



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DEL CAFÉ ARÁBIGO
(*Coffea arabica* L.) ORGÁNICO DEL MUNICIPIO DE CHOCAMÁN, VER.**

ARACELI VALDIVIA CAMARILLO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS


AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ
2015

La presente tesis, titulada: **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DEL CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica* L.) ORGÁNICO DEL MUNICIPIO DE CHOCAMÁN, VER.**, realizada por la alumna **ARACELI VALDIVIA CAMARILLO**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:




Dr. Victorino Morales Ramos

ASESOR:




Dr. Armando Guerrero Peña

ASESOR:



Dr. Oscar González Ríos

ASESOR:



Dr. Esteban Escamilla Prado

Amatlán de los Reyes, Veracruz, Junio de 2015

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DEL CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica* L.) ORGÁNICO DEL MUNICIPIO DE CHOCAMÁN, VER.

Araceli Valdivia Camarillo, MC.

Colegio de Postgraduados, 2015

RESUMEN

La calidad del café está relacionada directamente con el origen, variedad, ubicación geográfica, manejo agronómico, entre otras; sin embargo, el grado de calidad determina el precio en el mercado, a mejor calidad mayor precio. Es por ello, que el propósito de esta investigación fue caracterizar física, química y sensorialmente el café arábigo orgánico del municipio de Chocamán a tres diferentes franjas altitudinales. Se utilizó una mezcla compuesta de variedades arábicas bajo el manejo orgánico, las cuales se encuentran alrededor de los 800 a 1450 msnm.

Los análisis realizados fueron para conocer la calidad del grano atribuyendo las diferencias a la zona de altura. En el análisis físico no se encontró diferencia significativa en los análisis de tamaño, color, forma, humedad, presencia de materia extraña o defectos, los resultados fueron semejantes a lo descrito en la NOM-149-SCFI-2001, las diferencias que hubo en número de defectos se le atribuyen al beneficiado del grano. Usando las técnicas del análisis proximal, no es posible determinar las diferencias de calidad en el café orgánico de la variedad Typica, cultivado a diferentes altitudes en el municipio de Chocamán, Ver. En la composición química del grano se utilizaron las técnicas de Microextracción en fase sólida (SPME) y Cromatografía de gases acoplada espectrometría de masas (GC-MS); los compuestos orgánicos volátiles identificados son los responsables del aroma y sabor del café, se

identificaron 93 compuestos en la Zb, 95 compuestos en la Zm y en la Za se identificaron 99 compuestos; de los cuales se pueden clasificar en clases como: furanos, cetonas, pirazinas, pirroles, aldehídos y alcoholes, entre otros, siendo los furanos los compuestos de mayor presencia y responsables de aromas dulces (caramelo, honey, chabacano o melocotón, menta, entre otros). Así mismo, dentro de los cromatogramas se identificaron siete compuestos diferentes, los cuales tienen un olor característico, como: 3-hidroxi-2,3-dihidromaltol (dulzor a caramelo), Eugenol (clavo o especia), Acetato de metilo (fruta agradable), Alcohol etílico (aroma dulce, acidez agradable relacionada a la altura), 2,3,4-trimetil-2-ciclopenten-1-ona (notas dulces), 2,3-Butanodiol (mantequilla), 2,5-dihidro-3,5-dimetil-2-furanona (aroma dulce-chabacano), presentes en las muestras Zm y Za en diferentes porcentaje y, por el contrario no se identificaron en la muestra Zb. El análisis sensorial se determinó por análisis descriptivo con una escala de 5 puntos (0= ausencia total del atributo y 5= presencia total del atributo) y por análisis sensorial mediante un Catador Q, se basó en protocolo de SCAA midiendo aroma, acidez, cuerpo, aspecto del tostado, daños y calidad en taza. En ambas pruebas se concluyó que la muestra Za fue la de mejor calidad sensorial, teniendo el mayor puntaje en los atributos evaluados.

Palabras clave: Café orgánico, altura, *Coffea arabica*, composición química, HS-SPME/GC-MS.

PHYSICS, CHEMISTRY AND SENSORIAL CHARACTERIZATION OF ORGANIC
ARABIC COFFEE (*Coffea arabica* L.) OF CHOCAMÁN TOWNSHIP, VER.

Araceli Valdivia Camarillo, MC.

Colegio de Postgraduados, 2015

ABSTRACT

The quality of the coffee is related directly to the origin, variety, geographical location, agronomic managing, among others; nevertheless, the quality degree determines the price on the market, there is better major quality I boast. It is for it, that the intention of this research was to characterize physics, chemical and sensorialmente the Arabic organic coffee of Chocamán's municipality to three different striping altitudinales. There was in use a mixing consisted of Arabic varieties under the organic managing, which are about the 800 1450 msnm.

The realized analyses were to know the quality of the grain attributing the differences to the zone of height. In the physical analysis one did not find significant difference in the analyses of size, color, form, dampness, presence of matter surprises or faults, the results were similar to described in the NOM-149-SCFI-2001, the using the technologies of the analysis proximal, it is not possible to determine the quality differences in the organic coffee of the variety Typica, cultivated to different altitudes in Chocamán's municipality, To see. In the chemical composition of the grain the technologies were in use in solid phase microextraction (SPME) and Gas chromatography connected masses spectrometry (GC-MS); VOCs identified are responsible for the aroma and flavor of coffee, 93 compounds were identified in the Zb, 95 compounds in the Zm and 99 compounds were identified Za; which can be classified into classes such as furans,

ketones, pyrazines, pyrroles, aldehydes and alcohols, among others, being furans compounds greater presence and responsible for sweet aromas (caramel, honey, apricot or peach, mint, among others).

Also, within seven different compounds chromatograms were identified, which have a characteristic odor, such as 3-hydroxy-2,3-dihidromaltol (caramel sweetness), eugenol (clove or spice), methyl acetate (pleasant fruit) Ethyl alcohol (sweet aroma, pleasant acidity related to height), 2,3,4-trimethyl-2-cyclopenten-1-one (sweet notes), 2,3-Butanediol (butter), 2,5-dihydro-3,5-dimethyl-2-furanone (sweet-scented apricot), present in the samples Zm and Za in different percentage and, conversely not identified in the sample Zb. Sensory analysis was determined by descriptive analysis with a 5-point scale (0 = absence of the attribute to 5 = total presence of the attribute) and sensory analysis by a Q Taster, was based on protocol SCAA measuring aroma, acidity, body , roasted appearance, damage and cup quality. In both tests it was concluded that the sample was Za better sensory quality, with the highest score in the attributes evaluated.

Key words: organic coffee, altitude, *Coffea arabica*, chemical composition, HS-SPME/GC-MS.

DEDICATORIA

A **DIOS** por darme la vida y darme la familia hermosa que tengo. Por estar siempre a mí lado en las buenas y en las malas, por darme fuerzas, sabiduría e inteligencia para seguir adelante cada instante de mi vida y por su infinita misericordia al escuchar las oraciones de mi familia.

A **mis padres, Senorina Camarillo y Fidel Valdivia**, gracias por quererme tanto, escucharme, apoyarme, cuidarme y confiar en mí y en mis decisiones. Por tener siempre una palabra de aliento cuando más lo necesitaba, gracias por todas sus oraciones, son un ejemplo para mí y me siento inmensamente orgullosa de ustedes. Los quiero mucho y los AMO!

A **mis herman@s**, Miguelina, Clara, Dulce María, Fidel, Alejandro y a mi bebe preciosa Clarita. Quienes me han apoyado incondicionalmente, a pesar de no estar mucho tiempo con ustedes. Gracias por brindarme su amor, cariño, apoyo, comprensión en todo momento y enseñarme que siempre tenemos que estar unidos como familia. Los quiero mucho!!!

A **mis abuelitos**, Manuela Sánchez, Clara Benítez, Refugio Valdivia (Q. E. P. D.). Por forjar los cimientos de la familia hermosa a la que pertenezco. Por enseñarnos el camino hacia Dios y que la familia siempre debe de estar unida, perseverando, luchando día tras día para alcanzar el triunfo.

A todas las personas que nos ayudaron en cada etapa del proyecto: los productores de Chocamán, personal del Laboratorio de Tec. del Café en UNIDA-ITV, personal del laboratorio LASPA-Campus Tabasco, personal del área de tecnología del café del Campus Córdoba.

A mis amig@s, compañeros y profesores de la maestría, por compartir su tiempo, amistad, compañía y un buen café con su servidora.

AGRADECIMIENTOS

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

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba del Programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable (IAS) por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. Victorino Morales Ramos, por su apoyo, confianza y amistad. Así como el tiempo que destino para las revisiones y enriquecimiento del proyecto.

A los doctores Armando Guerrero Peña, Oscar González Ríos y Esteban Escamilla Prado, asesores de mi consejo particular, por el tiempo y apoyo brindado en las revisiones del trabajo, análisis y principalmente por su amistad.

Al personal de los laboratorios de la UNIDA del Instituto Tecnológico de Veracruz, del laboratorio de Suelos (LASPA) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, porque durante mi estancia me brindaron su amistad y todo el apoyo para realizar el proyecto. Así mismo, al Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENACAFÉ).

A los profesores del Campus Córdoba que contribuyeron con mi formación profesional; así mismo, al personal de apoyo, profesionales de investigación y administrativos.

A todos y a cada uno de mis amig@s y compañeros de IAS, quienes me brindaron su amistad, apoyo, palabras de aliento y ánimo para continuar hasta la meta.

CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
I. JUSTIFICACIÓN	4
III. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
IV. HIPÓTESIS.....	6
V. OBJETIVOS.....	6
OBJETIVO GENERAL	6
Objetivos Específicos	6
VI. MARCO TEÓRICO- CONTEXTUAL.....	7
6.1 CAFÉ ORGÁNICO EN EL MUNDO	8
6.2 CAFÉ ORGÁNICO EN MÉXICO	9
6.3 CONTEXTO REGIONAL.....	12
6.4 PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL CAFÉ	15
6.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ.....	17
6.5.1 Compuestos volátiles	18
6.5.1.1 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS).....	20

6.5.1.2 Microextracción en fase sólida (SPME).....	20
6.6 CALIDAD DEL CAFÉ	21
6.6.1 Factores que afectan la calidad.....	21
6.6.1.1 Ambientales.....	22
Latitud y altitud	22
Temperatura.....	22
6.6.1.2 Agronómicos	23
6.6.1.3 Procesamiento	23
6.6.2 Análisis físico del grano.....	23
6.6.3 Análisis químicos.....	24
6.6.4 Evaluación sensorial	24
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
7.1 CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS	25
7.2 ORIGEN DE LA MUESTRA	25
7.2.1. Identificación de la muestra.....	26
7.2.2 Beneficiado del café	26
7.3 ANÁLISIS FÍSICO DEL GRANO	28
7.4 TOSTADO DE CAFÉ	29
7.4.1 Medición de color	29
7.5 ANÁLISIS QUÍMICO	30
7.5.1 Análisis proximal	30
7.5.1.1 Determinación de cafeína	31
7.5.1.2 Determinación de fósforo	31

7.5.2 Métodos Instrumentales	33
7.5.2.1 Microextracción en fase sólida, espacio de cabeza (SPME-HS).....	33
7.6.2.2 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/MS)	34
7.6 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	36
7.7 DISEÑO EXPERIMENTAL	36
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
8.1 CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA	37
8.2 ANÁLISIS FÍSICO AL CAFÉ VERDE	38
8.3 TOSTADO DE CAFÉ	39
8.4 ANÁLISIS QUÍMICO	40
8.4.1 Análisis proximal	40
8.4.2 Métodos Instrumentales	42
8.4.2.1 Compuestos volátiles	42
8.5 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	47
IX. CONCLUSIONES	52
X. BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Las importaciones de café orgánico por país importador, 2003/2004 - 2007/2008 (en toneladas)	8
Cuadro 2. Principales organizaciones de café orgánico.....	10
Cuadro 3. Principales Indicadores de la cafecultura en el Estado de Veracruz	12
Cuadro 4. Características Agroclimáticas de la Región de Córdoba.....	15
Cuadro 5. Composición química de granos de café verde y tostado de variedad arábica	17
Cuadro 6. Compuestos volátiles con algunas notas aromáticas del café tostado.....	18
Cuadro 7. Caracterización agroecológica de las muestras de café.	37
Cuadro 8. Resultados del análisis físico al café verde por franja altitudinal.	39
Cuadro 9. Características de color en café tostado a diferente altura.....	40
Cuadro 10. Análisis proximal del grano de café tostado de tres franjas altitudinales, porcentajes en base seca	41
Cuadro 11. Compuestos aromáticos identificados en las tres franjas altitudinales (área y tiempo de retención).....	42
Cuadro 12. Calificaciones del perfil sensorial aplicado por un panel entrenado con escala cinco puntos (0=ausencia total del atributo, 5=presencia total del atributo).....	48
Cuadro 13. Calificaciones del perfil sensorial aplicado por un catador Q con escala cinco puntos (0=ausencia total del atributo, 5=presencia total del atributo)	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción nacional de café orgánico (Escamilla, 2007).....	11
Figura 2. Área de estudio, municipio de Chocamán (Velasco, 2013).....	14
Figura 3. Proceso de transformación del café.....	16
Figura 4. Codificación de las muestras.	26
Figura 5. Proceso de beneficiado Húmedo	26
Figura 6. Secador solar tipo invernadero y camas de secado.....	27
Figura 7. Determinador halógeno de humedad HG63, marca METLER TOLEDO	27
Figura 8. Tostadora PROBAT Inc. PROBATino	29
Figura 9. Colorímetro HUNTER LAB. ColorFlex y Espacio de color CIELAB.....	30
Figura 10. Cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) modelo LC1650	31
Figura 11. A) Tubos de ensaye con cenizas y ácido Clorhídrico 0.1N.	32
Figura 12. Espectrofotómetro UV/Visible, marca GENESYS	33
Figura 13. Principales compuestos orgánicos volátiles presentes en muestras de diferente altura.	44

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de café en México se ha incrementado en los últimos 10 años, pasando de 0.8 kg a 1.2 kg por persona por año (AMECAFE, 2012). Sin embargo, la calidad del café se ha venido deteriorando al paso de los años; con la introducción variedades que producen mayores rendimientos, aunque no necesariamente mejor calidad física del grano.

La calidad del café ha estado muy relacionada a su origen, ubicación geográfica, variedad, etc. El poder determinar la región de la cual proviene el grano adquiere cada vez mayor relevancia, principalmente por cuestiones de autenticidad geográfica y detección de adulteraciones, incluyendo mezclas de diferentes calidades. La calidad sensorial del café es generalmente evaluada por catadores; personas especializadas, que se encargan de la degustación de la bebida, teniendo énfasis en el aroma, sabor, cuerpo, acidez; entre otros aspectos. Así mismo, detectan sabores indeseables, como: fermento, moho, quemado, terroso, etc. Cappuccio (2005) dice que para entender el aroma de un alimento, primero se debe saber la composición de sus componentes volátiles tanto cualitativa como cuantitativamente.

Los compuestos orgánicos volátiles se derivan de compuestos orgánicos no volátiles, los cuales reaccionan durante el tueste (Illy y Viani, 2005). La mayoría de los compuestos aromáticos se generan en un grado de tueste medio (González-Ríos *et al.*, 2007); La composición final de los compuestos volátiles del café tostado depende de varios factores. Éstos incluyen: la especie y variedad de café, condiciones climáticas y

suelo durante el crecimiento, almacenamiento (después de la cosecha y tostado), tiempo y temperatura de tueste y del equipo que se utilice para la extracción de los compuestos aromáticos (Rojas, 2005; Illy y Viani, 2005; González-Ríos *et al.*, 2007).

Los métodos instrumentales dentro de la química analítica, representan una alternativa para determinar y cuantificar compuestos aromáticos, mediante técnicas: espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIRS) e infrarrojo medio (MIR), microextracción en fase sólida (SPME), cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/SM), espectrometría ultravioleta-visible (UV/VIS), entre otros (Wang *et al.*, 1995; González, 2003; Thurston *et al.*, 2004; Rojas, 2005).

En este trabajo se propone que mediante análisis físico, químico y sensorial, se caracterice el café arábigo orgánico del municipio de Chocamán, Ver., y determinar si existen diferencias en los perfiles de calidad entre diversas franjas altitudinales.

En el documento se presentan las características físicas, químicas y sensoriales que afectan o determinan la calidad del café y su relación con la altura sobre el nivel del mar en que se encuentra el cafetal. El documento consta de nueve capítulos. En el capítulo 1 se da al lector una introducción al tema y al documento. En el capítulo 2 y 3, se exponen los motivos para realizar este estudio y se presenta el problema a investigar. En los capítulos 4 y 5, se presentan la hipótesis y el alcance de la investigación. El capítulo 6 contiene el marco teórico-contextual sobre el café arábigo, producción orgánica, el proceso de transformación y un panorama general de la composición química del grano; así como, los métodos instrumentales utilizados para

cuantificar dicha composición. En el capítulo 7 se presentan los aspectos metodológicos de la investigación y se describen las etapas realizadas. En el capítulo 8 muestran los principales resultados y su discusión. Finalmente, las conclusiones del trabajo de investigación se muestran en el capítulo 9.

I. JUSTIFICACIÓN

En México, el café se produce en 15 entidades de la república, los principales productores son Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, concentrando más del 80% de la producción nacional (SIAP, 2012); dentro de los cuales hay 17 grupos indígenas que desarrollan actividades de producción, recolección, industrialización y algunos hasta la comercialización (SAGARPA, 2011). La cafecultura genera en nuestro país más de 4.5 millones de empleos. La producción promedio de 1995 al 2011, ha sido de 4.7 millones de sacos de 60 kilogramos, de los cuales 3.8 millones destinaron al mercado de exportación. De éstos, el 90% se comercializa como café verde, cuyo valor promedio ha sido de 480 millones de dólares (AMECAFE, 2012).

La calidad del café verde ha estado muy relacionada a su lugar de origen, área geografía, variedad, condiciones de suelo y temperatura, entre otros factores; los cuales influyen directamente en las características físicas, químicas y sensoriales. El poder determinar la región de la cual proviene el grano adquiere cada vez mayor relevancia, principalmente por cuestiones de autenticidad geográfica y detección de adulteraciones, incluyendo mezclas de diferentes calidades.

Certificar la calidad del café a nivel de microrregión es indispensable; por ello, esta investigación tiene el objetivo de caracterizar el perfil físico, químico y sensorial del café arábigo en tres franjas altitudinales del Municipio de Chocamán, Ver.; el cual cuenta con cafetales localizados en altitudes superiores a los 1000 msnm, que permite obtener

cafés de altura y estrictamente altura, cafés considerados de muy alta calidad. La idea es obtener el perfil de sabor específico para esta microrregión, de manera que se pueda diferenciar su calidad por origen y cuente con el soporte técnico–científico que le brinde una ventaja competitiva.

III. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

México es considerado como un productor de café de baja calidad en comparación con Colombia, cotizándose en el mercado mundial por debajo del precio de la bolsa. Sin embargo, tiene las condiciones idóneas para la producción de cafés de excelente calidad, no solo por las condiciones agroecológicas sino por la vocación de producción de cafés de sombra y orgánicos (Escamilla, 2007). El desconocimiento de las calidades de café producidas en México, entre otros factores como la presencia de prácticas desleales de los vendedores mexicanos, ha ocasionado que se castigue el precio internacional del café de México en forma genérica. Por lo anterior, es importante desarrollar métodos analíticos, instrumentales y convencionales para conocer, reconocer y autenticar la calidad del café mexicano por región cafetalera.

IV. HIPÓTESIS

La calidad del café arábigo orgánico en el Municipio de Chocamán, Veracruz varía con la altura y está correlacionada con las características físicas, químicas y sensoriales del grano.

V. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar mediante métodos instrumentales, análisis físico, químico y sensorial, el café arábigo orgánico de tres franjas altitudinales del Municipio de Chocamán, Ver., para obtener los perfiles de calidad por franja altitudinal.

Objetivos Específicos

1. Adquirir y beneficiar las muestras de café arábigo orgánico de tres franjas altitudinales pertenecientes al municipio de Chocamán, Ver.
2. Analizar, mediante métodos instrumentales, análisis físico, químico y sensorial las muestras de café del municipio de Chocamán para obtener perfiles de calidad.
3. Diferenciar, mediante análisis de varianza, los perfiles de calidad del café orgánico por franja altitudinal.

VI. MARCO TEÓRICO- CONTEXTUAL

El café pertenece a la familia botánica Rubiaceae, que tiene unos 500 géneros y más de 6,000 especies. Las dos especies más importantes de café, desde el punto de vista económico, son el *Coffea arabica* L. (café arábigo), que representa más del 60% de la producción mundial y el *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta) (ICO, 2014). Otras especies que se cultivan a menor escala, son el *Coffea liberica* Mull ex Hiern (café libérica) y el *Coffea dewevrei* A. Chev. (café excelsa).

El clima favorable para el cultivo del café se localiza entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio. Las plantaciones de café que se encuentran dentro de esta franja proporcionan las mejores calidades al fruto. Dentro de la franja, las zonas adecuadas para el cultivo están determinadas por el clima, suelo, y altitud. El cafeto necesita temperaturas promedio de 20°C y precipitaciones pluviales alrededor de 2500 mm (ICO, 2014).

El café es uno de los cultivos tropicales más importantes del mundo. Alrededor de 125 millones de personas en el mundo dependen del café como medio de subsistencia, proporcionando empleos temporales a hombres, mujeres y niños en las labores de cultivo y principalmente en la cosecha (FAIRTRADE, 2012). El grano de café se produce en 56 países; se cultiva en alrededor de 10.2 millones de hectáreas por más 25 millones de productores, con una producción de alrededor de 7.76 millones de toneladas de café oro (Escamilla, 2007; ICO, 2006; Pohlman *et al.*, 2006).

6.1 CAFÉ ORGÁNICO EN EL MUNDO

El café es uno de los productos orgánicos más exportados por los países en vías de desarrollo. El principal origen del café orgánico es América Latina; pero se está incrementando en otros continentes. Según FAOSTAT (2011) a nivel mundial se cultivan más de 600 millones de hectáreas de café orgánico. Esta superficie constituyó el 6% de los 10.2 millones de hectáreas cosechadas a nivel mundial. Los principales productores de café orgánico del mundo son Brasil, con alrededor de 2.1 millones de hectáreas cultivadas, Indonesia 1.2 millones de hectáreas, México y Colombia, cada uno cerca de 0.8 millones de hectáreas y Vietnam 0.5 millones de hectáreas (IFOAM, 2013).

Los importadores principales de café orgánico son: Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y Japón durante; los cuales son importantes procesadores y re-exportadores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Las importaciones de café orgánico por país importador, 2003/2004 - 2007/2008 (en toneladas)

País importador	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008
Austria	60	0	26	44	38
Bélgica	0	0	900	1252	1965
Bélgica / Lux	117	1450	144	0	0
Dinamarca	347	265	155	411	709
Finlandia	0	127	96	76	39
Francia	46	874	585	889	405
Europa Alemania	699	4565	2800	4330	6783
Irlanda	0	0	0	0	19
Italia	138	262	283	299	283
Países Bajos	465	821	999	1186	713
Noruega	0	108	36	37	77
Polonia	0	0	0	0	20

Portugal	0	0	0	0	39
Eslovenia	0	0	19	0	0
España	1	274	557	406	629
Suecia	358	822	1006	1793	2705
Suiza	40	160	30	99	13
Reino Unido	24	676	810	1428	1710
USA	2511	10827	10827	11015	14483
Canadá	175	451	1016	1124	1471
Japón	461	3104	3050	3614	2693
TOTAL	5498	22143	23900	28971	36821

Fuente: ICO, 2009.

6.2 CAFÉ ORGÁNICO EN MÉXICO

México ha sido pionero y líder de cafés diferenciados, llegando a ser líder en la producción orgánica y comercio justo (Giovannucci y Juárez, 2006). El café diferenciado es aquel que posee alta calidad y que con motivo de las condiciones agroecológicas en que se cultiva, permite la producción de granos con sabor único y características peculiares que conservan su identidad. Los cafés diferenciados agrupan al café orgánico, de comercio justo, de sombra, sustentable (amigable con las aves), denominación de origen y gourmet (Escamilla, 2007).

La producción de café orgánico en México inicia en el año 1963, como una experiencia de producción biodinámica en la Finca Irlanda en Chiapas. El cultivo de café orgánico fue un modelo de producción cuando decreció el precio del café internacionalmente. González (2005) dice que la cafecultura orgánica se constituyó como una alternativa para los pequeños productores cafetaleros, que identificaron la oportunidad por la

demanda insatisfecha del producto en el mercado mundial, optaron por organizarse y asociarse para poder abastecer dicha demanda.

Entre las organizaciones más exitosas productoras de café orgánico se encuentran: UCIRI, ISMAM, CEPCO, Beneficio Majomut, MICHIZA, Unión de Ejidos La Selva, Federación Indígena Ecológica, Tiemelonla Nich K Lum, Tosepan Titataniske, Unión Regional de Huatusco y REDCAFES, entre otras (Jarquín *et al.*, 2006). Son organizaciones unidas y en su mayoría grupos indígenas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales organizaciones de café orgánico

Organización	Estado	Área de influencia	Grupo étnico
Nubes de Oro S. de S.S	Chiapas	Municipio Mapastepec	Mestizo
Unión de Campesinos Ecológicos de Acacoyagua S. de S.S (UCEA)	Chiapas	Municipio Acacoyagua	Mestizo
Café Neey S.P.R de R.I	Oaxaca	Comunidad Rancho Grande del Municipio de Valle Nacional	Chinanteco
Productores de Café Santo Domingo S.C de R.L	Oaxaca	Comunidad de Santo Domingo del Municipio de Coatlán	Mestizo
Unión de Sociedades para la Producción Agropecuaria Sustentable A.C (UNISOPRAS)	Veracruz	Regional. Varios municipios de las regiones de Huatusco y Córdoba	Mestizo
Unión Regional de Pequeños Productores de Café Agropecuaria, Forestal de la Zona de Huatusco S.S.S	Veracruz	Regional. Varios municipios de la región de Huatusco	Mestizo
Red de Organizaciones Cafetaleras Sustentables A.C (REDCAFES)	Veracruz	Regional. Varios municipios de Chocamán, Ixhuatlán y Tepatlaxco.	Mestizo

Sociedad Agropecuaria TosepanTitataniske	Cooperativa Regional	Puebla	Municipio de Cuetzalan	Nahuas
Sociedad Pintada	Cooperativa	La Guerrero	Comunidad La Pintada del Municipio de Atoyac de Álvarez	Mestizo

Según IFOAM (2013), en 2001 la superficie total de producción orgánica en México fue de 366 904 hectáreas, la cual representa el 1.7% a nivel mundial, de éstas alrededor del 50% fueron de café (185 192 ha). Esta superficie equivale al 30 % en la producción mundial de café orgánico, considerando una superficie total de 608 385 ha.

La producción de café orgánico en el país se encuentra concentrada en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca (Figura 1) con un 91% de la producción, el 82 % de la superficie y el 80% del número de productores (Escamilla, 2007).

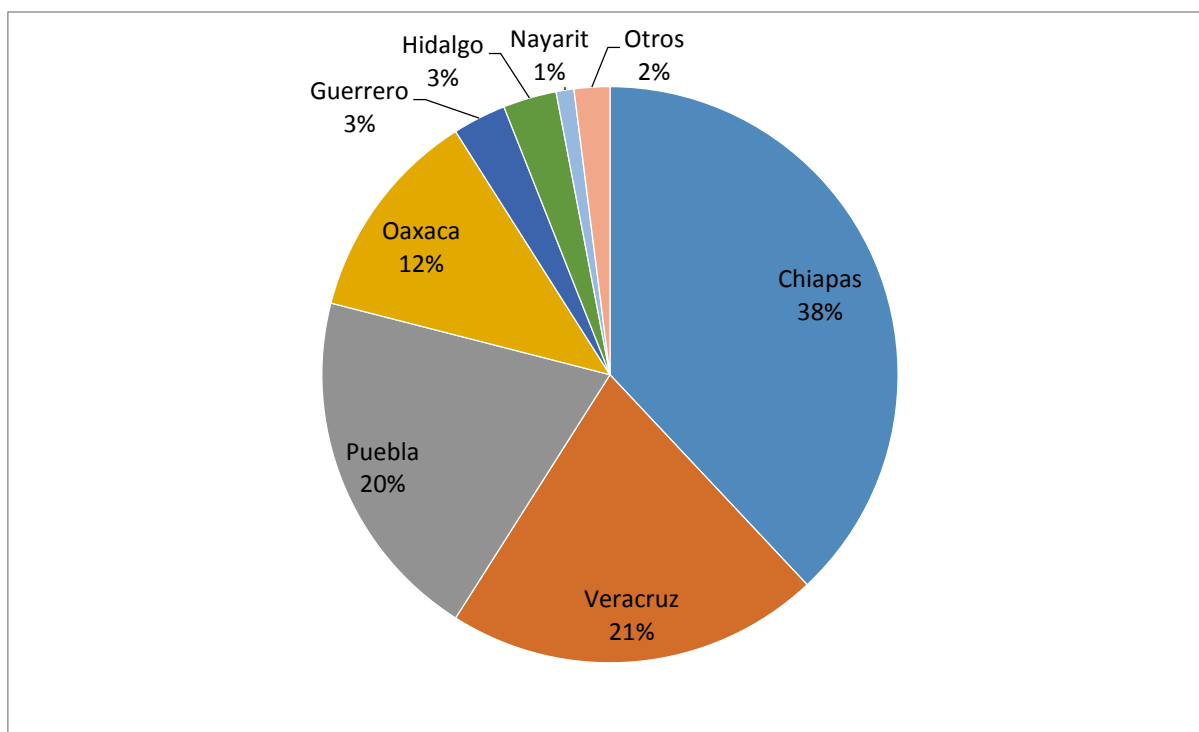


Figura 1. Producción nacional de café orgánico (Escamilla, 2007).

6.3 CONTEXTO REGIONAL

Veracruz es el segundo estado productor de café en México, con una superficie cercana a 139,000 ha y 86 mil productores, aportando una cuarta parte de la producción nacional (Escamilla y Ruíz, 2006). De acuerdo con el Plan de Innovación Veracruz 2011, el café se distribuye en diez regiones: Los Tuxtlas, Atzalan, Chicontepec, Coatepec, Córdoba, Huatusco, Misantla, Papantla, Tezonapa y Zongolica (Cuadro 3). En la zona central del estado se concentra más del 90% de la superficie cafetalera, el 73% de la cual corresponde a cafetales con menos de 5 ha, que representan al 93% de los productores. En las zonas cafetaleras del estado de Veracruz se encuentran grupos indígenas, como: los nahuas en la sierra de Zongolica, los totonacos en la región de Papantla, los otomíes y tepehuas en la región de Chicontepec y los popolucas en la región de los Tuxtlas (Plan Innovación Veracruz, 2011).

Cuadro 3. Principales Indicadores de la cafeticultura en el Estado de Veracruz

Región	Superficie Poligonizada	Superficie Declarada	Núm. Productores	de Promedio Superficie	de % Superficie
Los Tuxtlas	3,998.00	4,034.72	3,050.00	1.74	2.91%
Atzalan	11,747.68	11,928.90	8,791.00	1.42	8.60%
Chicontepec	3,349.67	3,413.52	3,372.00	2.16	2.46%
Coatepec	27,130.93	27,638.26	17,708.00	1.66	19.93%
Córdoba	21,214.74	21,236.23	13,715.00	1.87	15.31%
Huatusco	28,207.27	28,290.64	12,822.00	2.46	20.40%

Misantla	10,783.35	11,067.74	7,532.00	1.51	7.98%
Papantla	3,839.38	3,859.17	3,486.00	1.1	2.78%
Tezonapa	17,345.29	17,402.71	7,900.00	2.51	12.55%
Zongolica	9,756.21	9,804.96	7,788.00	1.52	7.07%
Total					
General	137,372.52	138,676.85	86,164.00	1.61	100%

Fuente: Plan de Innovación de la Cafecultura en el estado de Veracruz (2011)

El municipio de Chocamán pertenece a la región cafetalera de Córdoba, se encuentra ubicado en la zona central del Estado, en las coordenadas: Latitud Norte: 19°01', Longitud Oeste: 97°02'. A una altura de 1,360 metros sobre el nivel del mar. Limita con los siguientes municipios: al Norte y Noroeste con Coscomatepec, al Noroeste y Este con Tomatlán, al Sur y Sureste con Fortín, al Sur con Santa Ana Atzacan y al Este con Córdoba (Figura 2). La superficie total es de 47.0 km². Velasco (2013) comenta que la distancia aproximada de Chocamán a la capital del Estado, Xalapa, por carretera es de 146 km.

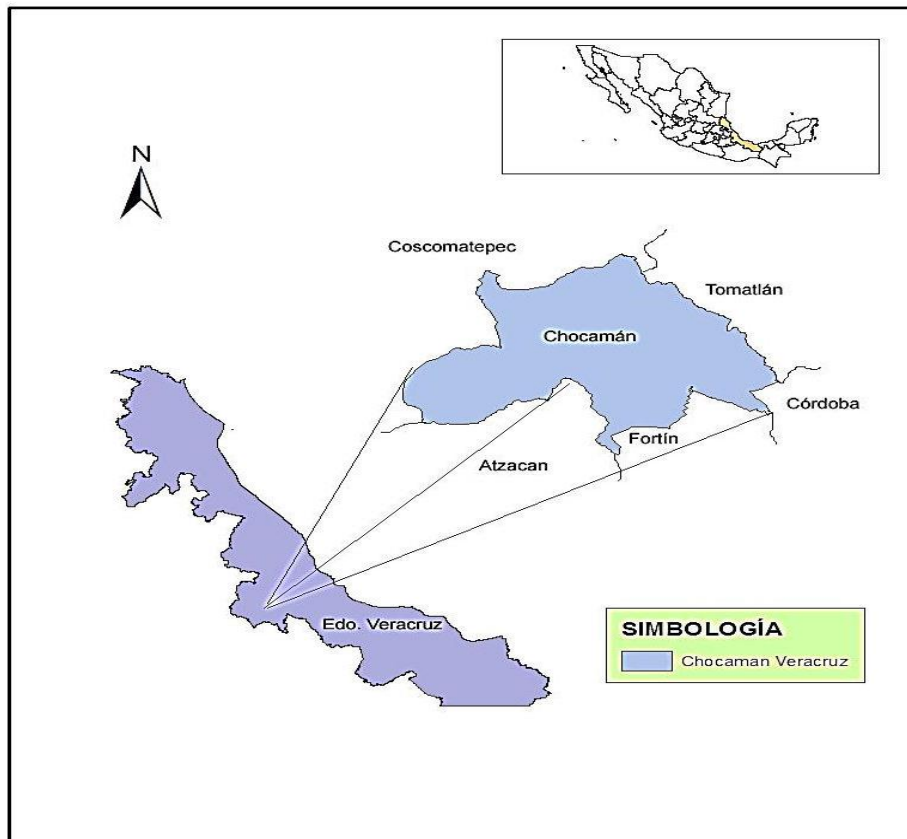


Figura 2. Área de estudio, municipio de Chocamán (Velasco, 2013).

La Región cafetalera de Córdoba es una de las más grandes, con un 15.3% de la superficie total del café en el estado, 21,236 ha de café cultivadas por 13,715 productores (Escamilla *et al.*, 2013); la cual muestra características o condiciones agroclimáticas adecuadas para la producción de café (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características Agroclimáticas de la Región de Córdoba

ELEMENTO	INDICADOR
Altitud media sobre el nivel del mar	1798
Temperatura media anual	21.7
Precipitación media anual	2250
Porcentaje de pendiente	3-15%
Fisiografía	Planicies y lomeríos de conglomerados
Suelos	Vertisoles, Luvisoles y andasoles

Fuente: Plan de Innovación de la Cafeticultura en el estado de Veracruz 2011

6.4 PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL CAFÉ

Se comienza con el corte del café cereza (granos maduros), posteriormente se llevan al beneficio húmedo donde se eliminan las impurezas, se despulpan para separar las almendras del pericarpio que las cubre, y se fermentan durante 20 ó 24 horas. Cumpliendo el tiempo establecido, se lavan y se llevan al área de secado. En el beneficio seco se realiza el trillado o morteo de los granos, para desprender la cascarrilla (pajilla) y obtener café verde u oro. Posteriormente, el café es clasificado por peso-densidad, tamaño-forma y color; según lo requiera el mercado de destino (Figura 3).

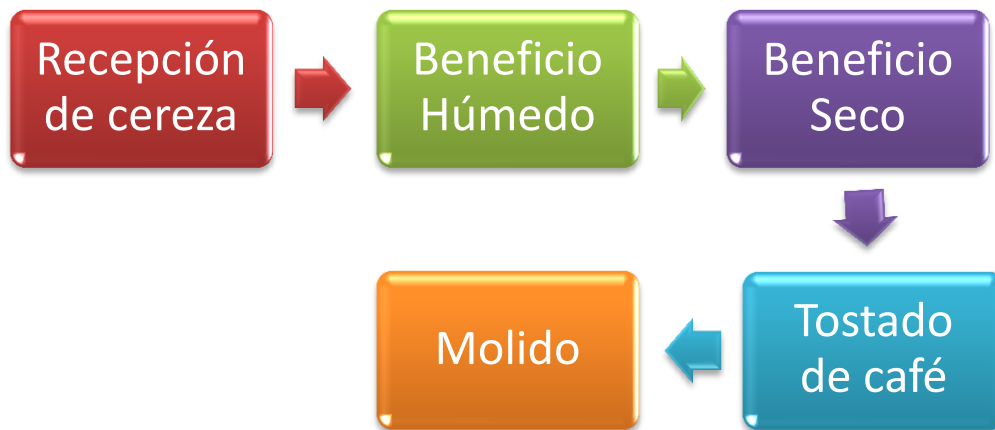


Figura 3. Proceso de transformación del café

En el proceso de tostado, el grano sufre cambios físicos y químicos complejos, comenzando con la pérdida de agua libre en la primera etapa, posteriormente en la segunda ocurren reacciones químicas (reacción de Maillard y degradación de Strecker); La reacción de Maillard se produce cuando los azúcares reductores reaccionan con aminoácidos (proteínas) para formar diversos compuestos de bajo peso molecular, compuestos de sabor y polímeros de mayor peso molecular llamados melanoidinas. La degradación de Strecker comienza con la degradación de aminoácidos a aldehídos, amoníaco, y dióxido de carbono; por la desaminación y la decarboxilación de un α -aminoácido. Cada aminoácido produce su aldehído específico, con su aroma característico. La Metionina, aminoácido que contiene un átomo de azufre, conduce a la formación de metional, bióxido de carbono, entre otros (Illy y Viani,

2005; Parliment y Stahl, 1995). Finalmente, el molido del café se realiza mediante molinos de fresas, muelas o de martillos.

6.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ

El café verde está compuesto de carbohidratos, lípidos, proteínas, alcaloides (Cafeína y Trigonelina), minerales, entre otros; durante el proceso de tueste, el contenido de los compuestos químicos cambia con respecto al grano verde (Cuadro 5). Los polisacáridos disminuyen, la sacarosa se degrada completamente, los azúcares reductores aumentan, las proteínas disminuyen, la cafeína, Trigonelina y lípidos se conservan, los ácidos aumentan, los ácidos clorogénicos disminuyen, los compuestos aromáticos y las melanoidinas se forman, dando aromas y sabores al café (Clarke y Vitzthum, 2001; Illy y Viani, 2005; Puerta, 2011).

Cuadro 5. Composición química de granos de café verde y tostado de variedad arábica

Compuesto	% en base seca	
	Verde	Tostado
Polisacáridos	49.8	38
Sacarosa	8,00	0
Azúcares reductores	0.1	0.3
Proteínas	9.8	7.5
Aminoácidos	0.5	0
Cafeína	1.2	1.3
Trigonelina	1	1
Lípidos	16.2	17
Ácidos alifáticos	1.3	1.6
Ácidos clorogénicos	6.9	3.3
Minerales	4.2	4.5

Compuestos aromáticos	0	0.1
Melanoidinas	0	25.4

Fuente: Illy y Viani, 2005; Puerta, 2011

6.5.1 Compuestos volátiles

La composición final de los compuestos volátiles del café tostado depende de varios factores. Éstos incluyen: la especie y variedad de café, condiciones climáticas y suelo durante el crecimiento, almacenamiento (después de la cosecha y tostado), tiempo y temperatura de tueste y por último el equipo utilizado para el tueste (Puerta, 2005; González-Ríos *et al.*, 2007). Petisca *et al.* (2013) identificaron compuestos volátiles y los agruparon en: pirazinas, piridinas, compuestos azufrados, pirroles, oxazoles, furanos, compuestos carbonilos y fenoles; los cuales dan impresiones del olor o aroma encontrados en el café tostado y molido, tales como: notas dulces, caramelo, especias, cereal, clavo ahumado, maíz dulce, cítrico, tostado, entre otras. En el cuadro 6, se resumen los compuestos volátiles junto a las notas aromáticas encontradas en el café tostado (Clarke and Macrae, 1985; Illy y Viani, 1995; Clarke y Vitzthum, 2001).

Cuadro 6. Compuestos volátiles con algunas notas aromáticas del café tostado

COMPUESTOS VOLÁTILES	NOTAS AROMÁTICAS
Ácidos	Vinagre, dulce, rancio, floral, mentolado, frutal, verde herbal, grasa, rancio, mohoso, terroso
Alcoholes	Floral, dulce, frutal, mohoso, tierra, tostado, verde, herbal, rancio

Aldehídos	Vinoso, miel, cocido, tostado, grasa, madera, verde, malta, ácido, fermentado, picante, dulce, herbal, papas cocidas, frutal, vainilla, picante, quemado, tostado, rancio, flores
Aminas	Desagradable, penetrante, descompuesto, pescado, amoníaco
Cetonas	Mantequilla, caramelo, dulce, miel, frutal, manzana cocida, floral, grasa, rancio, madera
Ésteres	Frutal, dulce, grasa, rancio, irritante, floral
Fenoles	Tabaco, ahumado, clavo, fenólico, quemado, caucho astringente, amargo, picante, terroso, madera
Furanos	Caramelo, paja, césped, azúcar quemado, almendra, ahumado, astringente, café tostado, frutal, carne asada, notas amargas
Hidrocarburos	Fétido, petróleo, tabaco, manteca, terroso, madera
Lactonas	Melocotón, coco, nuez, dulce, especia, quemado, grasa
Oxazoles	Almendra, leguminosas, dulce, avellana, tierra, papa, verde
Piranos	Dulce, eucalipto
Pirazinas	Chocolate, tierra, mohoso, nuez, tostado, graso, maíz dulce, alquitrán, pimentón, maní tostado, rancio
Piridinas	Amargo, astringente, caramelo, mantequilla, tostado
Pirroles	Dulce, maíz, cereal, aceite, medicinal, setas comestibles, grasa, nuez
Tiazoles	Tierra, papa, verde, nueces
Tiofenos	Cebolla, mostaza, fétido, nuez
Tioles	Café tostado envejecido, descompuesto, animal, carne asada

Entre los métodos analíticos e instrumentales usados para la separación, identificación y cuantificación de los compuestos volátiles se tiene a la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) y a la microextracción en fase sólida (SPME).

6.5.1.1 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS)

El análisis de la fracción volátil se ha realizado de manera rápida con la utilización de la GC-MS. Esta técnica puede lograr la separación e identificación de mezclas complejas en una sola operación, con ella se han identificado aproximadamente 660 compuestos volátiles en el café tostado (Rojas, 2005).

6.5.1.2 Microextracción en fase sólida (SPME)

La microextracción en fase sólida (SPME) es un método de extracción; aplicado para estudios de aroma del café por ser simple, rápido, libre de solventes y relativamente barato (López-Galilea *et al.*, 2006; González-Ríos *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2009).

Costa-Freitas *et al.* (2001) realizaron un estudio de comparación entre dos fibras de SPME para el análisis y clasificación de los compuestos volátiles presentes en el café tostado y molido, usando el método PCA para la clasificación de estos compuestos. Los resultados mostraron que la fibra Carbowax/Divinilbenzeno fue capaz de clasificar los cafés de acuerdo a su origen geográfico, mientras que la fibra Polidimetilsiloxano fue capaz de clasificarlos de acuerdo a su especie: arábigo o Robusta. González-Ríos *et al.*, (2007) identificaron 88 compuestos volátiles en el café tostado utilizando SPME-

GC/MS en tres grados de tueste. Así mismo, se utilizó olfatometría para identificar los odorantes en el café. Risticovic *et al.*, (2008) afirman que mediante la combinación de espacio de cabeza de la microextracción en fase sólida (HS-SPME) y la metodología de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas en tiempo de vuelo es posible verificar el origen geográfico y la calidad del café.

6.6 CALIDAD DEL CAFÉ

La calidad del café es el resultado de un conjunto de características agronómicas y de procesamiento, que afectan las características físicas y químicas del grano y la bebida. Tradicionalmente se ha evaluado la calidad del café a través de catadores especializados.

6.6.1 Factores que afectan la calidad

La calidad del café está determinada por múltiples factores: genéticos, condiciones ambientales, manejo agronómico, manejo postcosecha, proceso de tostado y molido, la manera de preparación de la bebida (Läderach *et al.*, 2006; Escamilla, 2007), entre otros. Läderach *et al.* (2006), comentan que la calidad del café está determinada por el ambiente y el genotipo. Por otro lado, Martínez *et al.* (2006) mencionan que la calidad que se obtiene en el campo (cosechar los frutos maduros), se puede perder al momento de beneficiarlo, almacenarlo, durante el tueste e incluso en la preparación de la bebida.

6.6.1.1 Ambientales

La calidad del café está relacionada directamente con factores del clima, entre los más importantes están: altitud, latitud, temperatura (Escamilla, 2007).

Latitud y altitud

En México la clasificación de calidades se basa en la altitud, definiendo cuatro calidades: A) <600 msnm, buen lavado, B) 600-900 msnm, prima lavado, C) 900-1200 msnm, altura y, D) >1200 msnm, estrictamente altura (Escamilla, 2007). La altitud es un factor determinante en la calidad, ya que a mayor altura sobre el nivel del mar se incrementa la densidad y dureza de los granos, así como el grado de acidez, aroma, sabor, fineza y cuerpo; estos últimos, son atributos apreciados en las bebidas (Läderach *et al.*, 2006).

Temperatura

Martínez *et al.*, (2006) y Pérez *et al.*, (2005) encontraron en Veracruz que la temperatura media influye en la calidad en taza, en aroma y acidez. Proponen una clasificación por temperatura media a que se encuentre el cultivo: A) a temperaturas mayores a 22°C se producen cafés de menor calidad; B) de 19 a 22°C son cafés de mediana calidad; y C) con temperaturas menores a 19°C se obtienen cafés de alta calidad. Martínez *et al.*, (2006) y Escamilla (2007) mencionan que la temperatura óptima oscila de 18-22°C para el café arábigo.

6.6.1.2 Agronómicos

Entre los factores agronómicos que influyen en las características de calidad encontramos: la distribución de los cafetos, el manejo agronómico de la plantación, arvenses y tipo de sombra, forma de cosechar (corte), variedad (Duicela *et al.*, 2004). Yadessa *et al.*, (2008) reportan que la mejor calidad de taza se detectó en suelos con mayores niveles de P y K disponibles, arcilla y limo. El potasio aumenta la densidad del grano y de igual manera el sabor, y el fósforo contribuye a un sabor equilibrado. Los niveles más altos de pH del suelo, Mg, Mn y Zn también se asociaron con la mejora de aroma de café.

6.6.1.3 Procesamiento

El tipo de beneficiado es un factor que determina mayormente la calidad de la bebida. Escamilla (2007) menciona que el sistema de beneficiado por vía húmeda produce cafés suaves; los cuales tienen mejor aspecto del grano, sabor suave, aroma fino y acidez agradable, cualidades de mayor calidad.

6.6.2 Análisis físico del grano

Primeramente se realiza una clasificación por tamaño, densidad, color y defectos. De acuerdo al manual de defectos de la SCAA, se clasifican en: primarios y secundarios. Los defectos primarios afectan directamente el precio del café, por lo que se consideran graves, entre ellos están granos totalmente negros o agrios, conchas o granos con pulpa. El segundo grupo son los defectos secundarios, entre ellos se

encuentran: granos quebrados, secos, parcialmente negros o agrios, blanqueados, entre otros. Cinco o más defectos secundarios forman un defecto primario.

6.6.3 Análisis químicos

Regalado (2006), González- Ríos *et al.*, (2007a) e Ignacio (2007) afirman que la calidad del café no solo se funda en las características físicas y sensoriales (organolépticas), sino también, en la composición química del grano, la cual influye directamente en la calidad final. Por otro lado, Escamilla, 2007 y Duicela *et al.*, 2009 mencionan que la composición química del grano depende de factores genéticos (variedad), y no genéticos (manejo agronómico, fertilización, altura, tipo de suelo, temperatura, beneficiado, etc.). Vázquez (2011) menciona que mediante análisis

6.6.4 Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial se miden atributos como: aroma, sabor, acidez, cuerpo y resabio (Duicela *et al.*, 2009). La buena calidad en taza se denota por neutral, limpia y redonda; mientras que una taza defectuosa da un olor áspero, mohoso y terroso. El aroma es una característica organoléptica que describe la impresión olfativa de las sustancias volátiles de un café. De acuerdo con Duicela *et al.*, (2009), el aroma de un buen café es delicado, fino, fragante y penetrante. El aroma del café varía según la altitud de la zona y el suelo, pues el contenido de magnesio favorece las características del aroma y sabor del café. La acidez se asocia con los ácidos orgánicos y al grado de tueste. La especie *Coffea arabica* produce una bebida suave que posee aroma fuerte, acidez pronunciada, cuerpo liviano a medio y poco amargor (Regalado, 2006).

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado en el municipio de Chocamán, Veracruz, perteneciente a la región cafetalera de Córdoba, localizado entre las coordenadas 19°01´ norte y 97°02´ oeste, a una altura entre 1000 y 1 360 msnm. Éste municipio, es una de las microrregiones de atención prioritaria (MAP) para el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. El municipio se dividió en tres franjas altitudinales, la primera (Zona baja) está a una altitud de 800 a 1000 msnm, la segunda (Zona Media) tiene de 1000 a 1200 msnm y la tercera corresponde a la Zona Alta, con más de 1200 msnm.

7.1 CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS

La caracterización agroecológica del predio cafetalero se hizo mediante un análisis de diversificación del extracto arbóreo (Velasco, 2013). Fueron seleccionados 3 sitios de muestreo dentro de cada parcela, identificando: tipo de sombra, arvenses, fauna y flora.

7.2 ORIGEN DE LA MUESTRA

De cada franja altitudinal se seleccionaron dos parcelas de café variedad Typica cultivadas bajo las normas de agricultura orgánica, pertenecientes a la organización Catuai Amarillo S.S.S, de acuerdo a la disponibilidad del productor para cooperar en el proyecto. De cada parcela se cosechó al azar una muestra de 30 kg de café cereza, eliminando granos verdes y pintones; dejando únicamente granos completamente rojos.

7.2.1. Identificación de la muestra

Las muestras de café se etiquetaron usando el siguiente código (Figura 4).

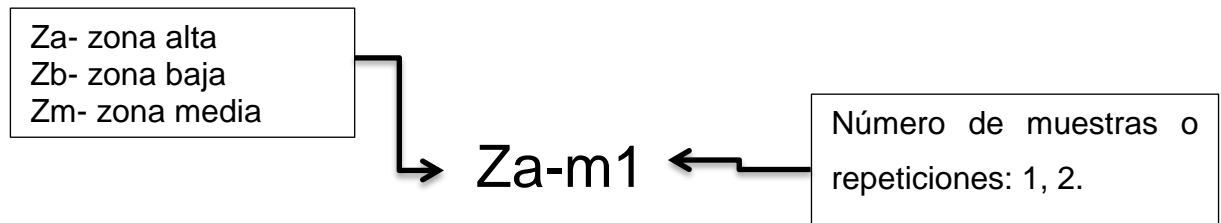


Figura 4. Codificación de las muestras.

7.2.2 Beneficiado del café

La muestra se llevó al beneficio húmedo donde se despulpó en un módulo ecológico (Marca Penagos ®); posteriormente se colocó en botes de plástico para su fermentación por 12 h, después se lavó cuatro veces para quitarle el mucilago, hasta obtener una almendra lavada y en condiciones para ser secada (Figura 5).



Figura 5. Proceso de beneficiado Húmedo

El secado del café se realizó en secadores solares tipo invernadero (Figura 6), hasta obtener las muestras de café pergamino con una humedad aproximada al 12%, de acuerdo a las referencias establecidas en la norma oficial NOM-149-SCFI-2012.



Figura 6. Secador solar tipo invernadero y camas de secado

Durante el secado; el porcentaje de humedad se monitoreó con un determinador halógeno de humedad HG63 marca METLER TOLEDO (Figura 7). La humedad se determinó mediante la metodología descrita por Mendieta *et al.*, 2011.



Figura 7. Determinador halógeno de humedad HG63, marca METLER TOLEDO

7.3 ANÁLISIS FÍSICO DEL GRANO

La calidad física: tamaño, color, uniformidad y defectos, se determinó de acuerdo a las especificaciones de la NOM- 149-SCFI-2001, Café Veracruz, al manual de defectos de la Specialty Coffee Association of America (SCAA) y la NMX-F-551-SCFI-1996.

Para evaluar el tamaño se utilizó un juego de zarandas Z13 (13/64) a Z19 (19/64). El color se determinó de acuerdo al guía de colores PANTONE. El porcentaje de grano uniforme (GU) se calculó por diferencia con el grano no uniforme (GNU), donde:

$$\%GNU = \frac{mg}{250} \times 100 \quad y \quad \%GU = 100 - \%GNU$$

Dónde:

%GNU= por ciento de granos no uniformes.

mg= masa de granos de diferente coloración.

250= tamaño de la muestra.

%GU= por ciento de granos uniformes.

Los defectos totales se evaluaron de acuerdo a las normas antes mencionadas.

7.4 TOSTADO DE CAFÉ

El tostado de café se realizó en una tostadora PROBAT Inc. PROBATino (Type PROBANE, Brazil) con capacidad de 1 kg; con una temperatura de precalentamiento inicial de 230°C, utilizando una flama de intensidad 6, el tiempo aproximado fue de 8 ± 2 min y una temperatura promedio final de $212 \pm 3^\circ\text{C}$ (Figura 8).



Figura 8. Tostadora PROBAT Inc. PROBATino

Se obtuvo un tostado medio No. 55 en la escala AGTRON- SCAA (1995), registrando el aumento de volumen, pérdida de masa y tiempo de tostado.

7.4.1 Medición de color

Para determinar el color se utilizó un Colorímetro Hunter Lab ColorFlex (MiniScan XEPlus) Reston, Virginia, U.S.A. y se calcularon los parámetros L^* , a^* y b^* (Figura 9), así como el ángulo matiz y cromaticidad, de acuerdo a González-Ríos *et al.*, 2007.

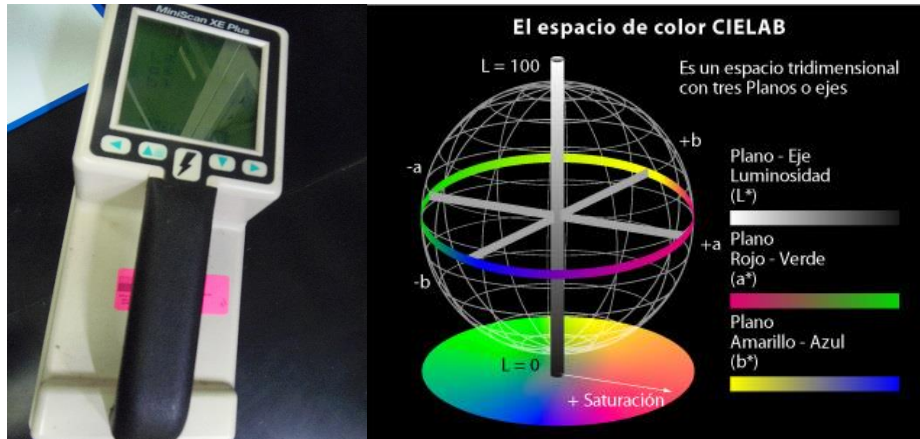


Figura 9. Colorímetro HUNTER LAB. ColorFlex y Espacio de color CIELAB

Dónde:

- L^* mide el grado de luminosidad (0 / + 100).
- a^* el grado de coloración rojiza a verde (+ 100 /-80).
- b^* el grado de coloración amarilla hacia azul (+70/-80).

7.5 ANÁLISIS QUÍMICO

7.5.1 Análisis proximal

Se cuantificó el contenido de humedad, cenizas totales, extracto etéreo y proteína, de acuerdo a los métodos de análisis oficiales establecidos por la Association of analytical communities (AOAC, por sus siglas en ingles). La determinación de cafeína se realizó en base a la norma ISO/DIS 20481 y la determinación de fosforo (P) mediante la utilización de espectrofotómetro de uv/visible.

7.5.1.1 Determinación de cafeína

El análisis de cafeína se realizó mediante la técnica de la norma ISO/DIS 20481, mediante el método rápido de cuantificación por Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (modelo LC1650 GBC), empleando una fase móvil de metanol- agua (30:70 v/v) (Figura 10).

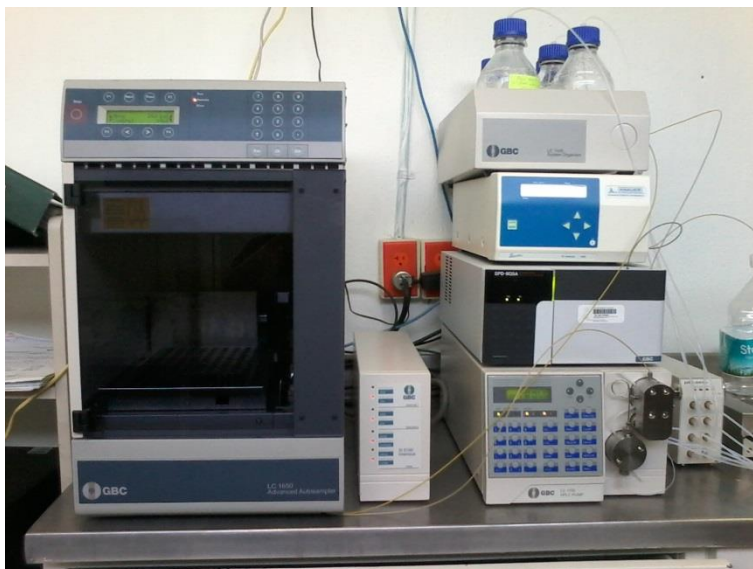


Figura 10. Cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) modelo LC1650

7.5.1.2 Determinación de fósforo

Para la determinación de fósforo en las muestras de café, se utilizaron los residuos de la determinación de ceniza, se le agregó 1mL de ácido clorhídrico (HCl) al 0.1N, se depositó en un tubo de ensaye y se le agregó 9 mL de agua destilada y se dejó reposar por 24 h.

Pasado el tiempo establecido se realizaron disoluciones, primero con una mezcla de dicloromolibdeno como soluciones patrón en cinco diferentes concentraciones, con el

objetivo de crear una curva de calibración con una coloración amarilla (Figura 11). Se colocó 1 mL de la muestra de café agregando 7.5 mL de la mezcla preparada y se aforó con agua destilada.



Figura 11. A) Tubos de ensaye con cenizas y ácido Clorhídrico 0.1N.

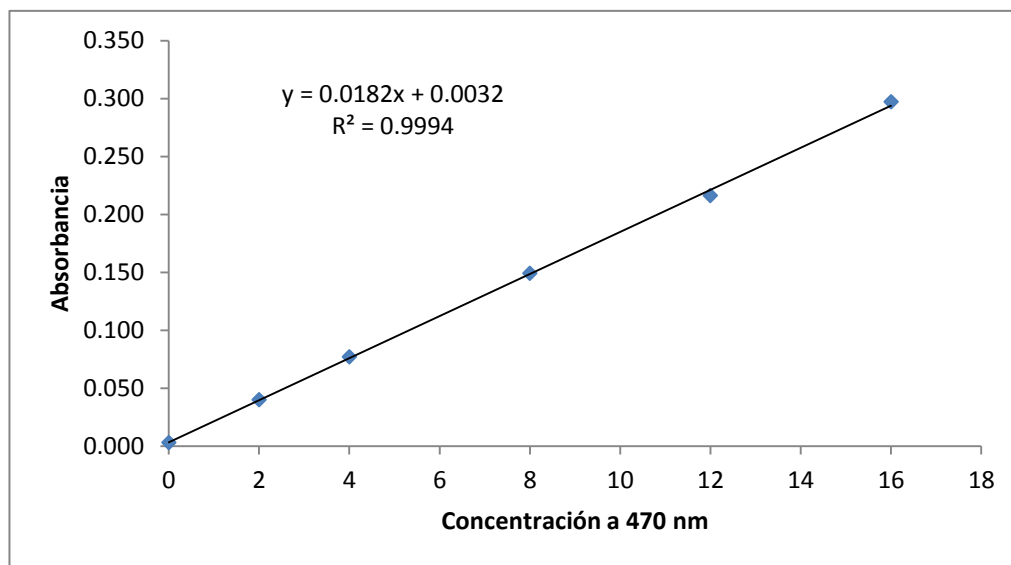


Figura 11. B) Curva de calibración de la solución patrón de dicloromolibdeno

Las lecturas se realizaron en el espectrofotómetro de UV/Visible (Thermo electron co., GENESYS 10 uv scanning) calibrándolo a 470 nm (Figura 12).



Figura 12. Espectrofotómetro UV/Visible, marca GENESYS

7.5.2 Métodos Instrumentales

Mediante la utilización de métodos instrumentales, tales como: cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/MS), y la utilización de la microextracción en fase sólida (SPME), se identificaron los compuestos orgánicos relacionados con la composición de las muestras (Rojas, 2005; Vázquez, 2011).

7.5.2.1 Microextracción en fase sólida, espacio de cabeza (SPME-HS)

Los compuestos volátiles se extrajeron mediante la técnica de microextracción en fase sólida (SPME-HS), empleando una fibra bipolar de 50/30 μm divinilbenceno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS, fibra gris). Se utilizó el sistema manual de SPME integrado por un soporte semejante a una jeringa modificada (holder), donde se alojó la fibra. Para realizar la extracción se colocaron 1g de muestra

de café molido en un vial de vidrio de 10 mL, que fue sellado herméticamente a presión con una tapa metálica y septa de silicón blanco. El vial más la muestra se sometió a 40°C durante 30 min para establecer el pre-equilibrio. Posteriormente, la fibra se expuso al espacio de cabeza de la muestra por 10 min. Transcurrido el tiempo de extracción, la fibra se desorbió térmicamente durante 5 min en el puerto de inyección del Cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC/MS). Previamente a cada extracción, la fibra fue sometida a un proceso de limpieza térmica en el puerto de inyección de un Cromatógrafo de gases (30 min con 200°C) para eliminar cualquier contaminación causada por extracciones previas. Las extracciones se realizaron por triplicado.

7.6.2.2 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/MS)

Las muestras de café se analizaron en un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS-6890/5975 de Hewlett Packard Agilent Technologies, Wilmington, De., USA). El GC-MS se equipó con una columna Innowax (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm) de polaridad intermedia. El gas de arrastre utilizado fue Helio de alta pureza con un flujo constante de 1,5 mL/min dentro de la columna (Innowax.). El inyector operó a 250°C en el modo de sin división de flujo (splitless), con el programa del horno a 44°C mantenidos por 3 min, con aumentos de 3°C/min hasta 170°C, seguido de incrementos de 8°C/min hasta 230°C. El detector selectivo de masas con sistema de ionización por impacto electrónico a 70 eV (electrón Volt), a una temperatura de 230°C en la cámara de ionización, en un rango de masa de 40 a 400

amu (unidad de masa atómica, siglas en inglés), a una temperatura de línea de transferencia de 240°C (Rojas, 2005; González-Sánchez *et al.*, 2011).

La identificación de los compuestos volátiles de las muestras de café se llevó a cabo por comparación con los espectros de masas de la librería NIST 5.0/EPA/NIH (versión 2.0 d) que se encuentra instalada en el equipo Cromatógrafo de gases Agilent Technologies (GC modelo 6890) acoplado a un detector de espectrometría de masas de la misma marca (MS modelo 5975).

7.6 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de las muestras de café se realizó de dos maneras: la primera por un catador certificado Q, mediante la metodología descrita por la SCAA y la segunda por un panel de catación, mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA). Cada una de las muestras se evaluó con seis repeticiones. Los descriptores que utilizó el catador fueron aroma, acidez, cuerpo, aspecto del tostado, daños, calidad en taza y comentarios en taza. El QDA se basó en intensidad aromática, calidad aromática, cuerpo, acidez, amargor, astringencia, y notas que resalten. A cada descriptor se le otorgó una calificación diferente dependiendo de la escala de intensidad en que se medía. Las notas agradables o desagradables se registraron en el formato como observación. El tueste que se utilizó fue medio No. 55 (Agtron-SCAA).

7.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

La cosecha, el procesamiento y la evaluación de las muestras se realizó utilizando diseños completamente al azar. Para los análisis físicos, químicos y sensoriales se realizó el análisis de varianza (ANOVA) seguida de una separación de medias con Tukey ($p \leq 0.05$). Para el estudio de relaciones se utilizó un análisis discriminante.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se describen los principales resultados obtenidos en esta investigación, desde la caracterización de los predios hasta los análisis físicos, químicos y sensoriales del café orgánico de las tres franjas altitudinales de Chocamán, Veracruz.

8.1 CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA

En los sitios de muestreo se encontraron Ixpepe (*Trema micrantha*), cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*), fresno (*Fraxinus excelsior* L), chalahuite (*Inga* spp.), plátano (*Musa paradisiaca*), higuierillas (*Ricinus communis* L.), helechos (*Pteridium aquilinum* L.), utilizados principalmente dentro de la finca como sombra a diferentes estratos (Cuadro 7). La fauna visible fue: conejos (*Sylvilagus floridanus*), tlacuaches (*Didelphys marsupialis*), hormigas (*Formica* Spp), ranas (*Rana berlandieri*), lagartijas (*Sceloporus variabilis*), falso coralillo (*Scaphiodontophis annulatus*), tlaconetes (*Bolitoglossa rufescens*), lombrices de tierra (*Lumbricus terrestris*) y algunas aves.

Cuadro 7. Caracterización agroecológica de las muestras de café.

Muestra	Área muestreada (Ha)	Altitud msnm	Tipo de suelo	Árboles de sombra	Nivel de estrato
Za	6	>1200	franco arcillo/franco	Cedro, Vainillo, Chalahuite, Macadamia, Fresno	3
Zm	2	1001-1200	arcillo/franco franco-arcilloso	Ixpepe, Cedro rosado, Plátano, Vainillo, Aguacate	3

Zb	6	800-1000	arcilloso franco- arcilloso	Ixpepe, Cedro rosado, Plátano, Higuerilla, Vainillo	3
-----------	---	----------	-----------------------------------	--	---

De acuerdo a lo observado y a los productores, el tipo de suelo encontrado en los sitios de muestreo fue arcilloso y franco-arcilloso de origen volcánico, que corresponde al tipo Andosoles y Litosoles, según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB, 2007). Esto coincide con lo reportado por Velázquez (2011) para el municipio de Chocamán, Ver., quien afirma que los suelos son andosoles volcánicos con pH de 5.5; y según Pérez *et al.* (2005) este tipo de suelo está asociado a las notas achocolatadas encontradas en las muestras de zona alta (Za).

8.2 ANÁLISIS FÍSICO AL CAFÉ VERDE

Al analizar el tamaño del grano se encontró que más del 75% quedó en las mallas 15/64 o superiores para las 3 zonas, coherente con lo reportado para el grano de la variedad Typica e indicando que se trata de café de altura y estrictamente altura. En cuanto a la forma del grano, la muestra Zm tuvo una cantidad significativamente menor de planchuela, que puede atribuirse a factores genéticos y ambientales. El color de las muestras, de acuerdo con la guía de colores de Pantone, fue 5763C (verde claro) en la muestra Zb y para la Zm y Za fue el color verde azulado correspondiente al 5753C. El color de las tres altitudes corresponde a color fino y muy fino. Estos resultados son indicativos a la altura y a las buenas prácticas de beneficiado (González-Ríos *et al.* 2007a; Carvajal-Herrera *et al.*, 2012).

Cuadro 8. Resultados del análisis físico al café verde por franja altitudinal.

Parámetro	Tamaño (g sobre 15/64)	Forma (g de planchuela)	Color (Pantone)	Uniformidad	Defectos totales
Zb	318.8±8.5 ^a	282.5±4.9 ^a	5763C	homogéneo	17±4.2 ^a
Zm	329±8.5 ^a	252.5±0.7 ^b	5753C	homogéneo	14±4.2 ^a
Za	330.5±8.5 ^a	287.3±9.6 ^a	5753C	homogéneo	5.5±4.2 ^a

*Medias con letras iguales en las filas significa que no hay diferencia significativa entre ellas (Tukey, 0.05)

La uniformidad del grano y el color fueron homogéneos (tipo 1 >95%), de acuerdo con la NOM-149-SCFI-2001 y la NMX-F-551-SCFI-2008. En los defectos totales no hay diferencia significativa entre muestras (Cuadro 8), el tipo de defecto que predomina son los llamados defectos secundarios, que según el manual de defectos de la SCAA, son causados por manejo mecánico y malas prácticas de beneficiado. El mayor porcentaje de defectos en las tres alturas corresponde a granos quebrados y parcialmente agrios o negros, que puede atribuirse al beneficiado húmedo.

8.3 TOSTADO DE CAFÉ

En las muestras de las tres franjas altitudinales el aumento en el porcentaje de volumen fue superior al 50%, indicando que la humedad del grano y la temperatura fueron óptimas para la expansión del grano. La muestra de Za tuvo una pérdida de peso del 14.5% significativamente diferente a la Zm 16.7% y a la Zb de 16.8%. La pérdida de peso en Za difiere un poco de lo reportado por Bonnländer y Eggers (2005), quienes afirman que para un tueste medio es de 15 a 18%; mientras que González-Ríos *et al.* (2007a) consideran que la pérdida de peso debe ser del 14.2± 0.7% para un tueste

medio, coincidiendo con lo encontrado para la Za; aunque ninguno de los autores anteriores hacen referencia al origen del grano.

Cuadro 9. Características de color en café tostado a diferente altura

Parámetro	Zona Altitudinal*		
	Zb	Zm	Za
Pérdida de peso (%)	16.8±0.24 ^a	16.7±0.24 ^a	14.5±0.24 ^b
Aumento de volumen (%)	61.1±0.82 ^a	60.4±0.82 ^a	53.9±0.82 ^b
L* (Luminosidad)	24.0±0.42 ^a	24.3±0.42 ^a	22.7±0.42 ^a
Croma	14.7±0.68 ^a	14.6±0.68 ^a	15.4±0.68 ^a
Hue	1.1±0.03 ^a	1.1±0.03 ^a	1.2±0.03 ^a

*Medias con letras iguales en las filas significa que no hay diferencia significativa entre ellas (Tukey, 0.05)

8.4 ANÁLISIS QUÍMICO

8.4.1 Análisis proximal

El contenido de humedad del café tostado en las muestras de las tres altitudes no presenta diferencias significativas, indicando homogeneidad en el tostado. El promedio del contenido de cenizas fue de 21±0.74, no se encontró diferencia significativa entre muestras con respecto a la altura. El contenido de cafeína se cuantificó en el min 5 ±2 en los cromatogramas de HPLC; sin presentar diferencias significativas entre las

diferentes altitudes, posiblemente porque pertenecen a la misma variedad de cafés arábigos. Los niveles de proteína fueron alrededor del 17% para las tres franjas altitudinales.

El análisis proximal demuestra que no es posible determinar diferencias en el café tostado de la variedad Typica, cultivado a diferentes altitudes en el municipio de Chocamán, Veracruz; como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Análisis proximal del grano de café tostado de tres franjas altitudinales, porcentajes en base seca

Parámetro	Zona altitudinal		
	Zb	Zm	Za
% Humedad	0.085 ^a	0.080 ^a	0.086 ^a
% Cenizas	21.09 ^a	21.87 ^a	21.32 ^a
% Cafeína	1.11 ^a	1.11 ^a	1.12 ^a
P (mg Kg ⁻¹)	1177 ^a	1155 ^a	1210 ^a
% Proteína	17.05 ^a	17.65 ^a	17.12 ^a
% Grasa	16.85 ^a	16.63 ^a	16.03 ^a

*Medias con letras iguales en las filas significa que no hay diferencia significativa entre ellas (Tukey, 0.05)

8.4.2 Métodos Instrumentales

Los compuestos orgánicos volátiles de las muestras, por franja altitudinal en el municipio de Chocamán, Veracruz se muestran en el Anexo 1, indicando tiempo de retención (s) y el área de los compuestos identificados (unidades de área).

8.4.2.1 Compuestos volátiles

Se identificaron 93 compuestos volátiles en la muestra Zb, 95 compuestos en la Zm y 99 compuestos volátiles en la Za, utilizando la combinación de HS-SPME acoplado a GC-MS para la identificación; aunque en el cuadro 11 sólo se presentan aquellos compuestos cuya variación (aumento o disminución) es acorde al cambio de altura.

Cuadro 11. Compuestos aromáticos identificados en las tres franjas altitudinales (área y tiempo de retención)

No.	Tiempo de retención (s)	Compuesto aromático	Área (unidades de área)		
			Zb	Zm	Za
1	5.10	Acetato de metilo	0 ^a	0 ^a	268331 ^b
2	5.66	2-metil furano	442733 ^b	213002 ^a	144057 ^a
3	6.15	2-butanona	161640 ^b	80151 ^a	79229 ^a
4	6.79	Alcohol etílico	0 ^a	0 ^a	272264 ^b
5	13.23	1-metilpirrol	144373 ^a	122680 ^{ab}	90303 ^b
6	18.07	Estireno	130647 ^a	145007 ^a	292029 ^b
7	18.96	2-metiltetrahidrofuran-3-ona	68298 ^a	62217 ^a	53364 ^a
8	20.23	1-hidroxi-2-propanona	2934767 ^a	2990937 ^a	3564361 ^a
9	26.36	Ácido isobutírico anhidro	167124 ^a	178271 ^{ab}	208183 ^b
10	26.97	Ácido acético	6753088 ^a	8177600 ^{ab}	11013875 ^b
11	28.35	2,3,4-trimetil-2-ciclopenten-1-ona	0 ^a	0 ^a	112310 ^b
12	30.24	2,3-Butanodiol	0 ^a	0 ^a	975941 ^b
13	33.62	2-formil-1-metilpirrol	1772691 ^a	1761487 ^a	2174494 ^a
14	36.52	3-tiofenaldehído	358147 ^a	297448 ^{ab}	276658 ^b
15	42.17	2,5-dihidro-3,5-dimetil-2-furanona	524919 ^a	523609 ^a	479052 ^a
16	42.57	2-metoxi fenol	780484 ^a	805336 ^a	1208050 ^a
17	46.12	Furfuril éter	388850 ^a	276399 ^b	224032 ^b

18	47.27	4-etil-2-metoxi fenol	171880 ^a	150022 ^{ab}	114057 ^b
19	50.54	2-metoxi-4-vinilfenol	1403631 ^a	1034503 ^b	851820 ^b
20	51.64	2-(2-furil) pentanal	117330 ^a	114165 ^a	74198 ^b

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 11 se muestran los compuestos volátiles, los cuales se ven influenciados por la altura. De los veinte presentados en el cuadro anterior, diez de ellos están en mayor cantidad en la Za, tales como: acetato de metilo, alcohol etílico, estireno, 1-hidroxi-2-propanona, ácido isobutírico anhidro, ácido acético, 2,3,4-trimetil-2-ciclopenten-1-ona, 2,3-butanodiol, 2-formil-1-metilpirrol, 2-metoxi fenol. Estos compuestos se les atribuyen aromas relacionados a intensidad aromática con notas a caramelo, a chocolate, miel, chabacano o melocotón, acidez ligera (Illy y Viani, 1995; Schenker *et al.*, 2002). González-Ríos *et al.* (2007) observan que en el café arábigo con tueste medio, el principal grupo de compuestos volátiles son los furanos, seguido de cetonas, alcoholes, ácidos, pirazinas, piridinas y pirroles.

Por otro lado, en la muestra Zb se encontraron en mayor proporción compuestos del grupo de furano, pirroles, hidrocarburos, aldehídos, pirazinas, de los cuales resaltan y son responsables de las notas a mentol, caramelo, madera, fresca, añejo y ligera astringencia encontradas en las evaluaciones sensoriales; estos compuestos son: 2-metil-furano, 2-butanona, 1-metilpirrol, 2-metiltetra hidrofuran-3-ona, 3-tiofenaldehído, Furfuril éter, 4-etil-2-metoxi fenol, 2-metoxi-4-vinilfenol, 2-(2-furil) pentanal (González-Ríos *et al.*, 2007b; Costa-Freitas *et al.*, 2001) (Figura 13); al grupo de los furanos se le atribuyen aromas agradables y hasta cierto punto dulces, según lo reportado por González-Ríos *et al.*, (2007b) que el descriptor de olor para el grupo de furanos es almendra, caramelo, tostado dulce, café, aromas agradables; estos compuestos

furánicos se generan en la etapa de tostado como consecuencia de la reacción de Maillard de los compuestos glucosídicos (pentosas y hexosas); las cuales tienen mayor impacto en el aroma del café (Mayer *et al.*, 2000). Los descriptores del grupo de las pirazinas son los aromas a café tostado, efecto provocado por la reacción Maillard en la deshidratación de los carbohidratos con otros compuestos orgánicos, donde se forman las melanoidinas y estas a su vez dan ese olor característico a café tostado.

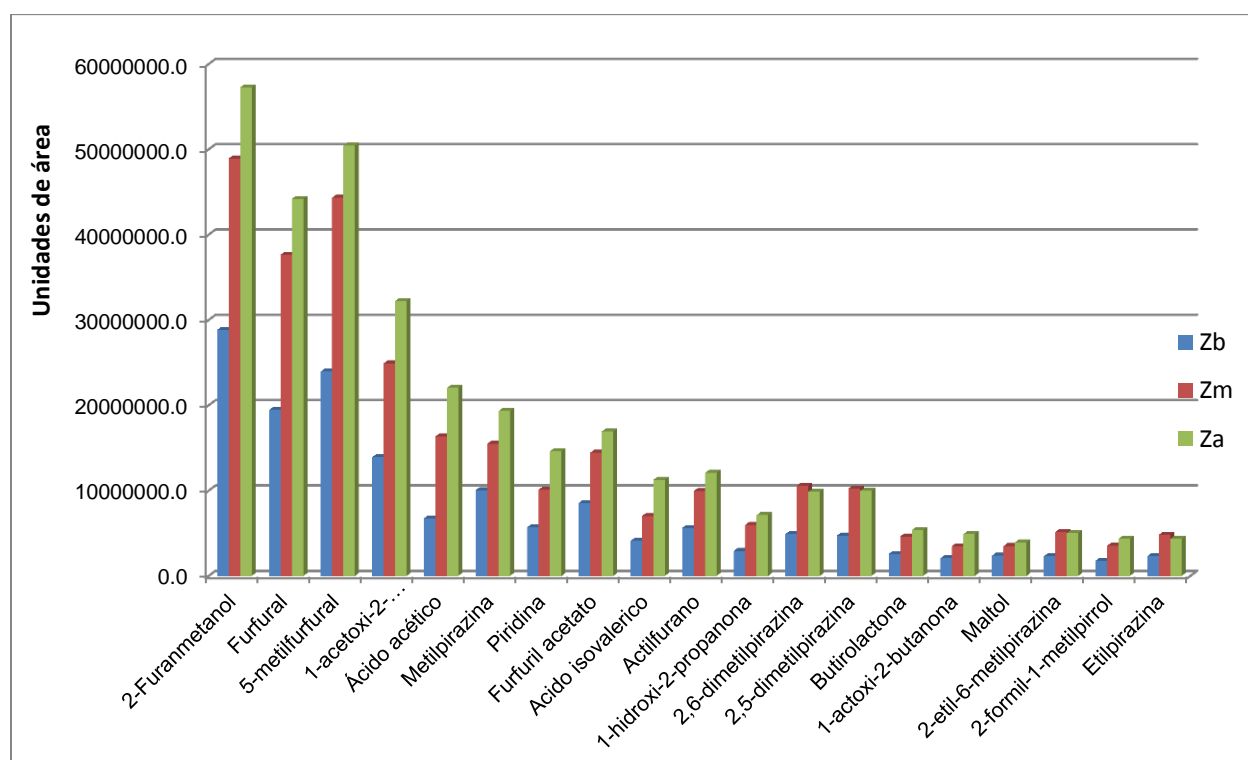


Figura 133. Principales compuestos orgánicos volátiles presentes en muestras de diferente altura.

Dentro de los compuestos con mayor área en las muestras a diferente altura, se encuentra el ácido acético en el cual se observa con un área del pico de 22027750.7 unidades de área en la muestra de zona alta, el cual se le atribuye al beneficiado; este

compuesto da como resultado un aroma a vinagre o agrio (González-Ríos *et al.*, 2007; Mayer y Grosch, 2001).

En diez compuestos no existe diferencia significativa entre muestras, estos compuestos pertenecen al grupo de las pirazinas, furanos, pirroles; estos a su vez son responsables de aromas y sabores característicos del café, tal como: aroma tostado, dulce, aroma fresco agradable. Por el contrario, se encontró diferencia significativa en nueve compuestos, 2-furanmetanol, Furfural, 1-acetoxi-2 propanona, ácido acético, piridina, ácido isovalerico, butirolactona, 1-actoxi-2-butanona, maltol.

El compuesto que influyó de manera notable la altura fue en el ácido acético, el cual muestra que a mayor altura mayor cantidad de ácido acético la cual se le atribuye acidez al café. Los compuestos restantes se les atribuye a la intensidad aromática, lo cual resulta que a mayor altura el café tiende a ser más aromático; sin embargo, el café de la zona baja y media de acuerdo a la evaluación sensorial tienen la misma calificación en intensidad aromática.

El compuesto 3-hidroxi-2,3-dihidromaltol se encuentra en dos muestras (Zm y Za), el cual según Cacho (2006), nos da un aroma a caramelo en taza, esta característica de dulzor se le puede atribuir a cafés de altura superiores a los 1000 msnm; por el contrario, observamos que en la muestra Zm y Za se encuentra el compuesto eugenol en pequeña proporción, de acuerdo con la literatura, el eugenol dentro del grupo de los fenoles el cual tiene como descriptor de olor a clavo (especia). En tercer lugar se

presenta el acetato de metilo únicamente presente en la Za, este compuestos tiene aroma (descriptor de olor) agradable (González-Ríos *et al.*, 2007b) y a fruta (Cacho, 2006); el alcohol etílico (etanol) se presentó en la Za; se le atribuye que la presencia del compuesto está directamente relacionada con la altura, estas muestras están cultivadas por arriba de 1300 msnm con un aroma dulce (González-Ríos *et al.*, 2007). Según Rojas (2005) dice que el compuesto 2,3- Butanodiol tiene aroma a mantequilla, agradable, picante; este compuesto está presente en la muestra Za, lo cual observamos que estas muestras presentan compuestos aromáticos positivos agradables indicio de que son cafés de calidad (Figura 14).

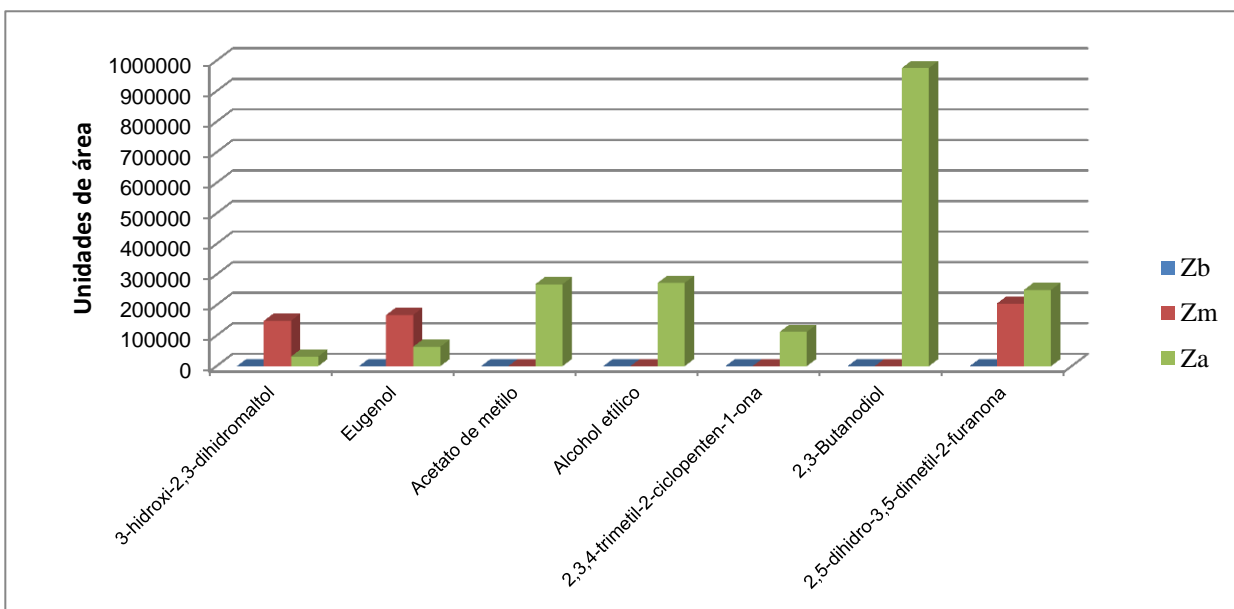


Figura 14. Compuestos orgánicos volátiles identificados diferente proporción por altura.

8.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

En el cuadro 12 se muestran las calificaciones para las tres muestras con respecto al análisis descriptivo que se realizó mediante un panel de jueces. Utilizando una escala de 0 a 5, donde, 0="ausencia total del atributo" y 5="presencia total del atributo", así mismo se le asignó una calificación final, la cual representa la calidad en una escala de 5 puntos. Se observa que la Za obtuvo la mayor calificación, teniendo las mayores calificaciones en intensidad aromática, calidad aromática, cuerpo y acidez, lo cual se le atribuye a los compuestos volátiles del grupo furano o furánicos los que son responsables de los aromas agradables, dulces con notas a especias.

Por el contrario, la Zb registra las calificaciones menores en comparación de la Zm; esta disminución de la percepción sensorial se le atribuye a la altura, químicamente se comprueba con la identificación de 93 de los 99 compuestos identificados en la Za. La figura 14 muestra que no hay presencia de los siete compuestos en la Zb, los cuales originaron aromas u olores agradables a la bebida; por el contrario, el compuesto identificado como ácido acético se presentó en mayor cantidad en la muestra ZA. Según lo reportado en la NOM-149-SCFI-2001, las calificaciones que se obtuvieron en el análisis sensorial corresponden a dicha altura, teniendo un realce en la muestra de Za en una altura promedio de 1350 msnm; por lo cual, independientemente de la altura la calificación baja se le puede atribuir al manejo agronómico.

Cuadro 122. Calificaciones del perfil sensorial aplicado por un panel entrenado con escala cinco puntos (0=ausencia total del atributo, 5=presencia total del atributo)

ATRIBUTO	Zb	Zm	Za
Intensidad Aromática	3	3	4
Calidad Aromática	2	3	4
Cuerpo	2	3	4
Acidez	2	3	4
Amargor	1	1	1
Astringente	1	1	1
Agrio	0	0	0
Afrutado	0	0	0
Resabio	1	1	1
Calificación final	1.33	1.67	2.11

En contraste con los resultados del análisis descriptivo se realizó un análisis sensorial independiente realizado por un catador certificado Q; el cual se basó en el protocolo de la SCAA (2003) a una escala de cinco puntos en los atributos evaluados (Cuadro 13).

Cuadro 133. Calificaciones del perfil sensorial aplicado por un catador Q con escala cinco puntos (0=ausencia total del atributo, 5=presencia total del atributo)

ATRIBUTO	Zb	Zm	Za
Aroma	3	4	5
Acidez	2	3	4
Cuerpo	2	3	3
Aspecto tostado	2	2	2
Daños	0	0	0
Calidad en taza	5	5	5
Comentarios	Ligera astringencia, sabor amaderado, añejo	Ligera astringencia, notas a mentol y frescura	Aromas cítricos y achocolatadas, sabor dulce (chabacano), ligera aspereza en el fondo

En el cuadro 13 se muestran los comentarios que hizo el catador sobre las notas o sabores que encontró en cada muestra. En la muestra Zb se apreció el sabor amaderado y añejo, estos sabores se les atribuye a las cetonas, hidrocarburos, fenoles y aldehídos. En la muestra Zb se encontraron notas a mentol y a frescura, estas se le atribuyen a los ácidos y a los piranos del café tostado; por el contrario, en la muestra Za las notas detectadas fueron achocolatadas, aromas cítricos y sabor dulce, los compuestos responsables fueron pirazinas, lactonas, furanos y ácidos. La ligera astringencia que se encontró en las muestras Zb y Zm se le atribuye a las piridinas.

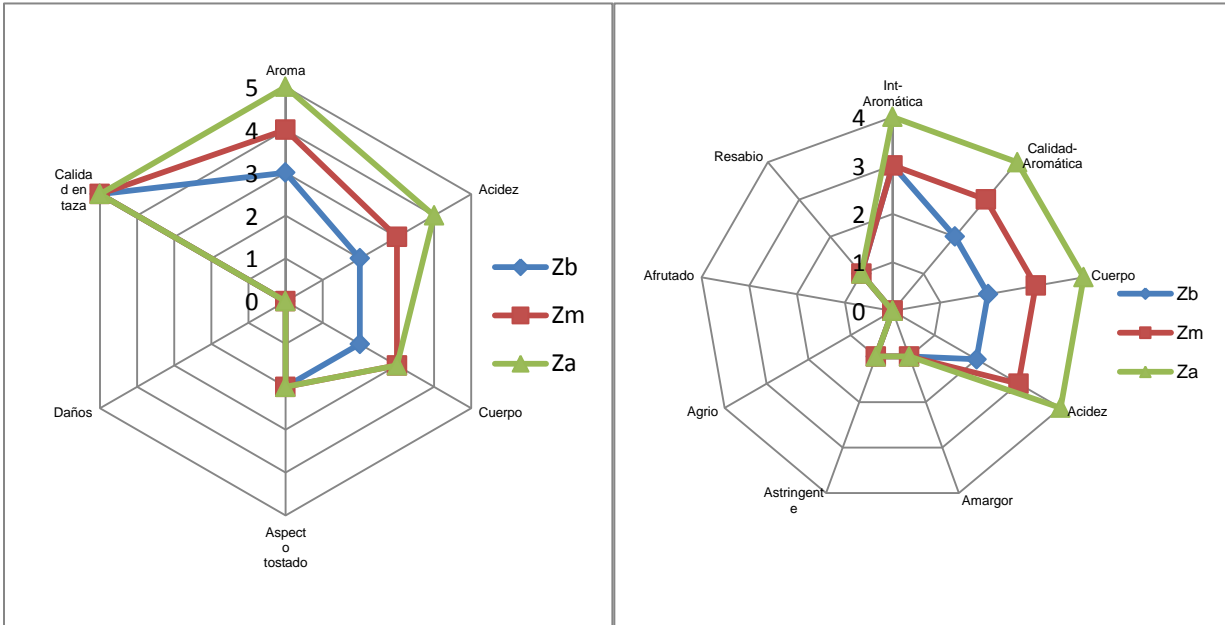


Figura 15. Comparación de pruebas sensoriales a tres diferentes alturas

En la figura 15 se muestra la comparación de dos pruebas (panel sensorial y catador). Se observa que en ambas pruebas la muestra con mejor calidad sensorial fue la muestra Za. Los resultados que arrojaron el panel de catación afirma que la Za superó a las muestras restantes con la mayor puntuación de detección de cuerpo; así mismo, los jueces y el catador afirman que detectaron aromas a cítricos, sabor dulces como a chabacano o melocotón, con un ligero resabio áspero.

En las muestras Zm y Za, encontraron notas aromáticas a mentol, fresca, tazas sanas y balanceadas; esto se refiere a que los atributos corresponden a una calificación regular; embargo, se identificó que al probar el café a una temperatura por debajo de los 30°C los atributos se confunden con daños.

Finalmente, la muestra Zb presentó aroma, acidez y cuerpo ligero, tazas sanas, ligera astringencia la final y sabores amaderado, añejo. Los posibles daños se le atribuye al beneficiado, y la ligera intensidad en aroma, acidez y cuerpo se lo atribuimos principalmente, a la altura y a compuestos orgánicos no presentes en las muestras. Eroles (1985) dice que la altura es un factor determinante para el cuerpo, afirma que a mayor altura el cuerpo completo y pronunciado, en cambio cafés de baja altura genera cuerpo ligero a escaso. Algunos otros, le atribuyen los defectos o la ligera intensidad al tueste del grano, en cambio en esta investigación no es importante el efecto ya que se cuidó en grado de tostado. Por otro lado, Gareca *et al.*, (2011) relacionan el sabor con el contenido de magnesio; el cual favorece el aroma y puede variar dependiendo de la altura en que se encuentre el cultivo.

IX. CONCLUSIONES

El tamaño, color, uniformidad y defectos totales del café arábigo orgánico en el municipio de Chocamán, Veracruz; no varían con la altura (msnm) al que están las plantaciones. La única característica de calidad que varía, por estar asociada a la edad de los cafetos, es el porcentaje de planchuela.

No es posible determinar diferencias de calidad en el café orgánico de la variedad Typica, cultivado a diferentes altitudes en el municipio de Chocamán, Veracruz; usando técnicas de la AOAC en el análisis proximal.

La calidad del café arábigo orgánico en el municipio de Chocamán, en cuanto al contenido de compuestos volátiles, varían con la altura. Mediante la combinación de HS-SPME acoplado a GC-MS, se identificaron para la Zb 93 compuestos volátiles, para la Zm 95 compuestos y para la Za 99 compuestos volátiles, respectivamente.

La calidad sensorial del café arábigo varía dependiendo la altura en la que se encuentre cultivado. En las dos evaluaciones se demostró que la altura impacta directamente en la intensidad y calidad aromática, teniendo para la Za mayor puntaje en aroma, sabor, acidez y cuerpo e identificando aromas a chocolate, dulce, sabores cítricos, asociados con la altura. Para la Zm y Zb los valores en aroma, acidez y cuerpo fueron similares; únicamente varió en las notas encontradas a; mentol, frescura, sabor a madera, añejo.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, A. A. P., Farah, A., Silva, D. A. M., Nunan, E. A., & Gloria, M. B. A. 2006. Antibacterial activity of coffee extracts and selected coffee chemical compounds against enterobacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8738–8743.
- AMECAFÉ-SIAP. 2012. Consejo Mexicano del Café. Producción Nacional de Café. Situación y perspectivas. *In*: <http://www.spcafe.org.mx>
- Anderson, K.A. and Smith, B.W. 2002. Chemical profiling to differentiate geographic growing origins of coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:2068-2075.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC.
- Cacho, J. 2006. Evolución del perfil volátil del vino tinto durante la crianza en barricas de roble. *ACE: Revista de enología*. 72, 1.
- Cappuccio, R. 2005. Physiology of Perception. En: *Espresso Coffee The Science of Quality*, 2da ed.; Illy, A., Viani, R., Eds.; Elsevier Academic Press: California, U.S.A. pp 316-351.
- Carvajal-Herrera, J. J., Aristizábal-Torres, I. D. y Oliveros-Tascón, C. E. 2012. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas del fruto de Café (*Coffea arabica* L. Var. Colombia) durante su desarrollo y maduración. *Dyna*, 79(173) 116-124. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49623206015>
- Clarke, R.J. and Macrae, R. 1985. *Coffee*. Vol 1: Chemistry. Elsevier Science Publishers. England. Pp 223-262.

- Clarke, R.J., and Vitzthum, O.G. 2001. Coffee recent developments. Inglaterra: Blackwell Science. 257p.
- Costa-Freitas, A.M.; Parreira, C. and Vilas-Boast, L. 2001. Comparison of Two SPME Fibers for Differentiation of Coffee by Analysis of Volatile Compounds. *Chromatographia*. 54(9/10):647-652.
- Duicela, Guambi, L. A., Corral Castillo, R., Cedeño Guerra, L., Romero Romero, F. 2004. Post-cosecha y calidad del café arábigo. Impregcol. Ecuador. 56 p.
- Duicela, Luis Alberto; Corral-Castillo, Rubén; Farfán-Talledo, Diana.; Alcívar-Murillo, Rubén. 2009. Post cosecha y calidad del café arábigo. ANECAFE, USAID, COFENAC. EC. Grupo Neo Grafik. 10 p.
- Escamilla P., E. y O. Ruíz R. 2006. Producción y calidad del café orgánico en México. Foro: Balance y expectativas del campo mexicano. Café: Un producto de agroexportación. México, D.F.
- Escamilla P. E. 2007. Influencia de los factores Ambientales, Genéticos, Agronómicos y Sociales en la Calidad del Café Orgánico en México. Tesis Doctor en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. M.F. Altamirano, Veracruz. 267 p.
- FAOSTAT. FAO.2011. Datos estadísticos de producción mundial por la FAO del 2009.
In: <http://faostat.fao.org>
- Franca, A.S., Oliveira, L.S. and Brito, M.S. 2010. Potential of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) for detection of adulteration in roasted coffees. 23nd International Conference on Coffee Science. Bali.

- Gareca S., Montilla G., Morillo I., Bianco H., Tato S. y Garmendia C. (2011), Caracterización física y sensorial del café producido en Guarico y Villanueva (estado Lara), en relación a las características del suelo. Venezuela. 3 pp.
- González-Ríos, O., Suarez-Quiroz, M., Boulanger, R., Barel, M., Guyot, B., Guiraud, J.-P., Schorr-Galindo, S. (2007a). Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20, 289-296.
- González-Ríos, O., Suarez-Quiroz, M., Boulanger, R., Barel, M., Guyot, B., Guiraud, J.-P., Schorr-Galindo, S. 2007. Impact of “ecological” post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 297-307.
- González-Sánchez, H. M., González-Palomares, S. y Rosales-Reyes, T. 2011. Café (*Coffea arabica* L.): compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor. *U. Tecnociencia* 5 (2) 35 - 45.
- Guerrero, P. A. 2006. Estudio de la contaminación en suelos por petróleo crudo mediante generación de espacio de Cabeza- Espectrometría de masas. Tesis de doctorado. Universidad de Salamanca, España.
- Hernández, H. J. M. 2008. Utilización de la tecnología NIRS con sonda de fibra óptica para el control de calidad de alfalfa. Tesis de doctorado de Química. Universidad de Salamanca, España.
- ICO (International Coffee Organization). 2006. Total production of exporting countries. *In*: http://www.ico.org/trade_statistics.asp

- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2013. In:
<http://www.ifoam.org>.
- Ignacio S. (2007). Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE. Costa Rica. 13, 35 pp.
- Illy, A. y Viani, R. 1995. In: Illy, A. y Viani, R. (Eds.), Espresso Coffee: The Chemistry of Quality. Academic Press Limited, London, pp. 24–28.
- Illy, A. y Viani, R. 2005. Espresso Coffee. The Science of Quality, 2da ed., Eds.; Elsevier Academic Press: California, U.S.A.
- Ismayadi, C., Sari, A. and Misnawi. 2010. Gas chromatography – mass spectrometry in tandem with sensory analysis for identification of Luwak Arabica coffee. 23nd International Conference on Coffee Science. Bali.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Läderach, P, T. Oberthür, N. Niederhauser, H. Usma, L. Collet y H. A. J. Pohlen. 2006. Café especial: Factores, dimensiones e interacciones. *In*: El cafetal del futuro. Realidades y Visiones. Pohlen, J.; L. Soto y J. Barrera (eds). Shaker Verlag. Aache, Germany. pp: 141-160.
- Lara L. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera Norcentral de Nicaragua. Costa Rica.
- Martínez P., D., E. Pérez P., J. G. Partida S y P. Läderach. 2006. Algunos impactos de los efectos abióticos, bióticos y el 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.
- Mayer, F.; Czerny, M. y Grosch, W. (2000). Sensory study of the character impact aroma compounds of a coffee beverage. *Eur Food Res Technol.* 211, 272- 276.
- Mayer, F. y Grosch, W. 2001. Aroma simulation on the basis of the odorant composition of the roasted coffee headspace. *Flavour Fragrance Journal.* 16, 180-190.
- NMX-F-551-2008. Café verde. Especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de Economía. México.
- NOM-149-SCFI-2001. Café Veracruz. Especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de Economía. México.
- Parliment, T. H. y Stahl, H.D. 1995. *What Makes that Coffee Smell So Good?* Chemistry Technology. 8: 38-47.
- Peralta A. 2001. Revisión del estudio de volátiles en café (*Coffea arabica* L.) por microextracción en fase sólida. Universidad Nacional de Colombia. 8 pp.
- Pérez, P., Partida, S., y Martínez, P. (2005). Determinación de las sub-denominaciones de origen del café Veracruz. *Revista Geografía Agrícola*, UACH. México. Págs. 23 - 56.
- Petisca C, Pérez-Palacios T, Farah A, Pinho O, Ferreira I. M.P.L.V.O. 2013. Furans and other volatile compounds in ground roasted and espresso coffee using headspace solid-phase microextraction: Effect of roasting speed. *Food and Bioproducts Processing.* 91, 233–241.

- Plan de Innovación en la caficultura de México, 2011. Estrategia de Innovación hacia la competitividad en la caficultura. En: <http://amecafe.org.mx/downloads/PLAN%20DE%20INNOVACION%20NACIONAL.pdf>
- Pohlan, H., Soto, L., y Barrera, J., 2006. El cafetal del futuro: Realidades y visiones. Aachen, Shaker: Verlag Alemania.
- Regalado O., A. (2006). ¿Qué es la calidad del café? Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 309 p.
- Ribeiro, J.S.; Augusto, F.; Salva, T.J.G.; Thomaziello, R.A. and Ferreira, M.M.C. 2009. Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction gas chromatography and partial least squares. *Analytica Chimica Acta*. 634:172-179.
- Risticvic, S., Carasek, E., y Pawliszyn, J. (2008). Headspace solid-phase microextraction-gas chromatographic-time-of-flight mass spectrometric methodology for geographical origin verification of coffee. *Analytica Chimica Acta*. 617, 72-84.
- Rojas, M. G. ME. 2005. Caracterización del aroma del Café molido de Puerto Rico mediante la técnica de Microextracción en fase Sólida (SPME) y Cromatografía de Gas acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS). Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico.
- SCAA (Specialty Coffee Association of American). Manual de defectos del café.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2003. Cupping protocols. Long Beach, CA. USA. 5 p.

- Schenker, S.; Heinemann, M.; Pompizzi, R. and Escher, F. 2002. Impact of Roasting Conditions on the Formation of Aroma Compounds in Coffee Beans. *Journal of Food Science*.67(1):60-66.
- SIAP. 2012. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. Consejo Mexicano del Café. Producción Nacional de Café. Citado en <http://siap.sagarpa.gob.mx>.
- Thurston T. J., R. G. Brereton, D. J. Foord, and R. E. A. Escott. 2004. Principal components plots for exploratory investigation of reactions using ultraviolet-visible spectroscopy: application to the formation of benzophenone phenylhydrazone. *Talanta* 63: 757-769.
- Vázquez L. 2011. Tipificación y caracterización del Café comercial mediante métodos instrumentales y quimiometría. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. México. Pp 25-32.
- Velazco G. J.H. 2013. Análisis del Agroecosistemas café Orgánico desde la perspectiva: ambiental, económica y sociocultural del municipio de Chocamán, Veracruz.. Tesis Ingeniero agrónomo especialista en zonas tropicales Universidad Autónoma Chapingo., México. 131 p.
- Wang Z., T. Dean, and B. R. Kowalski. 1995. Additive background correction in multivariate instrument standardization. *Analytical Chemistry* 67: 2379-2385.
- Yadessa Abdessa, Burkardt,J., Denich,M., Woldemariam Tadesse, Bekelle E., Goldbach H. 2008. Influence of soil properties on cup quality of wild arabica coffee in coffee forest ecosystem of SW Ethiopia. Abstract of the proceedings of the 22nd International Conference on Coffee Science, Campinas, SP-Brazil, A 102.

ANEXOS

Anexo 1. Compuestos aromáticos identificados en las tres franjas altitudinales con tiempo y área

No.	Tiempo de retención (s)	Compuesto aromático	Área (unidades de área)		
			Zb	Zm	Za
1	4.09	Acetaldehído	541550	255766	324539
2	5.10	Acetato de metilo	0	0	268331
3	5.66	2-metil furano	442733	213002	144057
4	6.15	2-butanona	161640	80151	79229
5	6.30	2-metil-butanal	212759	142214	233230
6	6.46	3-metil-butanal	497060	96729	251040
7	6.79	Alcohol etílico	0	0	272264
8	10.20	2,3-pentanediona	1152281	619903	907267
9	12.67	2,3-Hexanediona	135385	66068	106983
10	13.23	1-metilpirrol	144373	122680	90303
11	13.89	Beta- pineno	123721	134312	141205
12	14.81	Piridina	5705292	5057538	7312173
13	15.32	Limoneno	275721	265261	425596
14	15.94	2-(2-propenil) furano	95638	95857	67958
15	16.12	Pirazina	706119	619870	649135
16	17.25	2-furfuril metil eter	213091	173004	272674
17	17.67	3-metil-3-butanol	152291	116046	232643
18	18.07	Estireno	130647	145007	292029
19	18.37	Metilpirazina	10042664	7735248	9661005
20	18.96	2-metiltetrahidrofuran-3-ona	68298	62217	53364
21	19.52	Acetoína	1066400	838160	1157098
22	20.23	1-hidroxi-2-propanona	2934767	2990937	3564361
23	20.74	2,5-dimetilpirazina	4733634	5121947	4977547
24	21.01	2,6-dimetilpirazina	4897736	5286098	4930461
25	21.32	Etilpirazina	2307023	2406211	2161072
26	21.80	2,3-dimetilpirazina	450124	990846	665492
27	22.96	2-metil-2-ciclopentenona	235479	184964	227646
28	23.30	3-etilpiridina	201340	170398	227561
29	23.38	1-hidroxi-2-butanona	438254	390350	524820
30	23.46	2-etil-6-metilpirazina	2303385	2570007	2511605
31	23.73	2-etil-5-metilpirazina	1429847	1753151	1681191
32	24.22	Trimetilpirazina	960756	1109037	1314391
33	24.29	2-etil-3-metilpirazina	772639	895126	940836
34	24.92	2-(n-propil) pirazina	120931	114072	135025

35	25.55	2,6-dietilpirazina	136111	164822	164674
36	25.89	Etenil pirazina	474313	404737	400339
37	25.95	3-etil- 2,5-dimetilpirazina	1042240	1296222	1484295
38	26.16	1,4-diclorobenceno	826842	1636130	1451668
39	26.36	Ácido isobutirico anhidro	167124	178271	208183
40	26.65	2-etil-3,5-dimetil-pirazina	287179	340437	390743
41	26.86	2-metil-6-propilpirazina	48787	48376	43965
42	26.97	Ácido acético	6753088	8177600	11013875
43	27.12	1-acetoxi-2-propanona	13925560	12461425	16114008
44	27.24	Furfural	19437866	18812707	22096831
45	27.53	5-meti-2-acetil furano	197413	181238	237427
46	28.00	2-etenil-6-metilpirazina	446336	447048	441432
47	28.26	2-etenil-5-metilpirazina	288519	294341	238355
48	28.35	2,3,4-trimetil-2-ciclopenten-1-ona	0	0	112310
49	28.50	Furfuril formato	1603763	1344523	1450451
50	28.88	Actilfurano	5625826	4969121	6039279
51	29.90	1-actoxi-2-butanona	2066190	1743243	2449653
52	30.05	Furfuril acetato	8559434	7223817	8465654
53	30.24	2,3-Butanodiol	0	0	975941
54	30.66	Ácido propanoico	828491	805978	1143090
55	31.44	Metil levulinate	68707	53506	117580
56	31.71	5-metilfurfural	23939262	22165813	25216998
57	32.31	2-ciclopenten-1,4-diona	183231	200455	137894
58	32.44	2- Furanmetanol, propanoato	808529	676127	687307
59	32.80	2-acetilpiridina	396773	371202	383839
60	33.02	2- furfurilfurano	757975	553735	644379
61	33.06	2-metil-1,3-bencenodiol	367212	318228	439459
62	33.27	2-acetil-5-metilfurano	438559	355970	432500
63	33.51	Isomaltol	336578	245822	273762
64	33.62	2-formil-1-metilpirrol	1772691	1761487	2174494
65	33.74	Acetilpirazina	667383	705779	640358
66	34.12	Butirolactona	2575239	2311899	2673902
67	34.60	2-acetiltiazol	121665	145640	116351
68	34.74	2,5-dihidro-3,5-dimetil-2-furanona	524919	523609	479052
69	34.85	2-acetil-1-metilpirrol	547931	525283	681986
70	35.15	2-Furanmetanol	28856480	24469808	28633062
71	35.74	Ácido isovalerico	4096918	3505216	5636039
72	36.22	2-acetil-3-metilpirazina	900818	946194	700813
73	36.52	3-tiofenaldehído	358147	297448	276658
74	37.23	2-hidroxi-3,5-dimetil-2-ciclopenten-1-ona	68368	39459	52022
75	37.89	3,4-dimetil-2,5-furanodiona	365188	340478	443374
76	39.26	3-acetiltiofeno	175758	140978	173690
77	40.27	2-formil-4,5-dimetil-pirrol	242066	231892	291482

78	40.51	3-metil, 2-ácido butanoico	802314	629060	735173
79	41.36	Furfurilpirrol	1000178	855773	959778
80	41.44	3-metil 1,2-ciclopentanodiona	846786	744442	1006506
81	42.17	2,5-dihidro-3,5-dimetil-2-furanona	0	204879	249569
82	42.57	2-metoxi fenol	780484	805336	1208050
83	43.12	Bencil alcohol	40927	47260	48298
84	43.69	3-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona	454246	348337	513115
85	45.75	Maltol	2382433	1753899	1971120
86	45.98	2-acetilpirrol	1260465	1070611	1225267
87	46.12	Furfuril eter	388850	276399	224032
88	46.77	2-metil fenol	178548	135508	178436
89	46.89	Fenol	518012	409438	580382
90	47.22	Eugenol	0	167622	63729
91	47.27	4-etil-2-metoxi fenol	171880	150022	114057
92	47.33	2-formilpirrol	1234196	1072152	1295832
93	47.42	2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H) furanona	218447	151050	237969
94	48.15	Pentalactona	193722	156954	234265
95	48.62	3-metil fenol	94351	85897	94916
96	49.84	Ácido nonanoico	74717	123150	77669
97	50.54	2-metoxi-4-vinilfenol	1403631	1034503	851820
98	51.18	Acetofenona	100984	83582	99181
99	51.64	2-(2-furil)pentanal	117330	114165	74198
100	52.17	3-hidroxi-2,3-dihidromaltol	0	148803	31533