que se incrementa la altitud. En contraste, el color del grano verde y el porcentaje de granos normales se acentúan a medida que aumenta la altitud. En relación con los atributos sensoriales, la acidez se incrementa al aumentar la altitud, mientras que para aroma y cuerpo el efecto no es significativo.

7. Los suelos de cafetales cultivados con manejo orgánico tienen influencia en las características físicas del grano y sensoriales de la bebida. Los niveles altos de zinc y manganeso están asociados con el menor porcentaje de granos con forma tipo planchuela. Los elementos calcio, magnesio, y hierro tuvieron influencia sobre la fragancia de la infusión. El magnesio tuvo influencia sobre el aroma y se asoció con la nota a frutales; la intensidad de aroma fue influenciada por el fósforo. La materia orgánica y el nitrógeno total influyeron en el atributo nariz. El boro mostró influencia en el sabor residual de la infusión y el cobre mostró influencia en la intensidad de la acidez.

8. Las mejores muestras de café orgánico se obtuvieron en plantas de la variedad Typica con edades mayores a 30 años y cultivados bajo una cobertura arbórea entre 50 y 80 %.

9. Se determinaron diferencias en la calidad física y sensorial de las variedades de café cultivadas en el agroecosistema orgánico. La variedad Typica destaca por sus

atributos físicos y sensoriales. Comparativamente con las variedades de porte alto y porte bajo, los materiales derivados de Catimores expresaron los menores valores de atributos físicos y organolépticos.

10. Existen diferencias en la calidad física y sensorial de las 17 variedades cultivadas a nivel experimental con el sistema orgánico. La variedad Blue Mountain, selección derivada de Typica, sobresale por sus rendimientos agroindustriales, la forma y tamaño de los granos y la ausencia de defectos en las pruebas de taza. La variedad Costa Rica 95, recomendada por su resistencia a roya y por su alta productividad, presentó el mayor número de tazas con defectos, en especial astringencia.

11. En las variedades comerciales y experimentales se hizo una caracterización preliminar de sus atributos sensoriales en fragancia, aroma, nariz y resabio.

12. El café natural obtenido en Guerrero tiene características sensoriales diferentes a los cafés lavados. Estos cafés procesados por la vía seca se caracterizan por una taza menos ácida y con menor dulzor, cuyas notas aromáticas predominantes son: chocolate, fermento, terrosa, caramelo y resina.

13. El análisis físico y sensorial de los cafés obtenidos por las organizaciones que colaboraron en este estudio revela marcadas diferencias en los atributos físicos del grano y sensoriales de la bebida que se obtiene en los territorios. Se identificaron cafés con características excelentes con alto potencial de mercado, pero también en algunas organizaciones se determinaron problemas ocasionados por el método de cosecha, así como deficiencias en el beneficiado del café y su almacenamiento.

14. El agroecosistema café orgánico es una alternativa viable para los productores de café en México, con componentes de sustentabilidad ambiental y altamente asociada con la calidad del grano y la bebida, que debe fortalecerse a través de importantes esfuerzos de todo el sector.

IX. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados del estudio se incorpora una reflexión final y se sugieren diversas recomendaciones.

México ha sido pionero y líder productor de cafés especiales y diferenciados, sobre todo en el café orgánico y el comercio justo. Sus cafés tienen acceso exitoso a los mercados más exigentes e incluso una parte de su producción puede cumplir con los más importantes estándares en el esquema sustentable, lo que significa acceso a mercados con mejores precios.

Los resultados del estudio aportan información que contribuye al conocimiento de la calidad del café en México, en especial del café orgánico. Sin embargo, por las características de este complejo sector es importante mencionar que además de las aportaciones en el ámbito científico y tecnológico, el impacto de la calidad en la realidad del campo cafetalero no es simple, por lo que debe abordarse con una perspectiva integral. Es importante que las instancias rectoras del sector cafetalero implementen un programa nacional integral sobre la calidad del café que permita diseñar e impulsar líneas estratégicas y acciones sobre el mejoramiento de la calidad del café, mediante la vinculación de todos los eslabones de la cadena, porque el seguimiento de la calidad incluye desde la etapa de producción, la industrialización y el consumo. En este programa de calidad se deben considerar los aspectos siguientes:

1. Caracterizar y valorar la calidad del café que se obtiene en las 58 regiones productoras del país, retomando las metodologías implementadas en los estudios realizados en los últimos cinco años en Veracruz y en el presente estudio referentes al agroecosistema orgánico.

2. A nivel de investigación son necesarios estudios más específicos que permitan generar más información sobre la influencia de los factores ambientales, genéticos y agronómicos en diferentes regiones del país. Por ejemplo, acerca de la influencia del suelo se requieren trabajos experimentales para precisar el efecto de ciertos

nutrientes. En el caso de las variedades es importante determinar su calidad en ambientes contrastantes. De esta manera se podría continuar enunciando diversas necesidades de investigación a implementarse en los próximos años para lograr un conocimiento más preciso de los factores que determinan la calidad del café en México.

3. Es necesaria una regionalización y una comercialización ordenada del café que permita separar las zonas altas, de las medias y de las bajas, de tal forma que se identifiquen los lotes de mayor calidad y se generen lotes más uniformes para cumplir con los estándares de los compradores. Los cafés de más alta calidad deben posicionarse en los mercados de cafés de especialidad.

4. Debe propiciarse la creación de las denominaciones de origen a nivel territorial y estatal. Es importante consolidar las denominaciones de origen que se han desarrollado en Veracruz y Chiapas, y es importante considerar la experiencia de los países europeos, que se basa en criterios intrínsecos de los territorios. También se debe evitar que en estas denominaciones se manejen criterios políticos.

5. Fomentar y asegurar la producción de cafés de calidad para la promoción y posicionamiento en los mercados internacional y nacional de las diferentes calidades que se obtienen en las regiones cafetaleras, que permita mejorar la percepción del café mexicano y lograr su competitividad. En este sentido es importante actualizar las normas de calidad que deben servir como referencia para mejorar los precios del café. Esta estrategia permitirá reducir sensiblemente los diferenciales que actualmente se aplican al café mexicano en relación con la cotización de “otros suaves” en el mercado de Nueva York.

6. Informar y regular la calidad del café que se consume en el país, en particular el etiquetado de las marcas de café, mostrando sus contenidos a la vista del consumidor.

7. Generar confianza y certeza entre los consumidores sobre la calidad del café mexicano y su consistencia.

8. Generar un esquema de incentivos a los cafecultores y a las organizaciones que están produciendo cafés de alta calidad. Se debe propiciar un pago diferenciado por el producto de calidad, lo que implica la clasificación del café por calidades de acuerdo con las zonas productoras, la tecnología y las mejoras productivas aplicadas, y conservar esta diferenciación hasta la industria final.

9. Continuar con el retiro de cafés con calidades inferiores o con otros defectos, buscando alternativas de uso.

10. Es importante crear capacidades para mejorar los conocimientos sobre la calidad de los agentes que participan en la cadena del café. A nivel de productor individual, el esfuerzo de producir calidad se debe concentrar en mejorar sus prácticas agronómicas, en hacer una cosecha cuidadosa, donde sólo se corten frutos maduros, y en el beneficiado adecuado del café. Es evidente que esto requiere capacitación y un estímulo económico al cortador, para que en el corto plazo se pueda vender café (cereza, pergamino, oro, tostado o molido) a un mayor precio.

11. Los resultados de la evaluación sensorial revelan que los cafés mexicanos tiene una amplia gama de atributos, por lo que la investigación sobre calidad deberá ser cuidadosa en lograr una caracterización más precisa de las diferentes regiones del país.

12. La investigación deberá de jugar un rol más importante para mejorar la tecnología de producción orgánica y la calidad, buscando que esta actividad sea más productiva y rentable con un enfoque de sustentabilidad, la que tendrá mayor potencial en la medida que desencadene o se inscriban en procesos más amplios de desarrollo rural.

X. LITERATURA CITADA

- Alarcón M., O., M. R. Aldazábal y J. M. Terencio. 1996. Influencia del sol y la sombra en la calidad y rendimiento del grano de café. *Centro Agrícola (Cuba)* 23(3): 11-16.
- Altieri M., A. 1983. Agroecología. Bases científicas de la Agricultura Alternativa. Ed. Centro de Estudios en Tecnologías Apropriadas para América Latina (CETAL Chile). pp: 29-32.
- Alvarado A., G., L. G. Moreno R., y H. Cortina G. 2002. Caracteres agronómicos y resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix* de progenies de Caturra x Híbrido de Timor. *CENICAFÉ* 53(1):7-24
- AMAE/IFOAM/UACH. (Asociación Mexicana de Agriculturas Ecológicas, A.C./Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica/Universidad Autónoma Chapingo). 1995. Conferencia internacional sobre café orgánico. Memorias. México. 218 p.
- Anónimo. 2001. Propuesta de Normas para la certificación del Café Sustentable de México. Grupo de Trabajo sobre la Cafecultura Sustentable en México. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 20 p.
- Anónimo. 2006. Teoría de Sistemas.
In: <http://www.sctsystemic.com/teoriasistemas.htm> (accesado el 26/12/06).
- Anthony F., C. Astorga y J. Berthaud. 1999. Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. *In:* Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. Bertrand, B. y B. Rapidel (eds). IICA/PROMECAFÉ-CIRAD.-IRD-CCCR. Francia. Costa Rica. pp:369-406.
- Arrevillaga M., D. 2004. Evaluación del dosel forestal y la calidad del café en la organización SSS Catuai Amarillo en el Municipio de Chocamán, Veracruz. Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas Tropicales. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. México. 98 p.
- Arrieta F., P. 2006. Cafecultura ritual y dinámica étnica en el México Rural. Colección Investigaciones. Gobierno del Estado de Veracruz. México. 449 p.
- ASERCA/CMC (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria/Consejo Mexicano del Café). 2004. Base de datos del Censo cafetalero Mexicano. Versión del 17 de junio de 2004.
- Associated Press. 2004. Costa Rica avanza en la producción de café de alta calidad. San José, Costa Rica.
In: <http://www.noticias.yahoo.com> (accesado el 08/11/04).
- Astúa R., G. y G. Aguilar V. 1997. Prueba comparativa de las cualidades organolépticas de la bebida del Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuai en ocho regiones cafetaleras de Costa Rica. *In:* Memorias XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. ICAFE- IICA/PROMECAFÉ. Costa Rica. pp: 263-267.
- Austin M., T. 2006. Teoría de sistemas y sociedad. La Página del Profe... Tomás Austin M. Ciencias Sociales en la red, para todas las necesidades.
In: http://www.geocities.com/tomaustin_cl/soc/sistema.htm (accesado el 26/12/06).
- Avelino J. 2006. Denominaciones de origen e indicaciones geográficas: Fundamentos y metodologías con ejemplos de Costa Rica. *In:* El cafetal del

- futuro. Realidades y Visiones. Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany. pp. 119-139
- Avelino J.; Perriot J. J.; Guyot B.; Pineda C.; Decazy F.; Cilas C. 2002: Vers une identification de cafés-terroir au Honduras. Plantations, recherche, développement. pp. 7-16.
- Bate P. 2002. Comercio Solidario ¿Una salida a la crisis del café? Microempresa Américas 47.
In: www.iadb.org/regions/re2/coffeeworkshop (accesado el 14/06/05).
- Bertalanffy L., V. 1968. Teoría General de los Sistemas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pp. 1-24.
- Bertoglio O., J. 1992. Introducción a la Teoría General de Sistemas. Grupo Noriega Editores, México. pp: 13-70.
- Bertrand B.; G. Aguilar.; R. Santacreo y F. Anzueto. 1999. El Mejoramiento Genético en América Central. *In:* Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. Bertrand, B. y B. Rapidel (eds). IICA/PROMECAFÉ-CIRAD.-IRD-CCCR. Francia. San José, Costa Rica. pp: 407-456.
- Bode R., P. Läderach y T. Oberthür. 2006. Gestión de alta calidad–percepciones, lenguajes y paradigmas. *In:* El cafetal del futuro. Realidades y Visiones. Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany pp: 161-176.
- Bornemisza E., Jean C. y Álvaro S. 1999. Los suelos cafetaleros de América Central y su fertilización. *In:* Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. Bertrand, B. y B. Rapidez (eds). IICA/PROMECAFÉ-CIRAD.-IRD-CCCR. Francia. San José, Costa Rica. Editorial. 496 p.
- Buenaventura S., C. E. y J. J. Castaño C., 2002. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. Cenicafé 53(2):119-131.
- Cafés de México. 2006. Propuesta de Ley para el desarrollo integral sustentable de la cafecultura mexicana.
In: <http://www.cafesdemexico.com/cafecultura.htm> (accesado el 29/12/06).
- Carvajal J., F. 1984. Café: cultivo y fertilización. Instituto Interamericano de la Potasa. Berna, Suiza, San José Costa Rica, C. A. 253 p
- Castillo Z., J. y L. G. Moreno R. 1988. La variedad Colombia. Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Centro Nacional de Investigaciones en Café (CENICAFÉ). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Chinchiná, Caldas. Colombia. 169 p.
- Castillo P., G.; S. Díaz C.; E. Escamilla P. y B. Rodríguez P. 2000. Cafecultura en Veracruz y Tabasco: análisis integral, investigación y tecnología. Primer Foro Sigolfo-Fundación Produce Veracruz. Veracruz, México. s.p.
- Castro F.; E. Montes y M. Raine. 2004. Centroamérica la crisis cafetalera: efectos y estrategias para hacerle frente. The World Bank Latin America and Caribbean Region Environmentally and Socially Sustainable Development Department (LCSES). Sustainable Development Working Paper No. 23 Costa Rica. 128 p. *In:* <http://siteresources.worldbank.org/> (accesado el 07/01/07).
- CCA (Comission for Environmental Cooperation). 1999. Measuring Consumer Interest in mexican Shade-grown Coffee: An Assessment of the Canadian,

- Mexican and US Markets. Montréal. Commission for Environmental Cooperation Québec, Canada. 43 p.
www.cec.org/pubs_docs/documents/index.cfm *In:* (accesado el 24/11/05).
- CERTIMEX (Certificadora Mexicana de Productos y Proceso Ecológicos).1998. Normas para la producción y procesamiento de productos ecológicos. CERTIMEX, S. C. Universidad Autónoma Chapingo. Oaxaca, Oax. México. 83 pp.
- Cléves R. 1998. Tecnología en beneficiado de café. Tecnicafé Internacional S. A., San José, Costa Rica. 144 p.
- Clifford M., N. 1985. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. *In:* Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage. Clifford MN, Willson KC (eds). Avi Publishing Company, Westport, Connecticut, USA. pp: 305-374.
- CMC (Consejo Mexicano del café). 2003.
In: www.sagarpa.gob.mx/Comunica/boletines/2003 (accesado el 09/10/03).
- CMC (Consejo Mexicano del Café). 2002a. Café de México: Hacia los mercados de Calidad. Consejo Mexicano del Café México. 39 p.
In: www.sagar.gob.mx/Cmc.café04spl.htm.2002 (accesado el 14/06/04).
- CMC (Consejo Mexicano del Café). 2002b.
In: www.sagar.gob.mx/Cmc.café04spl.htm.2002 (accesado el 28/11/02).
- CRCV (Consejo Regulador del Café Veracruz). 2002. Café Veracruz: Denominación de Origen. Consejo Regulador del Café-Veracruz A.C. Xalapa, Veracruz. 15p.
- Conway G., R. and J. A. McCracken. 1990. Rapid rural appraisal and agroecosystems analysis. *In:* Agroecology and small farm development. Altieri, M.A. and Hecht, S. B. (eds). CRC Press, Boca Raton, Flo. U.S.A. pp: 221-234.
- Córdova S., S. 2006. El siglo veintiuno impone al café un nuevo reto: Masificar el consumo de calidad. *In:* El cafetal del futuro. Realidades y Visiones. Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany. pp: 85-106.
- Chaparro A., O. y B. Rivera S. 2000. Paradigmas del Desarrollo Agropecuario. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF) Fundación Kellogg. Santo Domingo, República Dominicana. 112 p.
- Checkland P. 1993. Pensamiento y práctica de sistemas. Departamento de sistemas de la Universidad de Lancaster. Ed. Limusa, S. A. de C. V. México. p. 17.
- Chevreuil B., P. 2005. Evaluación física y sensorial de 46 líneas avanzadas de café serie Catimor CIFC. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Xalapa, Ver. 66 p.
- DaMatta F., M. y J. D. Cochicho R. 2006. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. Braz. J. Plant Physiol. 18(1):55-81.
- DaMatta F., M. 2004. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field and Crops Research, Amsterdam, V. 86, N. 2-3, p: 99-114.
- Descroix, F. and J. Snoeck, 2004. Environmental factors suitable for coffee cultivation. *In:* Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Wintgens, J. N. (ed). A Guidebook for Growers, Processors, Trades and

- Researchers. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. Corseaux, Switzerland. pp: 164-177.
- Díaz C., S., F. J. López G., V. Morales R., E. Escamilla P., M. E. Ramírez G., J. Rodríguez C., D. Martínez P., G. Castillo P. y A. Contreras L. 2000. Estrategias para fundamentar y valorar la calidad de café en Veracruz, México. Proyecto CONACYT-SIGOLFO (Clave: 00-01-010-V).
- Duval, G. 1999. Teoría de sistemas. Una perspectiva constructivista. *In: Perspectivas en las teorías de sistemas*, coordinado por Santiago Ramírez. Siglo Veintiuno Editores. pp: 62-82.
- EFE. 2004. Productores y consumidores optimistas, ven pronta salida a crisis. San José, Costa Rica. *In: Yahoo. Noticias* (accesada el 08/11/04).
- Escamilla P., E. 1993. El café cereza en México: tecnología de la producción. CIESTAAM. DCRU. CRUO. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 116 p.
- Escamilla P., E. 1997. Evaluación Técnica-Económica de plantaciones de café en el sistema de policultivo comercial en Veracruz. Tesis de Maestría en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Tepetates, M. F. Altamirano, Veracruz. 176 p.
- Escamilla P., E. y S. Díaz C. 2002. Sistemas de cultivo de café en México. Universidad Autónoma Chapingo. Fundación Produce de Veracruz A.C. Huatusco, Ver. México. 57 p.
- Espinoza S., T.; J. G. Cruz C.; O. A. Montesinos L. and A. Hernández M. 2005. Raw coffee processing yield affected more by cultivar than by harvest date. *J. Agric. Univ. P.R.* 89(3-4):169-180
- FAO/UNESCO/ISRIC. 1991. Mapa Mundial de Suelos. Leyenda revisada. Informe sobre el recurso mundial de suelo 60. Trad. por T. Carballas, F. Macías, F. Díaz, M. Carballas y J.A. Fernández U. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Santiago de Compostela, España. 142 p.
- Fernández A., M. R. 1997. La evaluación sensorial y su aplicación a un sistema de orígenes controlados. México. Mecanoescrito. s.p.
- Fernández, C.E. y R. G. Muschler. 1999, Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. *In: Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. Bertrand, B. y B. Rapidel (eds). IICA/PROMECAFÉ-CIRAD.-IRD-CCCR.Francia. San José, Costa Rica. pp: 69-96.
- Figueroa S., B. 1998. Principales conceptos en sistemas agrícolas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Alianza para el campo. Instituto Nacional de Capacitación Rural. pp: 3-49.
- Figueroa S., P.A.; O. H. Jiménez y E. López de L. 1999. Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas del café en el departamento de Guatemala. *In: Anacafé. Investigaciones y descubrimientos sobre el cultivo del café*. Asociación Nacional del Café. Guatemala. pp: 243-247.
- FIRA. 2004. Agricultura Orgánica. Una oportunidad de negocios sustentable para el sector agroalimentario mexicano. FIRA. Banco de México. Boletín Informativo. Núm. 321. Tomo I. Vol. XXXVI. Morelia, Michoacán. México.118 pp.
- FIRA. 2003. Situación de la red Café, oportunidades de desarrollo en México. Boletín informativo. Núm 519. Vol. XXXIV. FIRA-Banco de México. México. 105 p.

- Flores S., O. 2005. Evaluación de seis variedades de *C. arabica* L. multiplicadas por semilla e injertadas sobre patrón de *C. canephora* P. en suelos con presencia de nematodos en la Región Centro del Estado de Veracruz. Tesis Licenciado en Biología. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 98 p.
- Fournier O., L. A. 1996. Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetalero. Fundación Café Forestal. Serie de Investigación. Costa Rica. 14 p.
- Fournier A. 1988. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12:131-146
- García S., B. 2005. Factores que limitan la certificación del café orgánico en el esquema de comercio justo en cinco organizaciones de México. Tesis Maestría en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. M.F. Altamirano, Veracruz. 119 p.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios, S.A. 4ª Ed. México, D.F. 217 p.
- Giovannucci, D. y R. Juárez C. 2006. Análisis Prospectivo de Política Cafetalera. Proyecto Evaluación Alianza para el Campo 2005. FAO: México. 86 p.
- Gliessman S. R. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- González E., C. E.; H. Ríos G.; L. Brunett P.; S. Zamorano C. y C. I. Villa M. 2006. ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. *Convergencia*. Enero-Abril 2006. Vol. 13. No.040. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. pp: 107-139.
- González M., J. L. 2007. ¿Qué es la denominación de origen de un producto? En: <http://www.periodicoexpress.com.mx/nota.php> (accesado el 06/02/07).
- Gómez C., M.A.; Schwentesius R., R.; Gómez T., L.; Arce C., I.; Quiterio M., M. y Morán V., Y. 2000. Agricultura Orgánica de México. Datos básicos. SAGAR. Subsecretaría de Desarrollo Rural. UACH-CIESTAAM. Chapingo, México. 46 p.
- Gómez T., L.; Gómez C., M. A. y Schwentesius R., R. 2003. Propuesta de política de apoyo para la agricultura orgánica de México. *In: Producción, Comercialización y Certificación de la Agricultura Orgánica en América Latina*. Gómez C., M. A. *et. al.* (coords). CIESTAAM, AUNA Cuba, Chapingo, Estado de México. México. pp: 259-276. *In: www.vinculando.org/organicos/apoyo_agricultura_organica* (accesado el 17/08/06)
- Gómez T., L. y Gómez C., M. A. 2005. La agricultura orgánica en México y en el Mundo. Investigadores del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. *In: www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol* (accesado el 17/08/06).
- Guadarrama Z., C.; E. Escamilla P.; J. G, Partida S. y L. Trujillo O. 2007. El valor agregado del café en México: cambio de entorno y perspectivas. CRUO-CENIDERCAFE. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. México. 167 p. (En prensa).

- Guyot, B.; J. Girón y L. Villain. 1999. Influencia de la altitud y de la sombra sobre la calidad de los cafetos. En: Anacafé. Investigaciones y descubrimientos sobre el cultivo del café. Asociación Nacional del Café. Guatemala. pp: 233-241.
- Hart, R. D. 1980. Agroecosistemas. Conceptos Básicos. Serie Materiales de Enseñanza No. 1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 211 p.
- Herrera D. 2004. El IICA y las Cadenas Agroalimentarias. Avances y tareas pendientes. Instituto Interamericano para la Cooperación para la Agricultura (IICA). InterCambio. Area de Comercio y Agronegocios. III-2004. Coronado, Costa Rica. *In*: www.infoagro.net/comercio (accesado el 15/11/06).
- Herrera L., F. J. 2005. Criterios de calidad. En: INCA Rural, A. C.-SAGARPA. Vamos al grano del café mexicano. Apéndice 2. México. pp: 177-181
- Herrera R. J. 2006. El Sistema; Lógica y Ontología. *In*: <http://www.upcnet.es/~jmg2/sistemas/1203j.htm> (accesado el 26/12/06).
- Hernández, J. y Herrera, D. 2005. Cadenas Alimentarias. Políticas para la competitividad. IICA. *In*: <http://www.iica.int/prensa/comuniica/2005/n3-esp/n3.asp> (accesado el 15/11/06).
- Hernández N., L. 2004. Morir un poco: migración y café en México y Centroamérica. Ponencia presentada en el III Encuentro: El café y los cafetaleros 2004. Migración y pobreza en las zonas cafetaleras. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Nacional Autónoma de México. 19-24 Octubre 2004. Ciudad Universitaria, México, D.F. 22 p.
- Hernández X., E. 1977. El agroecosistema, concepto central en el análisis de la enseñanza, la investigación y la educación agrícola en México. *In*: Agroecosistemas de México. E. Hernández X. (ed y comp). Contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. COLPOS, 1ª. Edición, pp: xv-xix
- Hernández X., E. 1985. Agricultura tradicional y desarrollo. Xolocotzia, Tomo I, Revista de Geografía Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo. pp: 419-422.
- ICO (International Coffee Organization). 2006. Total production of exporting countries. *In*: http://www.ico.org/trade_statistics.asp (accesado el 15/12/06).
- IFAP (International Federation of Agricultural Producers). 2006. Concentración en la cadena agroalimentaria. Un enfoque innovador, “centrado en el agricultor”, para reestructurar los mercados. Windsor, 28 de septiembre de 2006. *In*: <http://www.ifap.org/es/newsroom/pr280906.html> (accesado el 15/11/06).
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2006. *In*: <http://www.ifoam.org> (accesado el 25/11/06).
- INMECAFÉ-NESTLÉ (Instituto Mexicano del Café-Cía. Nestlé). 1990. El cultivo del café en México. Instituto Mexicano del Café. Compañía Nestlé S. A. de C. V. México. 248 p.
- Instituto FNP. 2006. Agriannual 2006. Anuario da Agricultura Brasileira. São Paulo, Brasil. 504 p. *In*: <http://www.ifnp.org.br/?> (consultado el 17/12/06).
- Jarquín G., R.; J. D. Robledo M. y S. Díaz C. 2006. Memoria del foro nacional de organizaciones cafetaleras exitosas. SAGARPA. UACH. Consejo Hidalguense del Café. ECOSUR. INCA Rural. Pachuca, Hidalgo, México. 99 p.

- Jiménez A., E. y A. Gómez-Pompa. 1982. Estudios ecológicos en el Agroecosistema cafetalero. CECSA-INIREB. Xalapa, Ver. México. 143 p.
- Jiménez M., M. de J. 2004. Dinámica de factores socioeconómicos en la región del norte de Coclé ante el proyecto de ampliación del Canal de Panamá. Tesis Maestría en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. M. F. Altamirano, Veracruz. México. 168 p.
- Johansen, B. O. 2000. Introducción a la Teoría General de Sistemas. Edit. Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. 167 p.
- Kovalyova, S. 2006. OIC prevé equilibrio café en 2006 y 2007. Reuters. Trieste, Italia. *In:* <http://lta.today.reuters.com/news/newsArticle.aspx> (consultado el 03/11/06).
- Läderach, P, T. Oberthür, N. Niederhauser, H. Usma, L. Collet y H. A. J. Pohlan. 2006. Café especial: Factores, dimensiones e interacciones. *In:* El cafetal del futuro. Realidades y Visiones. Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany. pp: 141-160.
- Lebel G., C. y Kane, H. S.f. El desarrollo sostenible. Una guía sobre nuestro futuro común. IICA-CATIE. San José, Costa Rica. s.p.
- Leroy T., Ribeyre F., Bertrand B., Charmetant P., Dufour M., Montagnon Ch. Marraccini P. and Pot D. 2006. Genetics of coffee quality. *Braz. J. Plant Physiol.* 2006 Mar 18(1): 229-242. *In:* <http://www.scielo.br/scielo.php?> (accesado 26/01/07).
- López C., J. C. 2000. Interpretación de resultados de los análisis químicos de suelos agrícolas. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Campus Veracruz. Predio Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 45p.
- López E.; B. Medina y J. Alvarado. 1999a. Cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el agrosistema del café en Guatemala. *In:* Anacafé. Investigaciones y descubrimientos sobre el cultivo del café. Asociación Nacional del Café. Guatemala. pp: 249-254.
- López de L., E. E.; J. Girón T. y R. San Juan. 1999b. Manejo de sombra a diferentes porcentajes de luminosidad, con y sin fertilización a los cafetos. *In:* Anacafé. Investigaciones y descubrimientos sobre el cultivo del café. Asociación Nacional del Café. Guatemala. pp: 211-225
- López G., F. J., A. Avendaño J., E. Escamilla P. y A. Zamarripa C. 2004. Producción en variedades de café injertadas y propagadas por semilla en suelos con nematodos. *In:* INIFAP-CP-ITA18-ITMAR No.1-UACH-UV. Avances en la investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Libro Científico No.1. México. pp: 153-160.
- MacDowell. M. E. 2005. Waking up from the coffee crisis: Finding the path towards conservation, sustainability and justice. Final Scholar paper. University of Maryland College Park. USA. 57 p.
- Malavolta, E. 1986. Nutricao, adubacao e calagen para o caféiro. Cultura du caféiro: fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para la Investigación del fósforo y potasio. Sao Paulo, Brasil. pp: 165-274.
- Mariaca M., R. 1995. Agroecosistema concepto central en la agricultura: búsqueda del desarrollo de un modelo aplicativo. *In:* Memoria del Segundo Seminario

- Internacional de Agroecología y Desarrollo Sustentable, Chapingo, México. pp: 91-102.
- Marten, G. G. 1988. Productivity, stability, sustainability, equitabilty and autonomy as properties for agroecosystem assessment. *Agricultural Systems* 26: 291-316.
- Martínez D., J. P. 2001. El Colegio de Postgraduados en Veracruz: Veinte años de interacción académica con la Agricultura Tropical (1979-1999). Tesis de Doctor en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. pp. 51-52.
- Martínez M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México. 1220 p.
- Martínez P., D.; E. Melchor C. y E. Escamilla P. 2002a. Producción y calidad industrial de nueve variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Huatusco, Veracruz. XV Reunión Científica INIFAP. Veracruz, Ver. México.
- Martínez P., D.; E. Pérez P.; E. Escamilla P.; J. G, Partida S.; F. J. García L. y S. Díaz C. 2002b. La calidad del café en Veracruz, México. *Café y Cacao* (3)2:12-14.
- Martínez P. D., Pérez P. E., Partida S. J. G., Escamilla, P. E. y López G. F. J. 2003. La calidad integral en Café. Estrategia para su comercialización. Foro Nacional de Vinculación de Investigación, 23 al 25 de abril. Chapingo, México. 182 p.
- Martínez P., D.; Pérez P.; E., Partida S., J. G.; Escamilla P., E.; López G., F. J.; Díaz C., S.; Morales R., V.; Castillo P., G.; Contreras L., A. 2004. El manejo agronómico de la calidad del café. Avances en la investigación agrícola, pecuaria, forestal y acuícola en el trópico mexicano. Veracruz, México. pp. 145-152.
- Martínez P., D., E. Pérez P., J. G. Partida S y P. Läderach. 2006. Algunos impactos de los efectos abióticos, bióticos y e proceso industrial sobre características relacionadas con la calidad del café en Veracruz, México. *In: El cafetal del futuro. Realidades y Visiones.* Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany. pp.177-188.
- Mass J. M. y A. Martínez-Yrizar. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. *Ciencias. Especial* (4).10-20.
- Meirelles, L. 2003. La Agroecología implementada en la cadena agroalimentaria. Taller. Agricultura orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sustentable y la reducción de la pobreza. Centro de Agroecología. IPE. Brasil. 19-21 Mayo 2003. Turrialba, Costa Rica. *In: <http://www.ruta.org/downloads/tallerorganica/PDFs>* (consultado 28/12/06).
- Mella, J. 1998. Evolución Doctrinal de la Ciencia Regional. *Economía y Política Regional en España ante la Europa del Siglo XXI.* Akal Textos, Madrid. pp: 13-30
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. México.* 28:29-179.
- Moguel, P. y Toledo, V. 1999. El café en México. Ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *In: Jarocho Verde.* Red de información y acción ambiental de Veracruz. Xalapa, Ver. México. 11:3-12.

- Moguel, P. y L. Soto-Pinto. 2002. Tome café, tome conciencia: concepto, principios y ética de la cafecultura sustentable. ECO-FRONTIERAS. El Colegio de la Frontera Sur. 18-21.
- Moguel P. y Toledo V., M. 2005. Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *In: www.conabio.gob.mx/institucion/conabio* (consultado el 17/12/06).
- Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica. 622 p. (18 colaboradores).
- Morais H.; Marur, C. J.; Caramori P., H.; Ribeiro A., M. A.; Gomes, J. C. 2003. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesquisa Agropecuária. Brasileira, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137.*
- Morais H.; Caramori P., H.; Ribeiro A., M. A.; Gomes J., C.; Kogushi M., S. 2006. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. *Pesquisa Agropecuária. Brasileira, Brasília, v. 41, n.5, p.763-770.*
- Morales. A. T. 2007. Trato leonino de cinco empresas a productores veracruzanos de café. *In: http://www.jornada.unam.mx/2007/01/15/index.php?* (consultado el 14/01/07).
- Muchnik, J. 2006. Identidad territorial y calidad de los alimentos: Procesos de calificación y competencias de los consumidores. *Agroalim.* jun. 2006, vol.11, no.22, p.89-98. *In: http://www.scielo.org.ve/scielo.php* (accesado el 25/01/07).
- Muench N., P. E. 1980. El concepto: proceso de producción agrícola. Seminario sobre producción agrícola en Yucatán, México. pp:141-161.
- Muschler, R. G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 85:131-139.
- Muschler, R. G. 2006. Manejo de sombra para cafetales sostenibles. *In: El cafetal del futuro. Realidades y Visiones.* Pohlen, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany. pp: 39-61.
- Njoroge, J.M. 1998. Agronomic and processing factors affecting coffee quality. *Outlook on Agriculture* 27: 163-166
- Northmore, J.M. 1965. Some factors affecting the quality of Kenya coffee. *Turrialba* 15: 184-193.
- Odum, E. P. 1981. *Fundamentos de Ecología.* Editorial Panamericana, México D.F. 569 p.
- O'Mahony. 1986. *Sensory evaluation of food.* Marcel Dekker, Inc. New York. 487 p.
- Osorio, N. 2003a. Medidas para resolver la crisis del café. Organización Internacional del Café (OIC). *In: http://www.ico.org/trade* (accesado el 25/05/06).
- Osorio, N. 2003b. Repercusiones de la crisis del café en la pobreza en países productores. Organización Internacional del Café (OIC). *In: http://www.ico.org/trade* (accesado el 25/05/06).
- Osorio, N. 2004. Enseñanzas que se desprenden de la crisis mundial del café: un grave problema para el desarrollo sostenible. Organización Internacional del Café (OIC). *In: http://www.ico.org/trade* (accesado el 25/05/06).

- Osorio, N. 2005a. Medidas para evitar ulteriores crisis en os precios del café. Organización Internacional del Café (OIC). *In*: <http://www.ico.org/trade> (accesado el 25/05/06).
- Osorio, N. 2005b. Los efectos de la crisis causada por los bajos precios del café. Organización Internacional del Café (OIC). 2006. *In*: <http://www.ico.org/trade> (accesado el 25/05/06).
- Parra V., M. R. 1981. El agroecosistema: un concepto básico para entender el cambio tecnológico. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Chiapas.
- Pendergrast, M. 2002. El café, historia de la semilla que cambió el mundo. Javier Vergara Editor. Ediciones B Argentina, S.A. Buenos Aires, Argentina. 447 p.
- Pereira L., A. M. 2006. Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol. Tese Doutor em Agronomia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 94 p.
- Pérez G., V. 2000. La producción y comercialización de café en México. ¿Opción viable para los pequeños productores? Asesor de la Unión de Ejidos Majomut y de la Coordinadora de Pequeños Productores de Café de Chiapas (Coopcafé). *In*: www.ciepac.org/otras%20temas/memorias/cafe.htm (accesado el 12/03/05).
- Pérez G., V.; E. Cervantes; J. Burstein; L. Carlsen y L. Hernández N. 2002. El café en México, Centroamérica y el Caribe: una salida sustentable a la crisis. Coordinadora de Pequeños Productores de Café de Chiapas, AC (COOPCAFÉ) Coordinadora de Organizaciones Cafetaleras (CNOC). México. 79 p.
- Pérez P., E. 1989. Zonificación agroecológica del cultivo del café en la zona centro de Veracruz. Colegio de Postgraduados. Tesis de Maestría. Montecillos, México. pág.
- Pérez P. E., Partida S. J. G., y Martínez P. D. 2005. Determinación de las subdenominaciones de origen del Café Veracruz (estudio preliminar). Revista de Geografía Agrícola. 35: 23-56.
- Pérez P., J.R. y S. Díaz C. 2000. El café, bebida que conquistó al mundo. Universidad Autónoma Chapingo. México. 151 p.
- Pohlan, J. 2002. México y la cafeticultura chiapaneca. Reflexiones y alternativas para los caficultores. ECOSUR. SHAKER. VERLAG. Germany. 386 p.
- Pohlan, H.A.J. 2006. El cafetal del futuro. *In*: El cafetal del futuro. Realidades y Visiones. Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). ECOSUR. Shaker Verlag. Aache, Germany. pp: 3-14.
- Prensa Latina. 2004. Prevén mejores precios internacionales del café. San José, Costa Rica. *In*: Yahoo Noticias (accesado el 09/11/04).
- Puerta Q., G. I. 1998. Calidad de las variedades de *Coffea arabica* L. cultivadas en Colombia. Cenicafé 49(4): 265-278.
- Ramírez, C.E. 1988. Historias del café (textos e imágenes). SARH-Inmecafé. Xalapa, Ver. 154 p.
- Regalado, O. A., 1996. Manual para la Cafeticultura Mexicana. Alianza para el Campo, SAGAR, INCA RURAL, Consejo Mexicano del Café. Editorial Gómez. México. 156 p.

- Regalado O., A. 2006. ¿Qué es la calidad del café? Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 309 p.
- Renard, M.C. 2006. Calidad y certificación del café: Significados e implicaciones. *In: El cafetal del futuro. Realidades y Visiones.* Pohlen, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany pp. 107-118.
- Reuters. 2004a. Vietnam produciría cifra récord de 17 millones sacos de café en 2005. Cartagena, Colombia. *In: Yahoo Noticias* (consultado el 05/11/04).
- Reuters. 2004b. Once Caldas lucirá café y cerveza en la intercontinental. *In: Yahoo Noticias* (accesado el 09/11/04).
- Reuters. 2006 a. Producción de café en Vietnam alcanza plenitud. Precios firmes. *In: <http://lta.today.reuters.com/News/newsArticle.aspx>* (accesado el 13/11/06).
- Reuters. 2006b. Café de Brasil disfruta otra semana lluviosa: Somar Río de Janeiro. *In: <http://lta.today.reuters.com/news/newsArticle.aspx>* (accesado el 20/11/06).
- Ricci, M. dos S. F., Costa, J. R., Pinto, A. N. *et al.*, 2006. Cultivo orgánico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. *Pesq. agropec. bras.* 2006, vol. 41, no. 4. pp. 569-575. *In: <http://www.scielo.br/scielo.php?>* (accesado el 31/06/07).
- Rivera, J. 1997. Preliminary report on the development of practical testing protocol for verification of origin of specialty coffees. Specialty Coffee Institute. Long Beach, CA. 43 p.
- Rodriguez R., A. y E. Hernández X. 1985. Reflexiones sobre el concepto de agroecosistemas. *In: Xolocotzia. Obras de Efraím Hernández Xolocotzi.* Tomo I. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. pp: 195-197.
- Rodríguez, M. 2005. La globalización y los sistemas agroalimentarios. Gerente de Certificación Agroalimentaria. *In: [http://www.iram.com.ar/Boletin/Boletin%](http://www.iram.com.ar/Boletin/Boletin%20de%20Certificacion%20Agroalimentaria)* (accesado el 15/11/06).
- Roozen, N. y Vanderhoff, F. 2002. La aventura del comercio justo. Una alternativa de globalización por los fundadores de Max Havelaar. Ed. Atajo. México. 231 pp.
- Ruiz, C. 2006. Políticas para la competitividad: Cadenas alimentarias. IICA. Bogotá, Colombia. No. 26. *In: <http://www.iica.int/colombia/iica/articulo2.htm>* (accesado el 17/02/06).
- Ruiz R., O. 1995. Agroecosistema: El término, concepto y su definición bajo el enfoque agroecológico y sistémico. *In: II Seminario Internacional de Agroecología.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 9 p.
- Ruiz R., O. 2006a Enfoque de sistemas y agroecosistemas. En: López, *et al.*, (eds). Agroecología y Agricultura orgánica en el Trópico. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Universidad Autónoma de Chiapas, México (UNACH). Tunja, Boyacá. Colombia. pp. 27-35.
- Ruiz R., O. 2006b. Indicadores de sustentabilidad agroecológica. *In: Agroecología y Agricultura orgánica en el Trópico.* López, *et al.*, (eds). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Universidad Autónoma de Chiapas, México. (UNACH). Tunja, Boyacá. Colombia pp: 59-68.
- Ruiz R., O. 2006c. Agroecología: Una disciplina que tiende a la transdisciplina. En. *Interciencia.* Febrero 2006. Vol.31. No.2. pp:140-145.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2005. Plan Rector del Sistema Producto Café en

- México.SAGARPA. Universidad Autónoma de Chapingo. Consejo Poblano del Café. REMEXCAFE S.C. INCA RURAL A.C. México. 92 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2006. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. México. *In:* <http://www.sagarpa.gob.mx/sdr/legal/ldr.htm> (accesado el 29/12/06).
- SAGYP (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2006 Alimentos Argentinos. *In:* www.alimentosargentinos.gov.ar (accesado el 15/11/06).
- Salazar, E., R. Muschler, V. Sánchez, y F. Jiménez. 2000. Calidad de Coffea arabica bajo sombra de Erythrina poeppigiana a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería de las Américas* 26:40-42.
- Salgado L., L. H. 2006. La organización de productores y el entorno institucional de la actividad de la actividad cafetalera en Cuetzalan del Progreso, Puebla. Tesis Maestría en Ciencias en Desarrollo Regional. El Colegio de la Frontera Norte. Tijuana, B.C. México. 157 p.
- Salinas Ch., E. y Middleton, J. 1998. La ecología del paisaje como base para el desarrollo sustentable en América Latina. *In:* <http://www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html> (accesado el 30/12/06).
- Sallée, B..1999. El crecimiento del mercado de los cafés “gourmet”. Implicaciones para los países productores. Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el desarrollo (CIRAD). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). República Dominicana. 23 p.
- Samper K., M. 1999. Trayectoria y viabilidad de las caficulturas centroamericanas. *In:* Desafíos de la caficultura en Centroamérica. Bertrand, B. y B. Rapidel (eds). IICA/PROMECAFÉ-CIRAD.-IRD-CCCR. Francia. San José, Costa Rica. pp: 1-68.
- Santoyo C., V. H.; Díaz C., S. y Rodríguez P., B. 1995. Sistema Agroindustrial café en México. Diagnóstico, problemática y alternativas. Universidad Autónoma Chapingo, México. 157 pp.
- Santoyo C., V. H., S. Díaz C., E. Escamilla P., y J. D. Robledo M.. 1996. Factores Agronómicos y Calidad del Café. Universidad Autónoma Chapingo. Confederación de Productores de Café. Chapingo, México. 21 p.
- Saravia, D. 2003. Desarrollo Endógeno y Estrategia Nacional de Desarrollo. *In:* <http://www.cisas.org.ni/prsp/PDF/Desarrollo%20endogeno.pdf> (accesado el 30/12/06).
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2003. Cupping protocols. Long Beach, CA. USA. 5 p.
- SECOFI (Secretaria de Comercio y Fomento Industrial). 1996. Norma Mexicana NMX-F-551-1996. Café verde. Especificaciones y Métodos de Prueba. México, D.F. 29 p.
- Secretaria de Economía. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-149-SCFI-2002. Café Veracruz. Especificaciones y Métodos de Prueba. Diario Oficial de la Federación. 7 de enero del 2003. México. D. F. 20 p.
- Sevilla G., E. y M. González de M. 2006. Sobre la evolución del concepto de campesinado en el pensamiento socialista: una aportación para vía

- campesina. *In:* <http://es-es.google.mozilla.com/search> (consultado el 26/12/06).
- SMBD (Smithsonian Migratory Bird Center). 2002. Normas para la producción, el procesamiento y la comercialización del café "Bird Friendly". Certificado orgánico bajo sombra. Smithsonian Migratory Bird Center (SMBC). National Zoo. Washington, DC. USA. s.p.
- Somarriba, E. 1999. Diversidad Shannon. ¿Cómo hacerlo? *Revista Agroforestería en las Américas*. 6(23). *In:* <http://web.catie.ac.cr/informacion/RAFA> (accesado el 15/02/07).
- Sosa M., A. 2002. Adopción inicial de árbol del Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) y su manejo tecnológico por cafecultores de la zona centro de Veracruz. Tesis Doctora en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Veracruz, México. 149 p.
- Sosa M., L.; Escamilla P., E. and Díaz C., S. 2004. Organic Coffee. *In:* Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Wintgens, J.E. (ed). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. Germany. pp: 339-354.
- Soto P., M. L.; Perfecto I.; Caballero N., J. 2002. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 55: 37–45.
- Spedding C., R.W. 1979. An introduction to agricultural systems. Ed. Apple Sciences Publishers LTO. London. 169 p.
- StatSoft Inc.2003. Statistica. Data Análisis Software System. Version 6. *In:* www.statsoft.com (accesado el 15/10/05).
- Staver, C. 1993. Monitoreo de malezas en café para productores: métodos sobre composición botánica y altura/cobertura. *In:* Resúmenes. Simposio de Caficultura Latinoamericana /16. Managua, Nicaragua. pp: 69-70.
- Toledo, V.M.1990. The ecological rationality of peasant production. *In:* Agroecology of Small-Farm Development. Altieri, M.A. & Hecht, S. (eds.) USA: CRC Press:51-58.
- UACH (Universidad Autónoma Chapingo). 2002. Documento de transformación del Centro Regional Universitario Oriente (CRUO) en el Centro de Investigación para el Desarrollo de las Regiones Cafetaleras (CENIDERCAFÉ). Dirección de Centros Regionales. CRUO. Huatusco, Veracruz. 25 p.
- UACH (Universidad Autónoma Chapingo). 2005. Acciones de Fomento Productivo y Mejoramiento de la Calidad del Café en México, 2004. Evaluación Nacional Externa. Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-CENIDERCAFÉ). SAGARPA. Consejo Mexicano del Café. Huatusco, Veracruz. México. 104 pp.
- USAID (United States Agency for International Development). 2003. La USAID responde a crisis del café hoja informativa. Washington, D.C. *In:* <http://usembassy.state.gov/colombia/wwwsca11.shtml> (consultado el 07/01/2003).
- Vaast P.; Van Kanten R.; Siles P.; Dzib B.; Franck N.; Harmand J.M., Génard M. 2004. Shade: a key factor for coffee sustainability and quality. *In:* 20th International Conference on coffee science (ASIC'2004), Bangalore, India.
- Vaast P.; Bertrand B.; Guyot B.; Génard M. **2005a**. Fruit thinning and shade influence bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under

- optimal conditions. *Journal of the science of food and agriculture*, London, v.86, n. 2, pp. 197-204.
- Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J. J., Guyot, B. y Génard, M. 2005. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *In*: <http://www3.interscience.wiley.com> (accesado el 27/01/07).
- Vanderhoff B., F. 2005. Excluidos hoy, protagonistas mañana. Impretei S.A. de C.V. México. 166 p.
- Vandermeer, J. H. 2003. The coffee Agroecosystem in the Neotropics: Combining Ecological and Economic Goals. *In*: *Tropical Agroecosystems*. CRC Press. United States of America. pp: 159-194.
- Van Gigh, J. P. 1990. Teoría general de sistemas. 7a. reimpression. Editorial Trillas.. México. pp: 15-44 y 234-249.
- Vázquez, A. A. 1997. Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo. Segunda Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, Estado de México. 31 p.
- Vázquez B., A. 1999. Desarrollo, redes e innovación. Lecciones sobre desarrollo endógeno. Colección: Economía y Empresa. Ediciones Pirámide, S.A., Madrid. 268 p.
- Wallis, J.A.N. 1967. La calidad del café arábica en Kenia y Tanzania. CAFE-IICA. Enero-junio 1967. Lima, Perú. Vol.8 núm. 1 y 2.
- Wintgens, J. N. 2004. Factor influencing the quality of green coffee. *In*: *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. Wintgens, J. N. (ed). Wiley-VCH. Weinheim, Germany. pp:789-809.
- Zamarripa C., A. y E. Escamilla P. 2002. Variedades de café en México: origen, características y perspectivas. Universidad Autónoma Chapingo-CRUO. Fundación Produce de Veracruz A.C. Huatusco, Ver. México. 39 p.
- Zuluaga, J. 1990. Los factores que determinan la calidad del café verde. *In*: 50 años de Cenicafé. Conferencias conmemorativas. Caldas, CO, Cenicafé. pp: 167-183.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Métodos y procedimientos utilizados para las determinaciones físicas y químicas de las 78 muestras de suelos analizadas por LATO



LABORATORIO DE ALTA TECNOLOGÍA DE ORIZABA, S.C.

ANUIES-UV-AIEVAC

Norte32. No. 50, entre Colón y Oriente 5. Col. Centro, C.P. 94300. Tel., y Fax 91 (272) 4 59 65. Orizaba, Ver.

REPORTE: ANALISIS DE SUELOS (31/03/05)

EMPRESA: CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL ORIENTE, CHAPINGO, HUATUSCO.

El Laboratorio recibió 35 muestras de suelos, para efectuarle su caracterización completa. Las muestras fueron procesadas según las exigencias técnicas de los métodos a emplear.

METODOS Y PROCEDIMIENTOS

- El pH se efectuó por potenciometría empleando una relación suelo-solución 1:2, en esa misma solución pasado 24 horas se determina la conductividad eléctrica (C. E.)
- La acidez intercambiable se extrae con solución 1N de cloruro de potasio, titulándose la acidez total y el hidrógeno intercambiable, el aluminio se obtiene por diferencia.
- La materia orgánica se realiza por el método Walkley-Black.
- El nitrógeno total por el método Kjeldahl.
- El fósforo asimilable por el método de Bray II, determinándose por UV-VIS empleando ácido ascórbico.
- Las bases cambiables por el método de Lixiviación con acetato de amonio 1N pH7, los elementos **Ca, Mg, Na y K** se determinan a través de absorción atómica.
- Los microelementos extractables por el método del DTPA, los elementos **Fe, Cu, Zn y Mn** se determinan por absorción atómica.
- El boro se extrae por el método de reflujo con agua caliente y su determinación por UV-VIS empleando curcumina.
- El azufre se extrae con solución 1M de fosfato monobásico de calcio y se determina por UV-VIS por el método Turbidimétrico.
- La densidad aparente por el método de la parafina.
- La textura según el método de Bouyucos.

Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos.

Especie de sombra	Familia	Nombre común	Estado					Presencia en los cafetales orgánicos	
			Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	%	#
<i>Acacia angustissima</i> (Nutt.) Robins	Leguminosae	Timbre	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl.	Leguminosae	Espino blanco	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Acacia pennatula</i> (Schl. & Cham.) Standl.	Leguminosae	Huizache	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Acalypha</i> sp.	Euphorbiaceae	Machililot	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight.	Leguminosae	Cedro rosado	0	1	3	7	0	14,1	11
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Euphorbiaceae	Guacalillo (Pue) y Bandeja (Gro)	3	6	1	1	1	15,4	12
<i>Annona cherimola</i> Mill.	Annonaceae	Chirimoya	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	Guianábana	1	0	1	1	0	3,8	3
<i>Annona</i> sp.	Annonaceae	Anona de monte	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Ardisia</i> sp.	Myrsinaceae	Capulin	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Muell. Arg.	Apocynaceae	Chiche	5	0	0	0	0	6,4	5
<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae	Chiche blanco	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Beilschmiedia aff. riparia</i> Miranda	Lauraceae	Aguacatillo	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Belotia mexicana</i> (DC.) K. Schum.	Tiliaceae	Capulin blanco	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Brosimum</i> sp.	Moraceae	Palo blanco	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Brosimum costaricanum</i> Liebm.	Moraceae	Justhe	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Buddleia</i> sp.	Loganiaceae	Ziquinay	3	0	0	0	0	3,8	3
<i>Bursera</i> sp.	Burseraceae	Sarsafras	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Bursera simaruba</i> Sarg.	Burseraceae	Mulato	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Nanche	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Callicarpa</i> sp.	Verbenaceae	Huele de noche	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl.) DC.	Rubiaceae	Corazón bonito	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Casimiroa sapota</i> Oerst.	Rutaceae	Matasanos	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bert.	Moraceae	Guarumbo (Ver-Pue) Cancharro (Oax) Hormiguillo (Pue), Chiquequi (Pue)	0	6	2	6	0	17,9	14
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro rojo	1	3	8	8	0	25,6	20
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	Bombacaceae	Pochote o Ceiba	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Cestrum</i> sp.	Solanaceae	Huele de noche	0	1	4	0	0	6,4	5
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	Solanaceae	Huele de noche	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Cestrum purpureum</i> (Lini) Standl.	Solanaceae	Hediondillo	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Chrysobalanaceae	Zapotillo	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm	Lauraceae	Canelillo (Chis) Laurel (Oax) Aguacatillo (Ver)	2	1	5	0	0	10,3	8
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees.	Lauraceae	Canela	0	0	0	3	0	3,8	3
<i>Citharexylum mocinnij</i> D. Don	Verbenaceae	Kuamait (comait)	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	Rutaceae	Limón	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Citrus limeña</i> Risso	Rutaceae	Lima	0	0	0	2	0	2,6	2
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm	Rutaceae	Lima-limón o limón dulce	0	0	1	0	2	3,8	3
<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	Naranja malta, Mandarina Mónica	0	4	0	0	0	5,1	4
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	Mandarina	0	1	1	4	0	7,7	6

Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos (continuación).

Especie de sombra	Familia	Nombre común	Estado					Presencia en los cafetales orgánicos	
			Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	%	#
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Naranja, Naranja Washington, Naranja de ombigo, Naranja cajala (Gro)	3	8	2	9	0	28,2	22
<i>Clethra</i> sp.	Clethraceae	Palo colorado o nanchillo	0	0	0	0	2	2,6	2
<i>Coccoloba</i> sp.	Polygonaceae	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Conostegia</i> sp.	Melastomataceae	Frujillo	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don	Melastomataceae	Capulincillo	0	0	0	2	0	2,6	2
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Xochicuahuilit (Ver-Oax) Laurel (Chis)	1	4	8	0	0	16,7	13
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) Schum.	Rubiaceae	Quina	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Croton draco</i> Schl.	Euphorbiaceae	Sangregrado Sangre de grado Sangre de perro (Chis)	1	2	0	2	0	6,4	5
<i>Croton reflexifolius</i> Kunth.	Euphorbiaceae	Copalchin	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	Vara blanca	0	0	0	0	2	2,6	2
<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé ex DC.	Sapindaceae	Canilla de venado (Ver) Tronadora o Gutaa (Oax), Amolador (Gro), Garrochilla (Pue)	0	1	3	4	1	11,5	9
<i>Cyphomandra betacea</i> Sendt.	Solanaceae	Tomate de árbol	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch	Araliaceae	Palo de agua (Ver) Cucharillo (Gro)	0	1	0	0	1	2,6	2
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	Ebenaceae	Zapote negro	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Leguminosae	Guachipilin	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Leguminosae	Nacaxtle	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Eriobotrya japonica</i> Lind.	Roseaceae	Nispero	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Erythrina americana</i> (Dryand.) Mill.	Leguminosae	Pipe	0	0	2	0	0	2,6	2
<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae	Xalkapoli o Capulín arenoso (Pue) Capulín (Oax)	0	0	1	1	0	2,6	2
<i>Eupotarium</i> sp.	Asteraceae	Chiquite (Ver)	0	1	1	0	0	2,6	2
<i>Eysenhardtia adenostyilis</i> Baill.	Leguminosae	Taray	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Ficus glabrata</i> H.B.K.	Moraceae	Amate	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Ficus involuta</i> (Liebm.) Miq.	Moraceae	Matapalo	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Ficus petiolaris</i> Kunth.	Moraceae	Amate	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	Morera	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Fraxinus udae</i> (Wenz.) Lingelsh.	Oleaceae	Fresno	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Leguminosae	Cocuite	0	0	0	4	0	5,1	4
<i>Grevillea robusta</i> Cun.	Proteaceae	Grevillea	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Guarea</i> sp.	Meliaceae	Trompillo	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	Rubiaceae	Cacahuapaste o Cacahuatillo (Ver), Balletilla o Uitsiktempil. (Pue)	0	2	0	4	0	7,7	6
<i>Hamelia</i> sp.	Rubiaceae	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem	Chloranthaceae	Palo de agua	0	0	2	0	0	2,6	2

Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos (continuación).

Especie de sombra	Familia	Nombre común	Estado					Presencia en los cafetales orgánicos	
			Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	%	#
<i>Heliocarpus donell-smithi</i> Rose	Tiliaceae	Cajete (Chis), Jonote Ver-Pue Xonokouit (Pue)	3	8	0	7	0	23,1	18
<i>Heliocarpus</i> sp.	Tiliaceae	Jonote o Canelillo	0	0	12	0	0	15,4	12
<i>Inga acrocephala</i> Steud.	Leguminosae	Jinicuil (Ver) Chalahuite chico (Pue)	0	3	0	2	0	6,4	5
<i>Inga jinicuil</i> Schtdl. & Cham. ex G. Don.	Leguminosae	Jinicuil	0	3	0	0	0	3,8	3
<i>Inga latibracteata</i> Harms.	Leguminosae	Chalahuite	0	3	14	6	0	29,5	23
<i>Inga laurina</i> Willd.	Leguminosae	Caspirol	7	0	0	0	0	9,0	7
<i>Inga micheliana</i> Harms.	Leguminosae	Chalum	9	0	0	0	0	11,5	9
<i>Inga paterno</i> Harms.	Leguminosae	Jinicuil o Vainillo (Ver) Paterna (Chis)	6	2	0	0	0	10,3	8
<i>Inga pinetorum</i> Pittier.	Leguminosae	Vainillo	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Inga punctata</i> Willd.	Leguminosae	Vainillo chico	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Inga rodrigueziana</i> Pitt.	Leguminosae	Paterno colorado o chalum colorado	3	0	0	0	0	3,8	3
<i>Inga</i> sp.	Leguminosae	Vainillo (Ver) Jinicuil Pámpano (Ver) Chalahuite (Oax-Pue) Chalum blanco (Chis) Cajinicuil (Gro) Tamarindillo (Gro) Jinicuil (Gro) Cuil Río (Oax) Cuil de piedra (Oax) Cuil verde (Oax)	1	5	9	9	8	41,0	32
<i>Inga vera</i> Kunth.	Leguminosae	Chalahuite	0	10	0	0	0	12,8	10
<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphobiaceae	Pifon o Kouach	0	0	0	2	0	2,6	2
<i>Juglans pyriformis</i> Liebm.	Juglandaceae	Nogal	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Juripeura depeana</i> Steudel	Cupressaceae	Cedro blanco	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	Leguminosae	Guaje	0	3	0	0	0	3,8	3
<i>Leucaena pulverulenta</i> (Schtdl.) Benth.	Leguminosae	Tepeguaje	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Leucaena</i> sp.	Leguminosae	Guaje Uachi (Pue) Guauachi (Pue)	0	0	1	3	0	5,1	4
<i>Licania platypus</i> (Hemsl.) Fritsch	Rosaceae	Caca de niño	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Lippia myriocephala</i> Schl. et. Cham.	Verbenaceae	Palo de gusano (Oax) Gusanillo (Ver)	0	2	4	0	0	7,7	6
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Hamamelidaceae	Bálsamo	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	Sapindaceae	Litchi	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Lonchocarpus hondurensis</i> Benth.	Leguminosae	Chaperna	3	0	0	0	0	3,8	3
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Leguminosae	Marinero	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Lucuma palmieri</i> Fernald	Sapotaceae	Huicon	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Macadamia</i> sp.	Proteaceae	Macadamia	0	0	0	5	0	6,4	5
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Moraceae	Caulote	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Mango	2	5	1	3	0	14,1	11
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Plocha	0	1	0	2	0	3,8	3
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	Tezhuacapoteti Capulín negro Pajarillo (Pue) Azuilillo (Gro)	0	0	0	2	1	3,8	3
<i>Miconia trinervia</i> (Sw.) D. Don ex G. Don	Melastomataceae	Teshuat Kuahuit o Capulín	0	0	0	2	0	2,6	2
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Leguminosae	Bracatinga	0	1	0	0	0	1,3	1

Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos (continuación).

Especie de sombra	Familia	Nombre común	Estado					Presencia en los cafetales orgánicos	
			Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	%	#
<i>Myrica cerifera</i> L.	Resinillo	Myricaceae	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Mirandacellis monoica</i> (Hemsl.) Sharp.	Ulmaceae	Mezcal	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Montanoa</i> sp.	Asteraceae	Capitaneja o Maalita (Oax) Malacate (Chis)	4	0	2	0	0	7,7	6
<i>Nectandra cf. salicifolia</i> (Kunth.) Nees.	Lauraceae	Laurel	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Nectandra reticulata</i> (R. et Pav.) Mez.	Lauraceae	Tepahuacate	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae	Tabaquillo	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Ocotea acuminatissima</i> (Lundell) Rowher	Lauraceae	Canellito negro	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Ocotea atacta</i> Lorea - Hern.	Lauraceae	Amolador o Laurelillo	0	0	0	0	3	3,8	3
<i>Ocotea chiapensis</i> (Lundell) Standl. & Steyerl.	Lauraceae	Laurelillo	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae	Carboncillo	0	0	0	4	0	5,1	4
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	Canellito	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	Aguate	3	4	2	0	1	12,8	10
<i>Persea schiedeana</i> Nees.	Lauraceae	Chinene (Ver) Chinina o Pagua (Pue)	0	1	0	2	0	3,8	3
<i>Picramnia</i> sp.	Simaroubaceae	Chaluncillo (Chis) Maicillo o Xiite (Pue)	1	0	3	0	0	5,1	4
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Myrtaceae	Pimienta	0	0	0	8	0	10,3	8
<i>Pinus</i> sp.	Pinaceae	Ocote	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	Desconocido	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Piper amalago</i> L.	Piperaceae	Cordoncillo	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Pithecellobium arboreum</i> (L. Urban)	Leguminosae	Frijolillo	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Plumeria</i> sp.	Apocynaceae	Cacaloxchitl	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn	Sapotaceae	Zapote Mamey	0	0	1	4	0	6,4	5
<i>Pouteria</i> sp.	Sapotaceae	Tempixtle	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Bombacaceae	Flor de mayo	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Pseudolmedia</i> sp.	Moraceae	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Pseuolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.	Moraceae	Tepetomate macho o Tepetomat	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Psidium guajaba</i> L.	Myrtaceae	Guayabo	0	1	3	3	1	10,3	8
<i>Psidium</i> sp.	Myrtaceae	Guayaba agria	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Psychotria</i> sp.	Rubiaceae	Palo colorado	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Psychotria trichotoma</i> Mart. et. Gal.	Rubiaceae	Palo de agua	6	0	0	0	0	7,7	6
<i>Quercus affinis</i> Q.	Fagaceae	Bandejo	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.	Fagaceae	Laurelillo	0	0	0	0	3	3,8	3
<i>Quercus skinnerii</i> Benth.	Fagaceae	Chicharro	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Quercus</i> sp.	Fagaceae	Encino	1	1	2	0	2	7,7	6
<i>Rapanea myricoides</i> (Schltdl.) Lundell	Myrsinaceae	Mangle	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Rhamnus</i> sp.	Rhamnaceae	Palo Blanco	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Rondeletia buddleoides</i> Benth.	Rubiaceae	Salvio o Salvia	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Sapium macrocarpum</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	Chrontle Lechón Amatillo	1	0	0	0	0	1,3	1

Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos (continuación).

Especie de sombra	Familia	Nombre común	Estado					Presencia en los cafetales orgánicos	
			Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	%	#
<i>Sapranthus foetidus</i> (Rose) Saff.	Annonaceae	Annonaceae	0	0	2	0	0	2,6	2
<i>Saurauia cana</i> B. T. Keller & Breedlove	Actinidiaceae	Pipicho	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Saurauia</i> sp.	Actinidiaceae	Almarante (Gro) Mameyito (Oax)	0	0	2	0	1	3,8	3
<i>Scheelea liehmanii</i> Bec.	Palmaeae	Palma	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Senna</i> sp.	Leguminosae	Ixcahuite o quebracho	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Sideroxylon tempisque</i> Pitt.	Sapotaceae	Tempisque	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Siparuna nicaraguensis</i> Hemsl.	Monimiaceae	Cervatanas	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Solanum schlechtendallianum</i> Walp.	Solanaceae	Cuitlacuahuitl	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	Tabaquillo	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	Bignoniaceae	Tulipán de la India	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	Jobo	0	0	1	1	0	2,6	2
<i>Spondias</i> sp.	Anacardiaceae	Palo de ciruela	0	0	2	0	0	2,6	2
<i>Stemmadenia</i> sp.	Apocynaceae	Cojón de gato o Chichiuaiayotl	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Swartzia ochracea</i> DC.	Leguminosae	Naranjillo	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	Caoba	0	1	0	7	0	10,3	8
<i>Symplocos</i> sp.	Symplocaceae	Desconocido	0	0	0	0	1	1,3	1
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Myrtaceae	Pomarosa	0	3	0	0	0	3,8	3
<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Bignoniaceae	Primavera	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Tabebuia rosaea</i> (Bertol.) D.C.	Bignoniaceae	Roble	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae	Macuil	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Tabernaemontana</i> sp.	Apocynaceae	Cojón de coche	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Tapirira mexicana</i> Marchand.	Anacardiaceae	Cacao	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Tapirira</i> sp.	Anacardiaceae	Cacate	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Tectona grandis</i> L.	Verbenaceae	Roba peso	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Ternstroemia pringlei</i> Rose.	Theaceae	Trompillo	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae	Cacao	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Tondulia</i> sp.	Apocynaceae	Palo de Quina	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Ulmaceae	Ixpepe (Ver) Capulin (Chis-Oax-Gro) Matacaballo (Pue), Totokouit (Pue)	3	7	4	6	1	26,9	21
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	Tiliaceae	Capulin blanco	1	0	0	0	0	1,3	1
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Moraceae	Ramoncillo	0	2	0	0	0	2,6	2
<i>Trophis</i> sp.	Moraceae	Chichilkouit o Palo rojo	0	0	0	1	0	1,3	1
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don.	Staphyleaceae	Manzanillo	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Urea caracasana</i> (Jacq.) Griseb.	Urticaceae	Chichicaxfle o Mal hombre	0	1	1	0	0	2,6	2
<i>Urea</i> sp.	Urticaceae	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Verbesina myriocephala</i> Schultz.	Asteraceae	Bordon de viejo	2	0	0	0	0	2,6	2
<i>Verbesina</i> sp.	Asteraceae	Soloraja (Chis) Duraznillo (Pue)	1	0	1	1	0	3,8	3
<i>Vernonia deppeana</i> Less.	Asteraceae	Chiquite	0	1	0	0	0	1,3	1
<i>Vismia mexicana</i> Schltdl.	Clusiaceae	Amate	0	0	1	0	0	1,3	1
<i>Yucca aloifolia</i> L.	Agavaceae	Yuca	0	0	0	2	0	2,6	2
<i>Zinowiewia integerrima</i> Turcz.	Celastraceae	Palo blanco	0	1	0	0	0	1,3	1

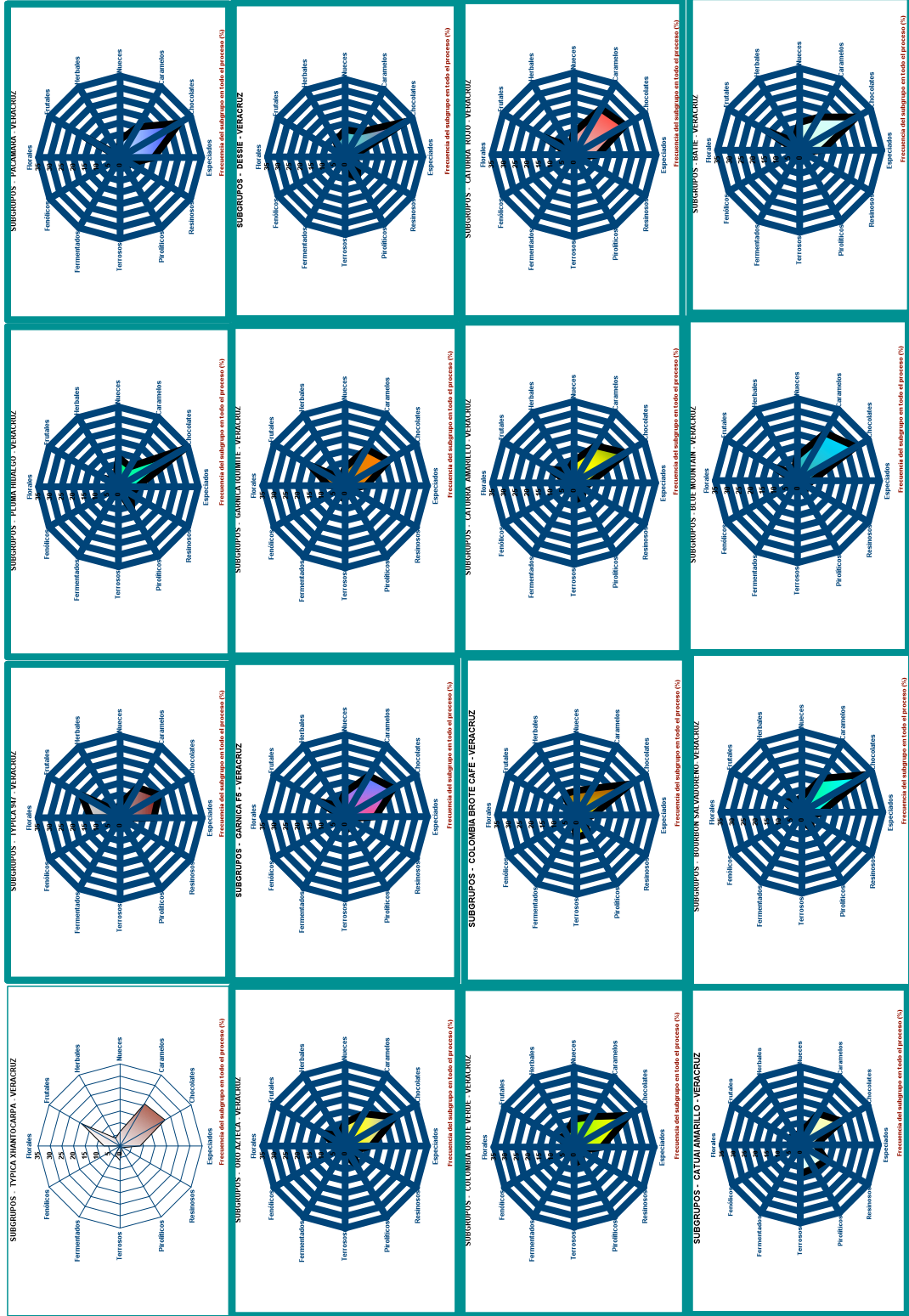
Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos (continuación).

Especie de sombra	Familia	Nombre común	Estado					Presencia en los cafetales orgánicos	
			Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	%	#
No identificada	Lauraceae	Agucatlillo	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	Melastomataceae	Chiquite	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	Loganiaceae	Pata de guajolote	0	0	2	0	0	2.6	2
No identificada	Asteraceae	Palo de trapo	2	0	0	0	0	2.6	2
No identificada	Myrtaceae	Guayabillo	1	0	0	0	0	1.3	1
No identificada	Rubiaceae	Colorado, Palo colorado	0	0	0	0	3	3.8	3
No identificada	Leguminosae	Ximacuahuitl	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	Sapotaceae	Zapotillo	1	0	0	0	0	1.3	1
No identificada	Anacardiaceae	Desconocido	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	Polygonaceae	Desconocido	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Árbol de bolita blanca	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Palo amarillo	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Capulín	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Palo de frutillo	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Murdavina	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Chama	0	0	5	0	0	6.4	5
No identificada	No identificado	Hoja fresca	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Zapote	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Jicara silvestre	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Maalili	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Palo de cáncer	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Capulín	0	0	0	4	0	5.1	4
No identificada	No identificado	Omacohuitl	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Chiliite	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Cuajilote	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Ojkuoit	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Tinaja	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Jicarillo	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Ximacuahuitl	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Haba	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Xitocuahuitl	0	0	0	1	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Mangle	0	0	0	0	1	1.3	1
No identificada	No identificado	Palo prieto	0	0	0	0	1	1.3	1
No identificada	No identificado	Laurel	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Palo de uva	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Tomoxilo	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Frutillo	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Hierba santilla	0	0	1	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	1	0	0	0	1.3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	1	0	0	0	1.3	1

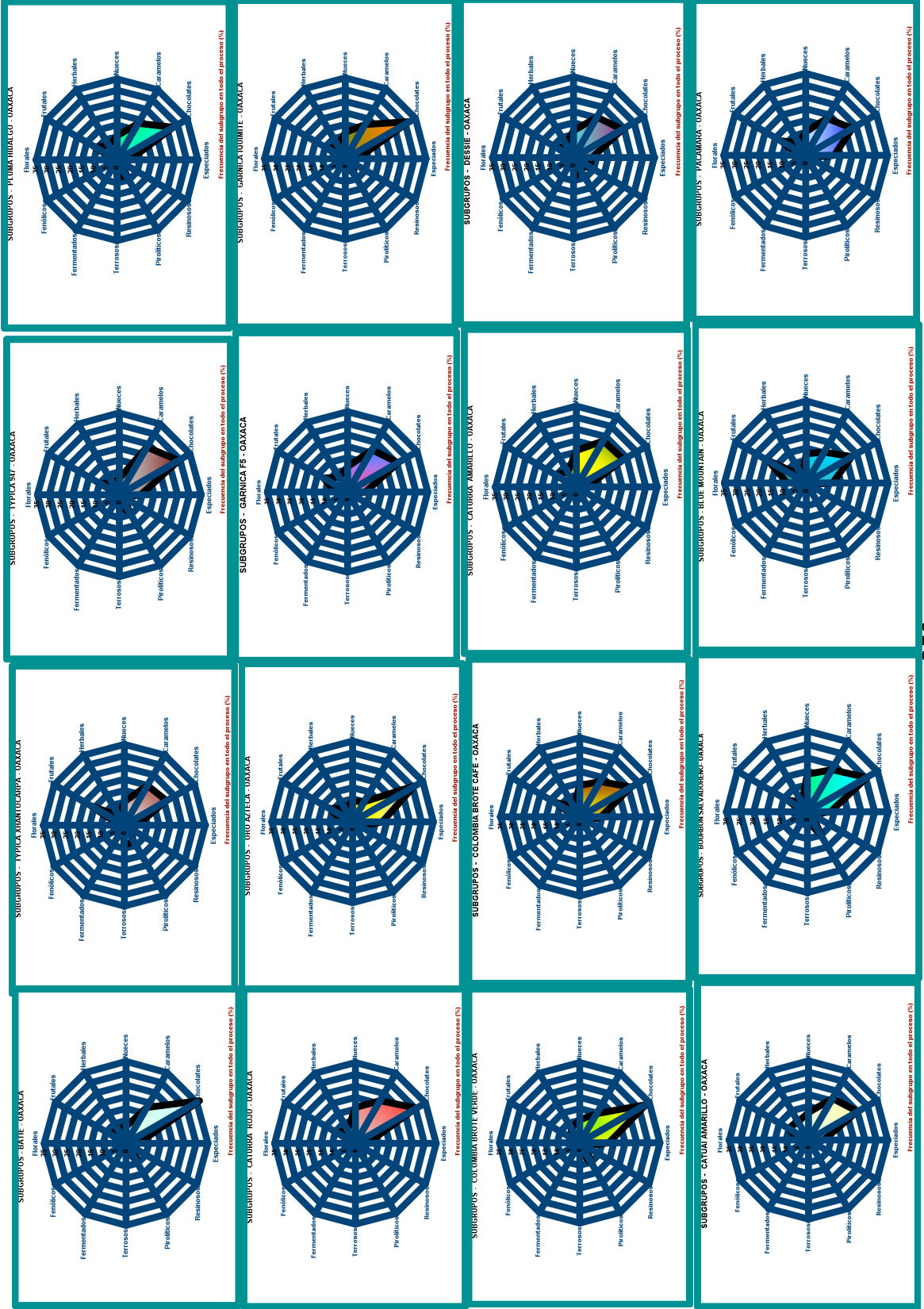
Anexo 2. Especies forestales identificadas en los cafetales orgánicos (continuación).

Especie de sombra	Familia	Nombre común	Estado					Presencia en los cafetales orgánicos	
			Chiapas	Veracruz	Oaxaca	Puebla	Guerrero	%	#
No identificada	No identificado	Desconocido	0	1	0	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	1	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	1	0	0	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	1	0	0	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	1	0	0	0	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	0	1	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	0	1	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	0	1	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	0	1	0	1,3	1
No identificada	No identificado	Desconocido	0	0	0	1	0	1,3	1

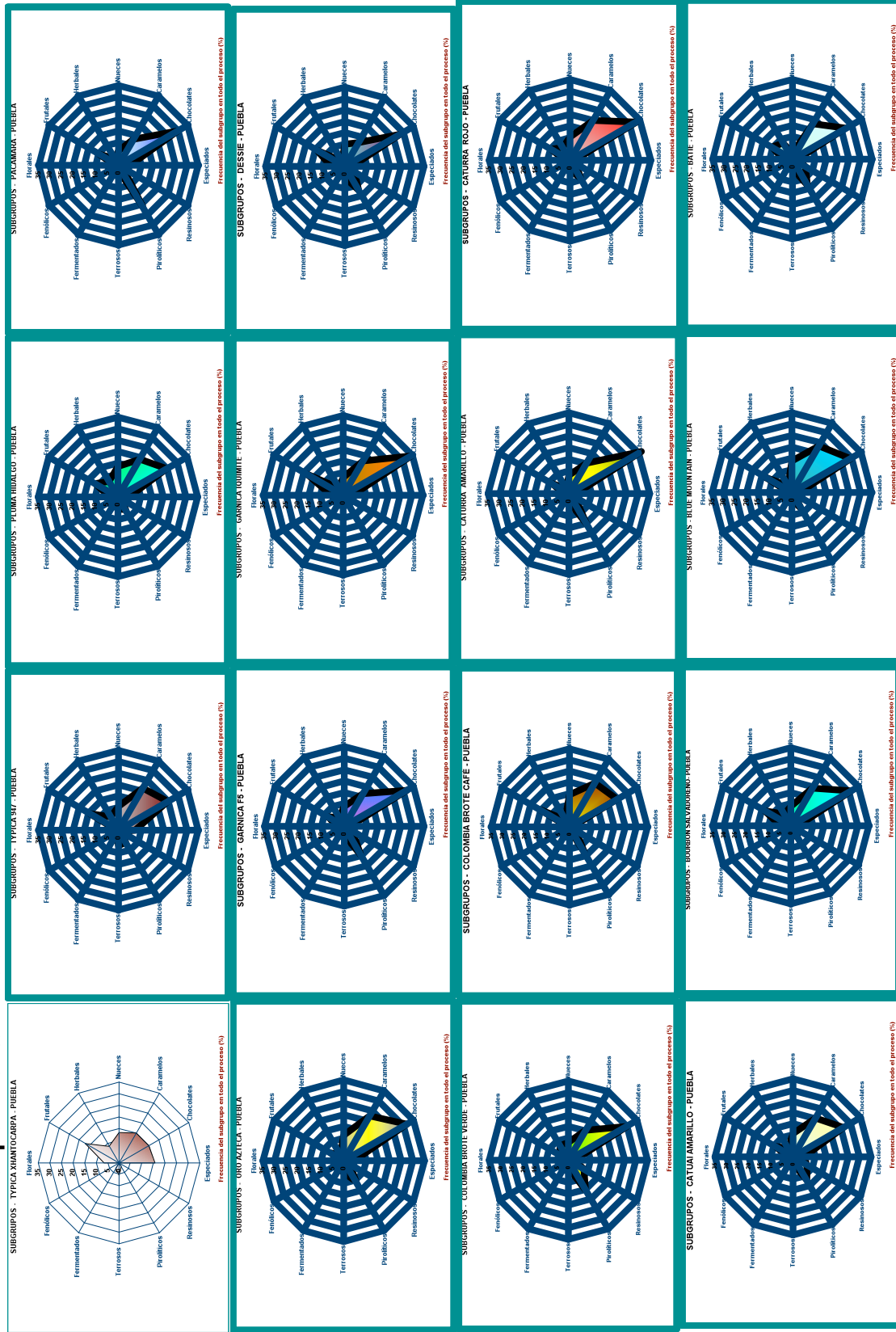
Anexo 3. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de la parcela experimental Veracruz.



Anexo 4. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial en todo el proceso de las variedades de la parcela experimental Oaxaca.



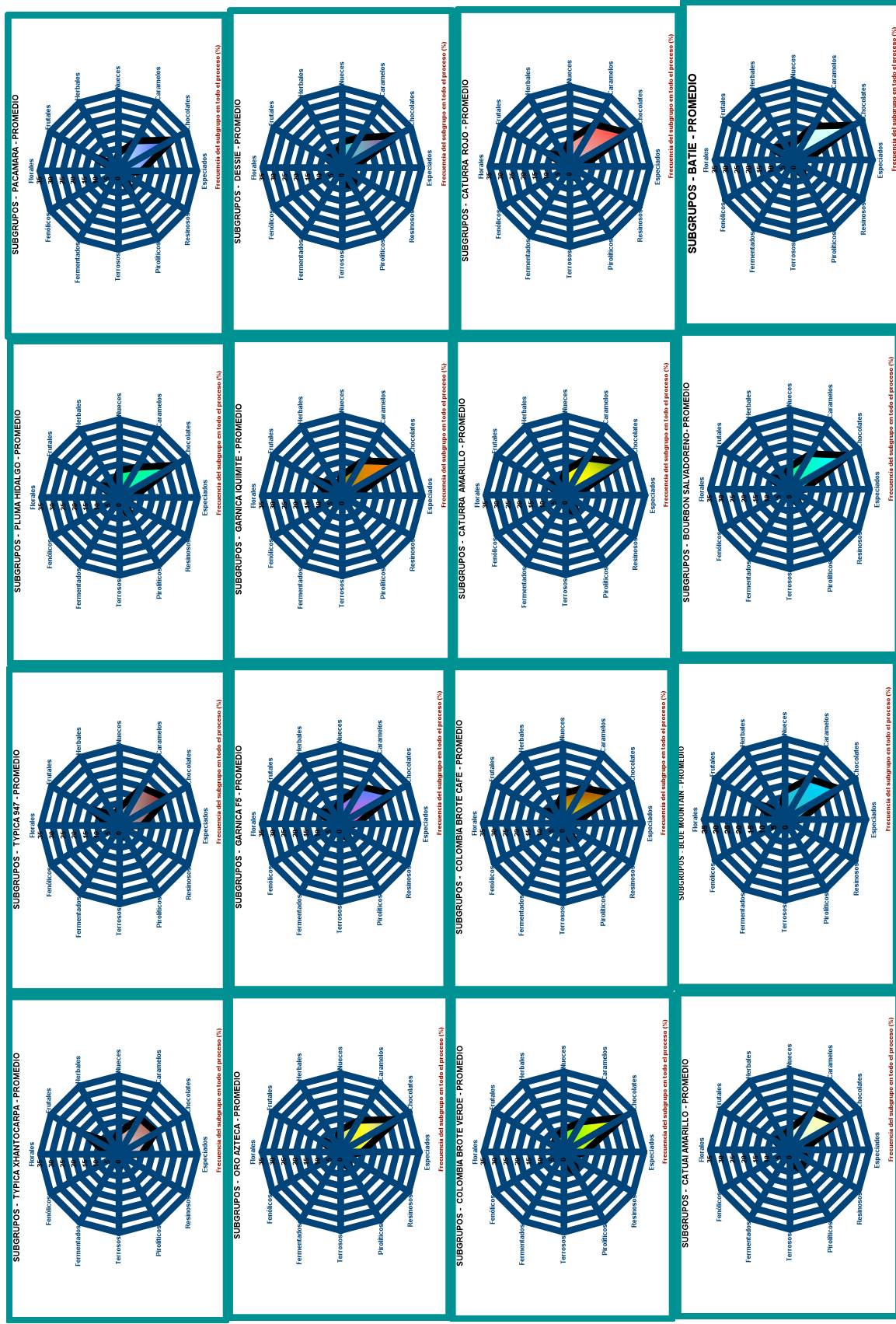
Anexo 5. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de la parcela experimental Puebla.



Anexo 6. Subgrupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de las parcelas experimentales (promedio).

Variedad	Fragancia	Aroma	Nariz	Resabio
Pluma Hidalgo	Chocolates	Caramelos	Nueces	Chocolates
Típica X.	Caramelos	Caramelos	Frutal	Frutal
Colombia BC	Caramelos	Caramelos	Frutal	Chocolates
Colombia BV	Caramelos	Chocolates	Chocolates	Chocolates
Blue Mountain	Chocolates	Chocolates	Frutal	Chocolates
Oro Azteca	Chocolates	Chocolates	Chocolates	Chocolates
Batie	Chocolates	Chocolates	Chocolates	Chocolates
Dessie	Caramelos	Chocolates	Frutal	Chocolates
Catuaí Amarillo	Caramelos	Caramelos	Chocolates	Chocolates
Costa Rica 95	Caramelos	Chocolates	Chocolates	Chocolates
Caturra Rojo	Caramelos	Caramelos	Chocolates	Chocolates
Típica 947	Chocolates	Caramelos	Frutal	Chocolates
Borbón Salvadoreño	Chocolates	Chocolates	Chocolates	Chocolates
Garnica Iquimite	Chocolates	Chocolates	Chocolates	Chocolates
Caturra Amarillo	Chocolates	Caramelos	Frutal	Chocolates
Garnica F5	Chocolates	Chocolates	Frutal	Chocolates
Pacamara	Caramelos	Chocolates	Chocolates	Chocolates

Anexo 7. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial de las variedades de las parcelas experimentales (promedio).



Anexo 8. Grupos aromáticos identificados en evaluación sensorial en las variedades de las parcelas de los productores (promedio).

