

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
División de Ciencia Animal
Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos



Determinación de la calidad de tres variedades de café (Caturra, Bourbon y Typica o Criollo) de la especie *C. arabica* L. del municipio de Jitotol, Chiapas

Por

LUIS BARTOLO PÉREZ GUTIÉRREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2013

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Ciencia Animal

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Determinación de la calidad de tres variedades de café (Caturra, Bourbon y Typica o Criollo) de la especie *C. arabica* L. del municipio de Jitotol, Chiapas.

Presentado por:

LUIS BARTOLO PÉREZ GUTIÉRREZ

TESIS

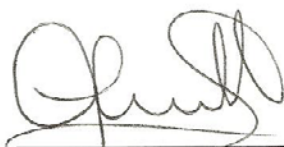
Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

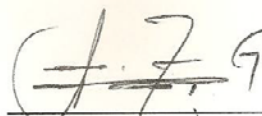
Aprobada



Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor principal



MC. Xóchitl Ruelas Chacón
Coasesor



MC. Luis Rodríguez Gutiérrez
Coasesor



Dr. Ramiro López Trujillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Junio del 2013

AGRADECIMIENTO

A Dios, Por la vida, salud, paciencia y sabiduría en todos estos años de carrera por permitir tener a una familia, amigos y maestros que siempre me han apoyado en todo momento, por darme la fuerza necesaria para lograr finalizar este trabajo que con tanto esmero y esfuerzo y dedicación he logrado, por mantenerme siempre en el buen camino, brindándome consuelo y alegría en los momentos de soledad y tristeza al estar lejos de las personas que amo, por brindarme su infinito amor y bendiciones que se convirtieron en logros, tu siempre estuviste en los días tristes, alegres, de soledad, de convivencia, nunca me dejaste, solo tú conoces los sufrimientos y necesidades que pase, a tí señor gracias por el apoyo que me has brindado siempre.

A MI ALMA TERRA MATER, Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de ser mi casa de estudios para formarme, por darme los valores y herramientas necesarias para convertirme en un buen profesionista a esta escuela debo lo que soy gracias.

A mis padres, Marina Gutiérrez Gómez y Bartolo Pérez Aguilar quienes me dieron la vida, su apoyo incondicional, por su esfuerzo y esmero, su preocupación que con cada palabra de aliento y consejos me insistían a seguir adelante siempre sin importar las condiciones y nunca me dejaron solo, gracias por formarme y hacerme un hombre bien y responsable, por sus oraciones de cada día para que me fuera bien siempre, a ellos debo todo lo que soy gracias los amo. Por ayudarme a conseguir las muestras de esta tesis sin ellos no lo hubiera logrado.

A mis hermanos, especialmente a mi hermana Lucía Pérez Gutiérrez, por su apoyo infinito moral, económico, psicológico en los momentos más tristes, sin ella no hubiese podido lograr este reto, gracias por ser una hermana ejemplar incondicional, a mis demás hermanos su apoyo por alentarme para seguir y no retroceder en este camino, por sus consejos que me hicieron una mejor persona, por brindarme su cariño y amor. A mi hermano Manuel por su apoyo, él siempre supo lo que se sentía estar solo, sus palabras de aliento “échale ganas” gracias carnal.

A mi novia Socorro del Carmen Ruiz Sánchez quien me ha apoyado todos estos años incondicionalmente, por estar siempre al pendiente de mí, también forma parte de este trabajo.

A la Lic. Laura Olívía Fuentes Lara por apoyarme en este trabajo, por su tiempo y dedicación por permitirme trabajar con ella aportarme los conocimientos y orientación necesarios para culminar este trabajo, sobre todo por brindarme su valiosa amistad.

A la M.C. Xóchitl Ruelas Chacón, por colaborar en este trabajo ayudándome a realizar el análisis sensorial, por su tiempo y paciencia para realizar este trabajo, parte importante de este trabajo es por su valioso apoyo, por brindarme su amistad.

Al M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez, por su valioso apoyo para realizar el análisis estadístico para el presente trabajo, por su tiempo y colaboración, por sus ideas y conocimiento que me apporto para culminar el trabajo.

Al Sr. Juan Carlos llamas por darme la oportunidad de tostar y moler las muestras para este trabajo en su cafetería, por su tiempo y apoyo, así como sus conocimientos aportados, fueron parte importante en este trabajo y por ofrecerme su amistad.

Al M.C. Federico Facio Parra del departamento de granos y semillas por prestarme el laboratorio y materiales para realizar la prueba de tamaño, por su amabilidad y su amistad.

Al T.A Carlos Alberto Arévalo Sanmíquel, por su apoyo en las pruebas de laboratorio en Nutrición Animal por facilitarme los materiales por su enseñanza, paciencia que me tuvo, gracias Carlitos, por su amistad, pase buenos momentos.

A mis maestros del departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos y de otros departamentos por compartir sus conocimientos, por enseñarme los valores, por tenerme paciencia, y por formarme como un profesionalista.

Al departamento de Nutrición Animal por permitirme trabajar en su laboratorio proporcionarme lo necesario para poder finalizar este trabajo.

Al departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos por permitir realizar parte importante de este trabajo y lograr finalizarlo, prestándome sus laboratorios y materiales.

A los jueces y colaboradores que me ayudaron a realizar la evaluación sensorial de la carrera de I.C.T.A. por realizar dicho análisis, proporcionándome su ayuda y amistad.

A mis amigos de generación 2008 - 2012 quienes me brindaron su valiosa amistad durante toda la estancia de la

carrera y que sin duda lo seguirán haciendo, a mis amigos que me enseñaron muchas cosas especial mente a mi mejor amiga Clara Sánchez García, la que siempre me apoyo, a Rosario Martínez, Anayeli Jiménez, Jazmín Mendoza y las chupes siempre compartieron conmigo muchas su valiosa amistad y mis compañeros Ulises, salvador, Joaquín, Fabián, y los que faltan por las buenas fiestas y diversiones que pasamos.

A Pavel Barba quien fue el primer amigo que tuve cuando llegue a la universidad, aunque no logro lo que soñaba, agradezco su amistad en el poco tiempo que lo conocí.

Y mis mejores amigos de cuarto Gerardo “el Larry”, Alfredo “el Chispi” y José Luis “el Chivo”, gracias por brindarme su apoyo y amistad incondicional todo este tiempo desde que tuve la oportunidad de conocerlos, por aguantarme, he pasado momentos inolvidables en su compañía, son los mejores amigos que he tenido, gracias compañeros pero mejores amigos aquí tienen un amigo “el chapu”.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme vida y permitirme culminar este trabajo, y permitir que mi familia este conmigo al término de este logro.

A mis padres

Marina Gutiérrez Gómez y Bartolo Pérez Aguilar por darme la vida a ustedes dedico este trabajo quienes siempre quisieron ver a su hijo realizado, por sus noches de desvelo, preocupaciones, por sus consejos los amo mis queridos viejos le doy gracias a dios por permitir tenerlos aun a mi lado y ver lo que siempre han anhelado mil gracias padres por darme la vida.

A mis hermanos

A Tomas Domingo, Arturo Nicasio, Juan José, José Antonio, Reina Isabel, José Francisco, Josefa, Manuel de Jesús y especialmente Lucia quienes con su apoyo incondicional pude lograr esto muchas gracias hermanos, especialmente a mi hermana lucia quien me ha ayudado siempre, brindándome cariño y apoyo, a ti debo mi carrea gracias y esto también es tuyo, mi hermano Manuel siempre conmigo motivándome a seguir adelante a no desesperarme estando lejos de la familia gracias.

A mis sobrinos

Pablo, julio, Lorena, Ezequiel, Beto, Damián, mayely, Jesús, Karla, Perla, Alex, Tania, Yesica, Monserrat, yulí, Jonathan y a

mi bebe Juan Carlos, que siempre me brindaron alegría cuando hablaba con ellos los quiero.

A mis cuñadas y cuñados

Elena, Carina, Yolanda, Dólia, Agustín, Lisandro porque siempre me apoyaron incondicionalmente.

A mi novia

Socorro del Carmen por darme su amor todos estos años y su valioso apoyo, gracias por estar siempre a mi lado en momentos difíciles y alegres a pesar de la distancia siempre estuviste conmigo y me aceptado como soy gracias a ti y tu familia Ruiz Sánchez.

A mi madrina

Emérita que aunque ya no está con nosotros donde quiera que este quiera agradecerle por todo el apoyo que me dio por todos los consejos y regalos que siempre me ofrecía, como una madre siempre estuvo conmigo con sus oraciones y bendiciones, gracias.

Gracias por su apoyo Con cariño

Luis Bartolo Pérez Gutiérrez

Ing. En Ciencia y Tecnología de Alimentos

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIAS.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
I. INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO II	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 EL CAFÉ	6
2.2 EL CAFÉ EN EL MUNDO.....	8
2.2.1 Generalidades del cultivo	8
2.2.2 Principales productores de café en el mundo	9
2.2.3 Consumo de café en el mundo	10
2.3 EL CAFÉ EN MÉXICO.....	12
2.3.1 Antecedentes	12
2.3.2 Producción de café en México	13
2.3.3 Superficie de café en México.....	14
2.3.4. Especies de café cultivadas y modo de producción	15
2.4 CAFÉ EN CHIAPAS	16
2.4.1 Antecedentes	16
2.4.2 El café en Chiapas y su ocupación.....	17
2.4.2 Delegaciones productoras de café en Chiapas	17

2.4.3 Condiciones geográficas para el café en Chiapas	19
2.5 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DEL CAFÉ	19
2.5.1 Generalidades de los requerimientos del café	19
2.5.2 Altitud.....	20
2.5.2 Precipitación pluvial.....	20
2.5.3 Suelo.....	21
2.5.4 Temperatura	21
2.6 ESPECIES Y VARIEDADES CULTIVADAS	21
2.6.1 Variedades cultivadas en el mundo y México	21
2.6.2 Árabigos (<i>C. arabica</i>).....	22
2.6.2.3 Variedad caturra	23
2.6.2.4 Variedad Bourbon	25
2.6.3 Especie Robusta (<i>C. canephora</i>).....	27
2.6.4 Especie <i>C. liberica</i>	27
2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ.....	28
2.7.1 Sustancias presentes en el café	29
2.7.2 Ácidos clorogénico	29
2.7.3 Cafeína.....	30
2.7.4 Sustancias minerales.....	31
2.7.5. Proteínas y aminoácidos libres	32
2.7.6. Lípidos.....	32
2.7.7 Carbohidratos.....	33
2.7.8 Compuestos aromáticos.....	34
2.8 CALIDAD EN EL CAFÉ	34
2.8.1 Factores que afectan la calidad del café	35
2.9 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAFÉ	42
2.9.1 Características Físicas	42
2.9.2 Características del tueste.....	46
2.9.3 Características Organolépticas del Café	47
2.10 TIPOS DE CAFÉ PRODUCIDOS Y CALIDADES DE CAFÉ EN MÉXICO	50
CAPÍTULO III	53
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	53
3.1 LOCALIZACIÓN.....	53
3.2 MUESTRAS	53

3.2.1 Recolección de las muestras.....	54
3.2.2 Conservación de la muestra (beneficiado).....	55
3.2.3 Identificación de las variedades.....	56
3.3 EQUIPO.....	57
3.4 MATERIALES.....	57
3.5 PROCEDIMIENTO.....	58
3.5.1 Análisis químico.....	58
3.5.2 Análisis físico del café verde.....	63
3.5.2.2 Prueba de uniformidad.....	63
3.5.3 Análisis sensorial.....	65
CAPÍTULO IV.....	68
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	68
4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	68
4.2.1 Cenizas (minerales).....	68
4.2.2 Proteínas.....	70
4.2.3 Lípidos.....	71
4.2.4 Fibra cruda.....	72
4.2.5 Carbohidratos.....	74
4.2.6 Cafeína.....	75
4.3 ANÁLISIS FÍSICO.....	79
4.4 ANÁLISIS SENSORIAL.....	83
4.4.1 Tostado de la muestra.....	83
4.4.2 Molienda del café.....	83
4.4.3 Diseño experimental.....	84
4.4.4 Análisis estadístico de la Catación.....	84
4.4.5 Análisis de resultados en la catación de a cuerdo a la Norma Mexicana.....	87
CAPÍTULO V.....	92
V. CONCLUSIONES.....	92
CAPÍTULO VI.....	94
VI. BIBLIOGRAFIA.....	94
CAPÍTULO VII.....	100
VII. ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Principales países productores de café pergamino del 2012.....	10
Cuadro 2. Producción y consumo en los principales países productores del año 2010.....	11
Cuadro 3. Composición química de los granos verdes y tostados de las especies <i>Coffea arabica</i> y <i>Coffea canephora</i> y de café instantáneo (% en base seca)	28
Cuadro 4. Contenido mineral de granos verdes de <i>Coffea arabica</i>	31
Cuadro 5. Contenido aproximado de carbohidratos en granos de café verde, tostado y en café soluble.....	33
Cuadro 6. Variedades de estudio y lugares de recolección	55
Cuadro 7. Medias Tukey $\alpha=0.05$ y promedio de cenizas (%) en cada una de las variedades.....	68
Cuadro 8. Medias Tukey $\alpha=0.05$ y promedio de Proteína (%) en cada una de las variedades.....	70
Cuadro 9. Medias Tukey $\alpha=0.05$ y promedio de lípidos (%) en cada una de las variedades	71
Cuadro 10. Medias Tukey $\alpha=0.05$ y promedio de fibra cruda (%) en cada una de las variedades.....	73
Cuadro 11. Medias Tukey $\alpha=0.05$ y promedio de carbohidratos (%) en cada una de las variedades	74
Cuadro 12. Medias Tukey $\alpha=0.05$ y promedio de cafeína (mg) en cada una de las variedades.....	75
Cuadro 13. Resultados de los componentes y cantidades que contienen los granos de café en las tres variedades de café verde.....	77
Cuadro 14. Resultado del análisis físico de las tres variedades de café verde.....	79
Cuadro 15. Especificaciones del café tostado de las tres variedades de café	83
Cuadro 16. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el olor a tostado	84
Cuadro 17. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el aroma	85
Cuadro 18. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para la acidez	85

Cuadro 19. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el sabor.....	86
Cuadro 20. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el sabor residual	86
Cuadro 21. Resultado de la catación de las tres variedades de café obtenidas con el promedio de las puntuaciones dadas por los jueces.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Planta de café o cafeto.....	6
Figura 2. Estructura del fruto del cafeto.....	7
Figura 3. Principales países productores de café, en el ciclo 2006-2010.....	9
Figura 4. Principales Estados de México Productores de Café Cereza y producción en el periodo 1993-2010.....	14
Figura 5. Cafetos variedad caturra en sus dos cultivos: rojo y amarillo.....	24
Figura 6. Tipos de granos de café en distintas especies	28
Figura 7. Molécula de Cafeína	30
Figura 8. Zonas de altura óptima para el cultivo de café.....	36
Figura 9. Descripción geográfica de la zona de estudio.....	54
Figura 10. Variedad Typica o Criollo.....	56
Figura 11. Variedad Bourbon	56
Figura 12. Variedad Caturra	56
Figura 13. Contenido de cenizas (%) en las diferentes variedades de café	69
Figura 14. Contenido de Proteína (%) en las diferentes variedades de café ...	71
Figura 15. Contenido de Lipidos (%) en las diferentes variedades de café	72
Figura 16. Contenido de Fibra Cruda (%) en las diferentes variedades de café	73
Figura 17. Contenido de Carbohidratos (%) en las diferentes variedades de café	75
Figura 18. Contenido de Cafeína (mg) en las diferentes variedades de café....	76
Figura 19. Comparación de los principales componentes químicos en el grano de café de las tres variedades.....	78
Figura 20. Comparación de los atributos con los resultados en el análisis sensorial	90

RESUMEN

El café es el segundo producto solo después del petróleo de mayor actividad económica y se mueve en los mercados de acuerdo a su grado de calidad, este determina el precio, por lo que entre mayor sea la calidad del café mayor es el precio por kg, las calidades de café con mejor calidad en el mercado son las de la especie *C. arabica*.

Es por eso que el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de tres variedades de café de la especie *C. arabica* del municipio de Jitotol, Chiapas para conocer su calidad físico-químico y sensorial y conocer cuál de las variedades presenta mejor calidad. El análisis químico se revisó estadísticamente con un diseño completamente al azar y la prueba Tukey ($P \geq 0.05$) y para el análisis sensorial un diseño de bloques al azar por prueba no paramétrica de Kruskal Wallis utilizando el programa Minitab versión 16.1.0.

Los resultados obtenidos en el análisis químico para los contenidos de cenizas, proteínas, lípidos, fibra cruda, carbohidratos y cafeína; la variedad Typica presento mejores características con porcentajes 3.5 %, 12.3 %, 9.8 %, 29.6 %, 39.61 % y 14.9 mg respectivamente, la variedad Caturra con 3.3 %, 11.3 %, 9.2 %, 26.4 %, 44.6 % y 19.3 mg de cafeína, la variedad Bourbon con 3.6 %, 11.1 %, 7.28 %, 28.4 %, 45.2 % y 13.7 mg respectivamente. El análisis físico del color fue el mismo para las tres variedades; el verde oscuro identificado con el 5753 C (guía Pantone), para las tres variedades el tamaño fue de tipo 1, en materia extraña la variedad Bourbon 2.4 % y Caturra fue 3.0 % siendo de tipo 2 y la Bourbon presento un tipo 3 con 5.3 % y la forma en las tres variedades presentaron un porcentaje superior al 95 % de la forma adecuada. En el análisis sensorial se tomó una calificación de 0 a 5; la puntuación obtenida para la variedad Caturra fue de 3.5, 3.4, 3.4, 2.9, 2.4 y 2.7, para Bourbon 3.7, 3.1, 3.6, 2.9, 2.6 y 3.1, para la variedad Typica 3.7, 3.7, 3.2, 2.7, 3 y 3.1 cada valor corresponde al; olor del café molido, sabor, aroma, cuerpo, acidez y sabor residual respectivamente para cada variedad. La variedad Typica mostro ser mejor, la Bourbon como la segunda y la Caturra como la tercera, siendo las tres variedades cafés de calidad de altura.

Palabras clave: variedad *C. arabica*, Caturra, Bourbon, Typica, acidez, cuerpo.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad de los alimentos constituye una necesidad cada vez más apremiante para las industrias de producción y transformación de los mismos, cuyo objetivo es asegurar la conformación de estándares. Para ello es necesario mantener un adecuado control de calidad en los productos alimenticios; en base a normas oficiales (Vázquez, 2011), tal es el caso del café que probablemente es la bebida más consumida en todo el mundo, solo después del agua, siendo la segunda mercancía con mayor actividad en el mundo, solo después del petróleo y provee más de 20 millones de empleos a nivel mundial (Martínez, 2010) debido a esto el aseguramiento de la calidad de este producto se ha vuelto cada vez mayor exigiendo a las empresas a invertir en el cuidado del grano para obtener el grado de calidad óptimo.

En México, el cultivo y consumo del café como bebida data de la última década del siglo XVIII; a más de doscientos años de su introducción, en el sector agropecuario la cafeicultura es considerado uno de los cultivos de mayor importancia económica, sociocultural y ambiental ya que genera actualmente el sustento de millones de familias.

Hoy en día la bebida del café es consumida por más de la tercera parte de la población mundial pero desde la década pasada hay una tendencia de aumento en el consumo de cafés finos de alta calidad, una característica correlacionada, entre otras variables, con el genotipo. Sin embargo, los factores que afectan la producción y la calidad del café en América Latina son las plagas y enfermedades principalmente, y estrés abiótico como la sequía, salinidad de los suelos, entre otros (Cárdenas. 2007).

Cada vez los consumidores de todo el mundo exigen cafés finos y de mayor calidad que cumplan con las características principalmente

organolépticas que un buen café debe tener, a esto se le atribuye que las empresas mundiales exijan cada vez más a los productores el cuidado del cultivo para obtener los granos deseados, los centros de recolección realizan pruebas de calidad para asegurar que el café recibido cumpla con los atributos sensoriales y físicos que la población demanda.

Las tendencias de los consumidores de café a nivel mundial es estar cada vez más dispuestos a pagar un mayor precio por los productores de mejor calidad, lo que hace prever que la mejor estrategia para enfrentar ahora el Comercio Internacional del café es una excelente calidad natural del producto.

La determinación de la calidad en el café es un proceso que permite la expresión, desarrollo y conservación de las características físico – químicas y sensoriales, intrínsecas del producto, hasta el momento de su transformación o consumo.

La calidad del café, analizada por expertos catadores, es valorada en gran parte por su aroma (atributo más importante) y por su sabor. Es por tanto necesario, para entender el aroma de un alimento, saber la composición de sus componentes volátiles tanto cualitativa como cuantitativamente. El aroma es el resultado perceptible de una cadena larga de transformaciones del café. Éstos incluyen los factores agronómicos, genéticos y ambientales tales como la variedad, composición del suelo, clima y altura de cultivo y modo de recolección del fruto. El grano debe contener todos los ingredientes necesarios para el desarrollo (Rojas, 2005).

El aroma, como los granos de café de calidad, depende de factores tales como; la variedad cultivada, las condiciones ambientales, el estado de maduración, las plagas y enfermedades, así como de las prácticas culturales. En todo caso el proceso poscosecha mantiene la calidad del grano y en ocasiones la desmejora. Los efectos principales del grado de maduración del grano aunado a un proceso de fermentación (poscosecha) no adecuado incorpora efectos significativos en la calidad del café producido (Gareca *et al*, 2011).

En los aspectos químicos el grano de café posee más de 2,000 sustancias diferentes (cafeína, minerales, lípidos, trigonelinas, aminoácidos, proteínas, ácidos alifáticos, glucósidos y carbohidratos) de tal manera que el café no es «solo cafeína» (1, 3,7-trimetilxantina), sin embargo es el ingrediente farmacológicamente más activo (Calle, 2011).

Es evidente que la calidad del producto final del café está afectada por una serie de factores desde el momento de la siembra, el control de plagas y enfermedades del cultivo, beneficiado, secado, almacenaje, transporte y el procesamiento industrial y por supuesto por la preparación de la taza que posteriormente es degustada por el consumidor. La importancia de impulsar aportes de interés para la comprensión de algunos aspectos relacionados entre sí y que limitan la calidad de este producto, ha motivado esta investigación que centró su propósito en la identificación de las características físico- química y sensoriales del grano de café en relación con las condiciones de diferentes variedades de una misma especie por lo que el estudio ayudara a verificar si la calidad del café puede variar con respecto a cada una de las variedades.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar el grado de calidad de tres variedades de café; Caturra, Bourbon y Typica o criollo de la especie *Coffea arabica*, (procedentes del municipio de Jitotol, Chiapas) mediante un análisis físico-químico y sensorial.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los principales componentes químicos del café verde mediante un análisis bromatológico.
- Realizar un análisis físico (forma, tamaño, color, materia extraña y uniformidad de color) del café verde.
- Valorar la calidad de la bebida de las tres variedades de café con un perfil sensorial (sabor, aroma, cuerpo, acidez y sabor residual) mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) con panelistas semientrenados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo al consejo Mexicano del café, Chiapas ocupa el primer lugar a nivel nacional en producción de café, haciendo de esto la principal actividad económica de los Chiapanecos para su ingreso. El municipio de Jitotol, Chiapas con sus 64 comunidades, de las cuales el 80 % son productores ejidatarios (muchos de ellos pertenecientes a etnias indígenas) que siembran el café en superficies menores a las dos hectáreas, venden el café a mayoristas que determinan un pago menor al que les corresponde, sin evaluar factores importantes como la variedad y/o calidad en el grano de café, factores que proporcionarían un precio más justo a los productores.

Desde hace años la producción de café se ha vuelto una actividad constante en la población y va en incremento debido a la demanda, sin embargo se desconoce la composición química y el grado de calidad del café en la región, lo que hace disminuir los precios de venta, beneficiando únicamente a los mayoristas.

De acuerdo a este problema que pasan los productores, se dio la necesidad de realizar la presente investigación, para comprobar y verificar la calidad de los granos de café de las diferentes variedades que se cultivan en el municipio de Jitotol, Chiapas mediante un estudio físico-químico y sensorial, que dé a conocer la variedad con mejores características de calidad que el mercado del café demanda. Conocer la composición del café que se produce en la región podría además ayudar a que las empresas procesadoras de café incrementen la compra a los productores quienes con estas características de calidad en el grano podrían incrementar los precios de venta y tener un mejor beneficio aumentando así su valor comercial.

CAPÍTULO II

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL CAFÉ

El café es una planta que se le conoce comúnmente como cafeto, es un árbol de poca altura de 4.5 a 6 metros, aunque en condiciones silvestres puede alcanzar mayor altura. La corteza del tronco es de color gris claro y las hojas de unos doce centímetros de largo son de un verde oscuro brillante. Las flores son pequeñas, blancas y olorosas que produce el fruto del café pertenece a la familia de las *rubiáceas* y conforma el género *Coffea* (Peláez *et al*, 2005).



Figura 1. Planta de cafeto

Fuente: Calle, 2011

La flor da una drupa llamada comúnmente cereza, esta es ovoidea subglobosa, roja si está madura de 10 a 15 mm de diámetro por 16 a 18 de largo constituido por un exocarpio (piel) coloreado, un mesocarpio carnoso y blanco-amarillento (pulpa) y dos semillas unidas por dos lados planos (García 2008). El pergamino, rodea ligeramente a cada uno de los dos granos de café; a la cáscara apergaminada, está adherida una capa gomosa, delgada y resistente denominado mucilago (Peláez *et al*, 2005).

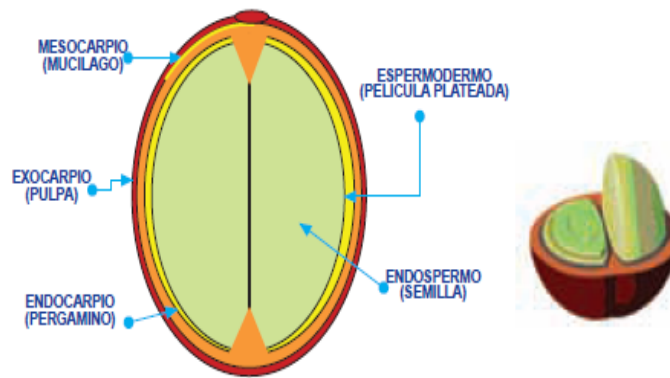


Figura 2. Estructura del fruto del café

Fuente: IICA 2010

La bebida del café es resultado de las semillas ya secas y procesadas con agua hirviendo que extrae los sabores volátiles y no volátiles, así como los aromas. Los componentes volátiles son ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas, ésteres, aminas y algunos azufres. El principal componente volátil del café es la cafeína (Cruz 2011).

Comprenden más de 60 especies que se puede dividir en dos grandes grupos de acuerdo a su número cromosómico. El primer grupo está conformado por la mayoría de las especies, por ejemplo *C. canephora*, *C. liberica*, *C. stenophylla* y *C. racemosa* que se caracterizan por tener $2n = 22$ cromosomas. El segundo grupo lo forman una especie tetraploide *C. arabica* con $2n = 44$ cromosomas con sus diferentes variedades (Regalado 2006).

Los usos de este producto son, principalmente, para consumo humano, entre los más conocidos se encuentran: preparación de bebidas, como aromatizante en helados, bombones, para hacer moka, los granos de café destilados, tras el tostado y la infusión, con el fin de producir cremas o licor de café, así como en medicamentos. Adicionalmente, se utiliza como fertilizante de jardines debido a su alto contenido en nitrógeno (Financiera rural, 2009).

2.2 EL CAFÉ EN EL MUNDO

El descubrimiento y domesticación del café data de 1,000 a.C. aunque algunas otras fuentes mencionan el año 575 d.C., el café es un producto universal, que responde al ritmo de la diseminación del cultivo y consumo. El café tiene un mercado dinámico y complejo por distintas causas como: la regionalización, la oferta y demanda, el precio, la tecnificación, los fenómenos naturales, los cambios sociales, entre otros (Reyes, 2011).

El café es uno de los productos agrícolas de más peso en el comercio mundial, siendo el producto más importante para varios países en sus ingresos referentes al rubro de exportaciones, lo que hace de este cultivo un tema delicado con diversas aristas en el medio político y económico alrededor de todo el orbe (Fundación Produce Guerrero, 2012).

2.2.1 Generalidades del cultivo

El cafeto o planta del café, procede de África de las montañas de Abisinia (Etiopía) pero son los árabes quienes implantan la costumbre de tomar café motivado por la prohibición del Islam de tomar alcohol. Son ellos los primeros en extraer los granos, tostarlos, molerlos y mezclarlos con agua caliente (Cotejo, 2000).

Es, después del petróleo, el producto comercial más importante del mundo; supera al carbón, al trigo y el azúcar (Ramírez 2011).

Su gran popularidad se debe básicamente a su efecto vigorizante, tonificante y estimulante, consecuencia de la presencia de la cafeína pero también a su delicioso sabor e inconfundible aroma. Al contrario de lo que muchos mitos hablan sobre el café, en realidad esta bebida actúa como estimulante y diurético además de traer efectos benéficos sobre el sistema nervioso central, corazón, venas, arterias, estómago, colon, páncreas y riñones, además de prevenir diversos tipos de cáncer (Produce Guerrero, 2012).

El 70 % de la producción mundial del café tiene lugar en terrenos que miden menos de 10 Ha, explotaciones familiares, en su mayoría. De hecho, se estima que cerca de 20 millones de familias en todo el mundo se dedican al cultivo del café, algunos países como la India y Brasil se caracterizan por los grandes cafetales, mientras que otros, Colombia, Indonesia, México entre otros poseen mayormente fincas pequeñas, y Guatemala y Kenia presentan de los dos tipos (Ewing *et al*, 2004).

2.2.2 Principales productores de café en el mundo

El café es un cultivo orientado hacia el mercado internacional, ya que su producción se concentra casi en 50 países tropicales y países de clima templado. Más del 75% de la producción mundial es comercializada en el mercado internacional (Fundación Produce Guerrero A.C, 2012).

Los principales productores son Brasil (33 % de la producción mundial), Vietnam (14 %), Etiopía (7 %), Indonesia (6 %) y Colombia (6 %). Aproximadamente el 70% de la producción mundial de café se destina a la exportación. Brasil y Vietnam juntos son actualmente el origen de la mitad de las exportaciones de café del mundo. La Unión Europea (66 %) y EEUU (23 %) son los principales importadores. Sin embargo, en muchas ocasiones este café importado es luego reexportado a otras regiones (Donaire, 2012).

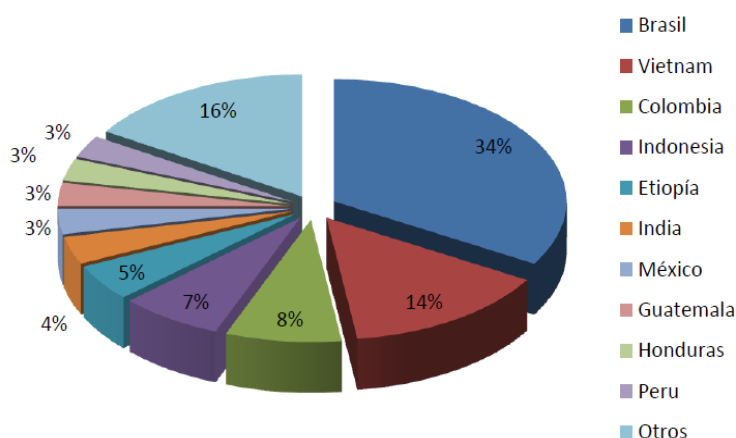


Figura 3. Principales países productores de café, en el ciclo 2006-2010

Fuente: www.ico.org.

La producción mundial de café para 2012/13 se pronostica en un récord de 148 millones bolsos, hasta 10 millones con respecto al año anterior. La mitad del aumento se atribuye a la cosecha de Brasil, el *C. arabica* entra en el año del ciclo bienal de producción, mientras que las cosechas récord de Robusta en Brasil y Vietnam También se espera que contribuyan al crecimiento (USDA 2012).

Cuadro 1. Principales países productores de café pergamino, 2012

País	2007	2008	2009	2010
Brasil	2,249,010	2,796,930	2,440,060	2,874,310
Vietnam	1,251,000	1,055,810	1,057,540	1,105,700
Indonesia	676,475	682,938	791,000	801,000
Colombia	757,080	688,680	887,661	514,128
India	288,000	262,000	262,300	289,600
Etiopía	325,800	273,400	265,469	270,000
México	268,565	265,817	252,000	253,800
TOTAL	5,815,930	6,025,575	5,956,030	6,108,538

Fuente: Fundación Produce Guerrero, 2012
 Datos en miles de toneladas

La producción mundial de café se integra por tres tipos básicos: los suaves, los arábigos – brasileños, y los robusta, los primeros son procesados por medio del método de lavado (despulpado, lavado y secado inmediatamente después de haber sido recolectado); los segundos generalmente son no lavados (el grano recolectado se seca y almacena con su pulpa o cáscara exterior, y se despulpa con posterioridad antes de ser entregado al comprador) y su calidad es inferior a la de los suaves; finalmente, los del tercer tipo, son los menos cotizados en el mercado tanto por su calidad como por su precio (CEFP, 2001).

2.2.3 Consumo de café en el mundo

Cada año se consumen en el mundo una cantidad cercana a los 100 millones de sacos de 60 kilogramos de café verde, los cuales son producidos en los países de América Latina, Asia y África (Pérez, 2001).

De acuerdo a datos de la Organización Internacional del Café (OIC), el consumo mundial del café en promedio se ha incrementado en un 2.7 %. Lo cual es consecuencia de un aumento en la población, un mayor poder adquisitivo, así como de las fuertes campañas publicitarias en algunos países productores que han favorecido el consumo interno. Otro factor importante que ha influenciado el consumo es la apertura en los mercados internos de firmas y tiendas especializadas, cuya oferta se dirige, principalmente, a los jóvenes y profesionales de clase media (Financiera rural, 2009).

Si no hay un nivel importante de exportaciones, se esperaría un incremento en el consumo interno en los países productores; situación que no siempre es favorable ya que existe un bajo consumo per cápita como en el caso de México, que de acuerdo a datos del ICO se estima en 1.21 Kg / persona anualmente (Fundación Produce Guerrero, 2012).

Cuadro 2. Producción y consumo en los principales países productores, 2010

País	Producción	Consumo	%
Brasil	48095	19130	39.78
Vietnam	18500	1283	8.55
Colombia	9200	1400	15.22
Indonesia	8500	3333	39.21
Etiopía	7450	3383	45.41
México	4400	2354	53.5
TOTAL	96145	31183	32.43 % (promedio)

Fuente: www.ico.org. Febrero 2012
 Datos en miles de quintales

Las empresas trasnacionales compran el café a los países productores, tanto exportadores como los procesadores o dueños de grandes cafetales. Estas empresas son cinco Nestlé (Nescafé), Kraft (Maxwell, House, Jacobs), Sara Lee (Hills Bros), Procter & Gamble (Folgers) y Techibo (empresa minorista alemana) estos compran anualmente casi la mitad de grano de café que se produce en el mundo (Ewing *et al*, 2004).

Brasil tiene el primer lugar en el consumo mundial de café como se aprecia en el cuadro 2, únicamente atrás de los Estados Unidos, lo que lleva a que el café genere una gran cantidad de recursos también en el mercado interno, los que se calculan en \$3.5 billones de dólares anuales, comparados con \$1.9 billones obtenidos en la producción primaria (Pérez y Celis, 2002).

2.3 EL CAFÉ EN MÉXICO

La cafecultura destaca en México, por su importancia social, económica y ambiental, que incluye a los productores, jornaleros, operadores de beneficios, obreros de industrias, transportistas, proveedores de insumos y maquinaria, empleados de cafeterías y agentes participantes en la comercialización, además de sus familias; alrededor de tres millones de mexicanos dependen del café, en algún grado. Por su relevancia económica, figura en promedio como el primer producto individual de exportación y en las regiones productoras, es un elemento fundamental en las economías locales (Fundación Produce Guerrero, 2012).

2.3.1 Antecedentes

El café llegó a México en 1790, fueron Veracruz, Morelos, Michoacán y Oaxaca, los primeros estados donde se cultivó. Es un producto tropical que se cultiva en las zonas montañosas y se estima que cerca de un 60 % de los pequeños productores son indígenas (SAGARPA, 2010).

En México, el cultivo y consumo del café como bebida data de la última década del siglo XVIII; a más de doscientos años de su introducción, el grano es considerado uno de los cultivos de mayor importancia económica, sociocultural y ambiental (Escamilla *et al*, 2005).

Desde el inicio de su cultivo en México, el café ha jugado un papel importante en la generación de empleos para un número considerable de mexicanos, además de convertirse en uno de los principales generadores de ingresos y divisas. Recientemente, además, se reconoce a los lugares en donde se cultiva el grano como refugio de especies animales y vegetales en peligro de extinción. Por todo lo anterior, la importancia económica, social,

cultural y ambiental hacen de la producción de café un sector clave de la economía de México.

La vía de acceso del café a México fue por el puerto de Veracruz y de ahí se distribuyó a otras partes del estado y después al país, la producción de café se convirtió en una mercancía redituable y por tanto muy codiciada; el interés de producirlo afectó a los distintos estratos sociales de esa época como lo eran los criollos, mestizos e inversionistas extranjeros (Córdoba, 2002).

2.3.2 Producción de café en México

El café cultivo de importancia social y económica para México. La producción de café tiene una gran importancia para el país, hecho que se refleja en los siguientes números: 349,701 Unidades de producción (UP), según el Censo, 509,817 productores según el Fomento Productivo Café (FC); 680 mil hectáreas cultivadas con esta especie donde laboran 486,339 jefes de familias, una producción promedio de 4.7 millones de sacos de 60 kilogramos; sexto productor mundial y segundo en producción orgánica, después de Perú; genera 4.5 millones de empleos, y se produce en 960 municipios, aunque es importante sólo en 236 de ellos, de 15 entidades de la República (Robles, 2011).

A nivel internacional, México aporta el 5 % del volumen mundial, situándose dentro de los 5 primeros productores principales, por debajo de países como Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam. Por otro lado, junto con Colombia, Guatemala, Costa Rica, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Perú, se encuentra dentro de los 8 países que concentran 86 % de la producción de café arábigo lavado¹. Cabe destacar que México ocupa el primer lugar como exportador de café orgánico certificado (Bolaños *et al*, 2002).

En México son 12 los estados donde se produce el grano: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Querétaro y Tabasco. Para darse una idea de la importancia e impacto social del cultivo de café en México se puede mencionar que el café se produce en 56 microrregiones, que abarcan 382 municipios, 4,326 localidades, 406,649

productores y 703,341.83 hectáreas. Más del 80 % de su producción proviene de 6 estados: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo y San Luis Potosí (Consejo Mexicano del Café, 2002).

En cuanto a producción, nuestro país produjo en el 2009 un total de 1, 287,460 toneladas, siendo el estado de Chiapas quien encabeza la producción con el 36.8 % del total, seguido de Veracruz con el 22.1 %, Puebla con el 18 %, Oaxaca con el 11.5 %, Guerrero con el 4.1 % e Hidalgo con el 2.7 %. Los nueve estados restantes apenas logran integrar el 4.5 % de la producción nacional. En ese mismo año la producción por entidad federativa registrada por SAGARPA – SIAP fue de 546,689.47 Ton., en Chiapas; 373,725.62 Ton., en Veracruz; 135,986.87 Ton., en Puebla; 38,214.90 Ton., en Guerrero y de 29,219.11 Ton., que aparece como dato estadístico para el caso de Hidalgo (Fundación Produce Guerrero, 2012).

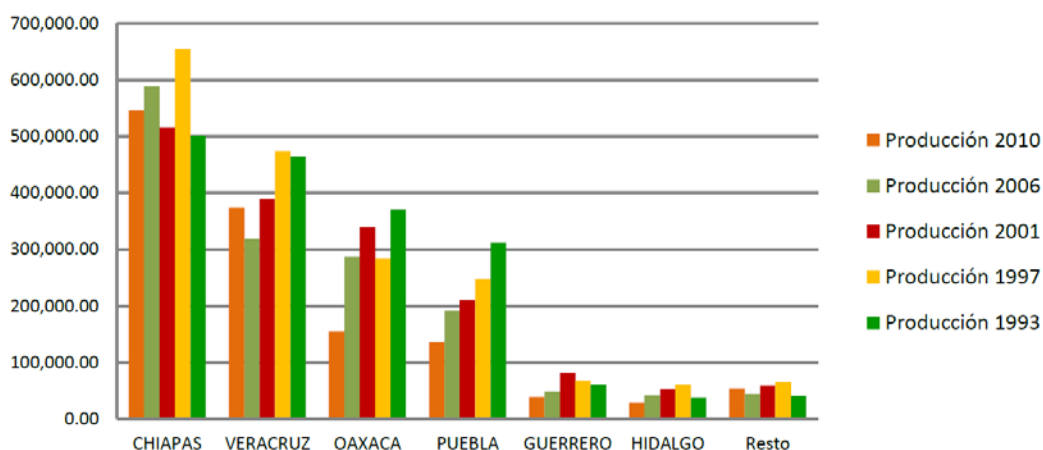


Figura 4. Principales Estados de México Productores de Café Cereza y producción en el periodo 1993-2010

Fuente: SAGARPA-SIAP, Febrero 2012

2.3.3 Superficie de café en México

Respecto a la superficie con café, el censo reporta una superficie plantada de 717 mil hectárea y una superficie en producción de 680 mil hectáreas, poco más de 8 mil 400 hectáreas que las reportadas por Fomento Café, en donde se registran 672 mil hectáreas. Por su parte, la producción

asciende a un millón 150 mil toneladas. Cómo se puede ver, las diferencias en superficie son mínimas, lo que refuerza la idea de la subdivisión de los predios (Robles, 2011).

El café en México ocupa una superficie de 664.794 ha, es la quinta en importancia rebasada por el maíz, frijol, sorgo y trigo que son productos en la dieta básica de la población mexicana y se distribuyen entre 481.084 caficultores, conformando 58 regiones productoras en 12 estados, para un total de 404 municipios y 4572 comunidades del país. De esta actividad dependen tres millones de personas que participan en el sector cafetalero. Más del 80 % de la producción nacional de café se obtiene en seis entidades: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero e Hidalgo (Santoyo *et ál.* 1995, FIRA 2003, UACH 2005).

Las regiones cafetaleras se concentran en cuatro zonas: las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico, la zona Centro-Norte y la del Soconusco en Chiapas, en el sureste mexicano, que en conjunto abarcan 398 municipios en los 12 estados productores (CEFP, 2001).

2.3.4. Especies de café cultivadas y modo de producción

El café que se produce en México es de la especie *Coffea arabica* L., que constituye el 97 % de la producción nacional, representada por las variedades Typica (criollo, nacional o arábica), Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catuaí, Pluma Hidalgo y Maragogype, el 3 % de la producción corresponde a la especie *Coffea canephora* Pierre ex Frohener, conocida como robusta, cultivada en zonas bajas de Veracruz (principalmente en los municipios de Tezonapa y Tepatlaxco), Chiapas (sobresale el municipio de Cacahoatán) y Oaxaca (regiones de Tuxtepec y Valle Nacional). La producción en México se concentra en tres variedades arábicas, Typica cultivada por el 33 % de los productores, seguida por Caturra por el 26 % y Bourbon por el 17 %. Otras variedades menos importantes son Mundo Novo con el 10 %, Garnica con 6 %, Catuaí con 3 %, Catimores con el 2 % y con menos del 0.5 %, los Maragos (Maragogype y Pacamara) (Fundación Produce Chiapas A. C., 2013).

El 98 % del cultivo del café ha sido producido bajo sombra desde que se introdujo el café en México, y se caracteriza por un sistema de producción artesanal. En nuestro país el café crece en zonas de mayor biodiversidad. Esta actividad ha tenido gran peso tanto para la conservación como para la destrucción del hábitat que lo rodea debido a los métodos de cultivo y al beneficio usado, los cuales pueden adecuarse para dañar en la menor medida posible su entorno.

2.4 CAFÉ EN CHIAPAS

La derrama económica y los beneficios sociales que produce el café en Chiapas son de la mayor envergadura, tanto por la captación de divisas que se obtienen a partir de las exportaciones, como por los miles de empleos que se generan con su cultivo, procesamiento y comercialización. Todo lo anterior, sin menoscabar los grandes beneficios ambientales que se derivan del café, en particular la conservación de los suelos, la flora y la fauna, y el papel fundamental que tienen los cafetales como pulmón ambiental con la generación de oxígeno y la fijación de carbono. Otro aspecto interesante que conlleva la cafecultura es el valor que esta actividad tiene como punto de contacto de México con Centroamérica, al ser una cuestión muy significativa en el desarrollo de varios países del istmo centroamericano (Barrera y Parra, 2010).

2.4.1 Antecedentes

La introducción del café en Chiapas se dice que se trajo de Guatemala en el año de 1846 varios pies o tallos de café, y que fue Jerónimo Manchinelli quién sembró por primera vez mil quinientas plantas de bourbon en el terreno nombrado “la Chácara” a inmediaciones de Tuxtla Chico (CEFP, 2001).

De acuerdo con el Consejo Mexicano del Café, de los 12 estados productores, Chiapas ocupa un honroso primer lugar nacional. La variedad de café que más se produce en el estado (y en México) es la denominada “arábica” (*Coffea arabica*), la cual se cultiva casi en su totalidad en pendientes escarpadas, bajo árboles de sombra y con un uso muy limitado de agroquímicos, características que lo hacen un cultivo ambientalmente *verde* por

excelencia. También el café “robusta” (*Coffea canephora*), que es la otra especie que se produce comercialmente en el mundo y se usa sobre todo en la industria de los cafés solubles (Barrera y Parra 2000).

2.4.2 El café en Chiapas y su ocupación

Sin duda, la cafeicultura es una de las actividades económicas más importantes en Chiapas. El cultivo de este grano ocupa una superficie de 253,955 hectáreas (SAGARPA, 2007) que representan alrededor de 3.4 % de la superficie total de la entidad y 20.3 % de su superficie cultivable. Existen 13 regiones cafetaleras en el estado, 7 distribuidas en 87 municipios, con 4,540 comunidades, mismas que albergan a un total de 174,690 productores, de los cuales el 97.67 %, son pequeños productores con propiedades de 0.5 a 5 hectáreas que pertenecen al sector social, usufructuando una superficie de 176,772 hectáreas (COMCAFE, 2005). Según resultados del censo cafetalero 2001-2004, más del 80 % de los productores son indígenas que poseen en promedio 0.77 hectáreas de cafetales, lo que indica el alto grado de pulverización de la tierra, agravando aún más la situación de que las zonas cafetaleras son también las de más pobreza y rezago (Santacruz, Pérez y Palacio, 2010).

2.4.2 Delegaciones productoras de café en Chiapas

La zona de producción del CAFÉ CHIAPAS constituye Las 13 delegaciones, donde se produce el café, son: Copainala, Ocozocoautla, San Cristóbal, Comitán, Ángel Albino Corzo, **Bochil**¹, Pichucalco, Ocosingo, Palenque, Yajalon, Motozintla, Tapachula y Mapastepec.

Los municipios que constituyen las doce regiones indicadas en el párrafo anterior son: OCOZOCOAUTLA: Berriozabal, Cintalapa, Ixtapa, Jiquipilas, Ocozocoautla, San Fernando y Tuxtla Gutiérrez.

SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS: Chalchihuitán, Chenalhó, San Andrés Larrainzar, Oxchuc, Pantelhó, Tenejapa, Teopisca, San Juan Cancuc y Santiago El Pinar.

¹Delegación donde se encuentra la zona de estudio.

COMITÁN: Independencia, Margaritas, Trinitaria, Maravilla Tenejapa y Venustiano Carranza.

COPAINALÁ: Coapilla, Copainalá, Ocoatepec y Tecpatán.

ANGEL ALBINO CORZO: Angel Albino Corzo, La Concordia, Villa Corzo, Villaflores y Montecristi de Guerrero.

PICHUCALCO: Amatlán, Chapultenango, Francisco, León, Ixtuatán, Ixtacomitán, Ixtapangajoyá, Ostuacán, Pantepec, Pichucalco, Rayón, Solosuchiapa, Tapalapa y Tapilula.

BOCHIL: El Bosque, Huitiupán, **Jitotol**², Pueblo Nuevo Solistahuacán, Simojovel, Bochil y San Andrés Duraznal.

PALENQUE: Palenque y Salto de Agua.

OCOSINGO: Altamirano, Chilón y Ocosingo.

YAJALÓN: Sabanilla, Tila, Tumbalá, Yajalón y Sitalá.

MOTOZINTLA: Amatenango de la Frontera, Bejucal de Ocampo, Bellavista, Chicomuselo, Frontera Comalapa, La Grandeza, Mazapa de Madero, Motozintla, El Porvenir y Siltepec.

TAPACHULA: Acacoyahua, Acapetahua, Cacahuatán, Escuintla, Huehuetán, Huixtla, Mapastepec, Villa Comaltitlán, Tapachula, Tuxtla Chico, Tuzantán, Pijiján y Unión Juárez (Consejo Regulador de la Calidad del Café de Chiapas, A.C., 2004).

La producción promedio se estima en 1, 790,371 quintales, la cual representa alrededor del 35 % de la producción a nivel nacional. Exportándose aproximadamente el 85 %, mientras que cerca del 10 % se distribuye en el mercado interno y sólo un 5% de dicha producción se consume en el propio estado (COMCAFE, 2005).

Dichos cafecultores, están distribuidos nueve regiones económicas del Estado de Chiapas (Centro, Altos, Fronteriza, Frailesca, Norte, Selva, Sierra,

²Zona de estudio del presente trabajo

Soconusco e Istmo-Costa), las cuales se encuentran ubicadas entre las latitudes de 15°N y 17° 20' N y entre las longitudes de 91° 45' O y 93° 45' O.

2.4.3 Condiciones geográficas para el café en Chiapas

Las condiciones ambientales que tiene el Estado de Chiapas lo hacen propicio para el cultivo del café, contando con dos regiones geográficas: la del Soconusco y la Centro-Norte del estado, las cuales se caracterizan por la particularidad de su precipitación pluvial principalmente (de 2,500 a 5,000 mm anuales), con una temperatura promedio anual de 18°C a 25°C, con suelos profundos con valores de pH entre 4.5 y 7.0 y abundantes contenidos de materia orgánica. El café se cultiva sobre diferentes alturas, dependiendo de las regiones donde se produce, pero la que ocupa un mayor porcentaje de la superficie cultivada con café en el Estado, va arriba de los 800 metros sobre el nivel del mar, que corresponde aproximadamente al 75 % (I.M.P.I., 2001).

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

2.5 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DEL CAFÉ

2.5.1 Generalidades de los requerimientos del café

El café es un cultivo permanente, se siembra y empieza a producir después de tres a cuatro años. Su vida productiva puede ser mayor a los 40 años, su producción se da una vez al año durante lo que se llama ciclo cafetalero. Dependiendo de la zona y de la altura sobre el nivel del mar es la época de corte generalmente se inicia a finales de septiembre y concluye a finales de febrero. El recorrido que sigue la semilla del cafeto hasta llegar a la taza inicia en el semillero donde se pone a germinar la semilla y dos meses después se obtiene una plántula llamada soldadito y cuando hay dos hojitas alcanza la fase de mariposa y se trasplanta al vivero, también se trasplanta en

“pesetilla” (2 pares de hojitas) o en “naranjito” (tres pares). En el vivero se introduce la raíz con cuidado y se tapa con vegetal picado. El vivero se cubre para que las plantas se adapten al sol, y se cubran del golpe de las lluvias. Aquí la planta crece para luego trasplantarse al terreno donde se establecerá el cafetal. El establecimiento del cafetal requiere actividades de trazado, hoyado, tapado, poda, cuidado del cafetal y labores culturales, aquí permanece el cafetal el resto de su vida productiva (López, 2006).

2.5.2 Altitud

La distribución del cultivo del café es diversa, es posible encontrarlo desde los 100 msnm hasta casi los 2000 msnm, sin embargo, la zona óptima para su desarrollo y producción se ubica entre los 700 a 1300 msnm. El 63 % de los productores mexicanos se ubica arriba de los 600 msnm, mientras que un 29 % de los productores se localiza en altitudes superiores a los 900 msnm, si bien el mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media anual es de 16°C a 22°C (CEI-RD, 2003).

C. canephora es nativa de altitudes bastantes bajas y de las regiones más húmedas de la Costa Occidental de África, lo cual debe dar cierta indicación en cuanto a sus exigencia climáticas. El mejor café robusta se produce a una elevación de 1200 m con una lluvia anual distribuida uniformemente y de más o menos 3000 mm, con temperaturas que varían entre un mínimo de 17°C hasta un máximo de 27°C en el año (PNC, 2003).

2.5.2 Precipitación pluvial

El café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7.500 m³/ha) hasta 3000 mm (30.000 m³/ha), Pero aún más importante es la distribución de esta precipitación en función del ciclo de la planta. Podemos decir que el cultivo requiere una lluvia (o riego) abundante y uniformemente distribuida desde comienzos de la floración hasta finales del verano (Noviembre – Septiembre) para favorecer el desarrollo del fruto y de la

madera. En otoño sin embargo es conveniente un período de sequía que induzca la floración del año siguiente.

2.5.3 Suelo

El café prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser más bien ácida. Una variación del pH de 4.2-5.1 se considera lo mejor para el café arábigo en Brasil y para café robusta en el África Oriental. Además, la respuesta fotosintética y síntesis bioquímica de la planta se ve muy influida por el período climático del año. Así los diferentes niveles de clorofilas, carotenoides, entre otros, se ven modificados en función de las temperaturas, de la intensidad luminosa (PNC, 2003).

2.5.4 Temperatura

La temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23°C temperaturas inferiores a 10°C, provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes (ICAFE Y CICAFFE, 2011).

Investigaciones en Brasil sobre los requerimientos técnicos en su fase de desarrollo señala que a temperaturas medias de 34°C este sufre daños permanentes, y la fructificación requiere de 26°C durante el día y de 20°C en la noche. La maduración exige temperaturas de 23°C en el día y 17°C en la noche (Regalado, 2006).

2.6 ESPECIES Y VARIEDADES CULTIVADAS

2.6.1 Variedades cultivadas en el mundo y México

Numerosas formas, tipos y variedades son nativos del África y Asia tropicales, mientras que muchos otros existen en plantaciones cultivadas. Las mutaciones son frecuentes, tal como son las adaptaciones ecotípicas inducidas por las variaciones en las condiciones del medio ambiente. Muchas, si no todas, de las especies hibridan fácilmente, ya sea en forma silvestre o bajo

cultivo. Los frutos maduros tienen una cubierta dulce mucilaginosa alrededor de las semillas, la cual gusta a los pájaros y animales pequeños, por lo que uno puede encontrar plantas de café que se han vuelto silvestres y que provienen de semillas diseminadas por agentes naturales a distancias apreciables de las áreas cultivadas. Hay cuatro especies o grupos o formas principales, que se cultivan ampliamente y constituyen los cafés del comercio: café arábigo (*C. arabica* L.), café robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner), café liberiano (*C. liberica* Mull ex Hiern), y café excelso (*C. excelsa* A. Chev.); además, existe una gran cantidad de otras especies llamadas económicas, que se plantan en escala local y normalmente no entran a los canales comerciales (PNC, 2003).

El café que se produce en México es de la especie *Coffea arabica* L., que constituye el 97 % de la producción nacional, representada por las variedades Typica (criollo, nacional o arábigo), Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catuai, Pluma Hidalgo y Maragogype, el 3 % de la producción corresponde a la especie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conocida como robusta, cultivada en zonas bajas de Veracruz (principalmente en los municipios de Tezonapa y Tepatlaxco), Chiapas (sobresale el municipio de Cacahoatán) y Oaxaca (regiones de Tuxtepec y Valle Nacional). Sin embargo, otras fuentes estiman en 300,000 quintales la producción de robusta, con un considerable incremento en el estado de Chiapas (Fundación Produce Chiapas A.C. y ITESM, 2003).

2.6.2 Arábigos (*C. arabica*)

Originario de Etiopía Es un árbol o arbusto del café pertenecen a la familia Rubiácea. Dependiendo de la especie, este puede alcanzar una altura de 3 a 12 m. (Peralta A., 2001), representan las variedades más conocidas, extendidas y apreciadas, representando el 70 % de la producción mundial. Las variedades más reconocidas se cultivan en las zonas altas de América Latina: Colombia, México, Perú y en África en Kenya y Etiopía (CEI-RD, 2003).

En los países centro y sur americanos principalmente crecen los arábigos estos son nativos de las tierras altas de Etiopía, así como también de

otras partes de África y Arabia en el Asia. Se cultiva a medianas y altas altitudes que varían entre los 1000 a 2000 metros sobre el nivel del mar en regiones ecuatoriales. Y entre 400 a 1200 m. en regiones lejanas al Ecuador (9 – 24° de latitud N y S), donde las temperaturas diarias promedio fluctúan entre los 18°C – 22°C (Rojas 2005).

2.6.2.1 Variedades de café arábigos

Las variedades originales de este café en general producen buenas infusiones con acidez, más sabor y aroma, pero son susceptibles a las plagas y a las enfermedades. Por este motivo, los programas de mejoramiento tienen como objetivo importante producir resistencia a estos factores. Las variedades más conocidas son “Typica” o criollo y “Borbon”, pero a partir de estas se han desarrollado muchas cepas y cultivares diferentes como son el Caturra (Brasil, Colombia), el mundo novo (Brasil), el tico (América Central), el san Ramón enano y el Jamaican Blue Mountain (CEI-RD, 2003).

2.6.2.2 Producción de distintas variedades de *C. arabica* en México

La producción en México se concentra en tres variedades arábigas, Typica cultivada por el 33 % de los productores, seguida por Caturra por el 26% y Bourbon por el 17 %. Otras variedades menos importantes son Mundo Novo con el 10 %, Garnica con 6%, Catuaí con 3%, Catimores con el 2 % y con menos del 0.5 %, los Maragos (Maragogype y Pacamara) (Fundación Produce Chiapas A.C. e ITESM, 2003).

2.6.2.3 Variedad caturra

Variedad encontrada en Minas Gerais, Brasil, posiblemente originada como una mutación de un gene dominante del café Bourbon. El Caturra se caracteriza por ser de porte bajo, tiene entrenudos cortos, tronco grueso y poco ramificado, y ramas laterales abundantes, cortas, con ramificación secundaria, lo que da a la planta un aspecto vigoroso y compacto. Con respecto al

Bourbon, en la variedad Caturra las hojas son más grandes, anchas y oscuras, los frutos son también de mayor tamaño, el sistema radical está muy bien desarrollado y es de mayor extensión y densidad (ICAFFE Y CICAFFE, 2011).

El cultivo de esta variedad comprende dos tipos: Caturra rojo y amarillo, nombres dados por su coloración de grano (Columbus, 2002). El mutante rojo adquieren un color rojo vinoso a la madurez, mientras que en el mutante amarillo un color amarillo. Este último ha mostrado algo de productividad pero menor retención de los frutos maduros con relación a la Caturra rojo (Fischerworrying y Robkamp, 2001).

Se originó probablemente por una mutación del Bourbon en el Brasil. El Caturra es más precoz y productivo que las líneas comunes de Typica y Bourbon; sin embargo, hay que tener presente que esa mayor productividad conlleva una mayor exigencia de nutrientes y podas en comparación al Typica y Bourbon, que, por su menor producción, permite un manejo menos intensivo de la finca (IHCAFFE, 2009).

Se adapta bien a casi cualquier ambiente, pero mejor entre los 500 y 1700 metros con precipitaciones anuales entre 2500 - 3500 mm a mayor altitud aumenta la calidad, pero disminuye la producción (Vergara, 2012).



Figura 5. Cafetos variedad caturra en sus dos cultivos: rojo y amarillo

Fuente: ICAFFE-CICAFFE, 2011

2.6.2.4 Variedad Bourbon

Originaria de las Islas Reunión (antes Bourbon) y comprende dos cultivares: el Bourbon rojo y el amarillo, nombres basados en el color de las cerezas. El porte de las plantas de Bourbon es similar a la variedad Typica. Sin embargo el rendimiento del Bourbon es mayor. Las variedades Bourbon y Typica, hasta hace 40 años cubrían casi toda el área cafetalera de América (Columbus y Palgarin, 2002).

El color verde de sus hojas nuevas que emergen del ápice y de las ramas laterales. Bajo condiciones óptimas, la formación continua de nuevas ramas y brotes florales garantiza una producción sostenida. Por el color del grano se distinguen dos tipos de café Bourbon: el de color rojo/vino tinto y el de color amarillo/anaranjado. Comparada con la variedad Typica, la Bourbon es más precoz en su producción y el tamaño del grano es inferior (Fischersworing y Robkamp, 2001).

Estas plantas producen un 20 a 30 % más café que la variedad Typica, pero aún tienen una cosecha más pequeña que la mayoría de variedades. Tiene una forma menos cónica con más ramas secundarias. Las hojas son anchas y onduladas en los bordes. El fruto es relativamente pequeño y denso. Las cerezas maduran rápidamente y tienen mayor riesgo de caerse durante vientos fuertes o lluvias. Los mejores resultados para el café Bourbon se realizan entre 1000 y 2000 metros de altura. La calidad de la taza es excelente y similar a la Typica (Vergara, 2012).

2.6.2.5 Variedad Typica o criollo

Es una variedad originaria de Etiopía que presenta plantas de hasta 4 metros de altura. Tiene un amplio rango de adaptabilidad, buena calidad de bebida, baja producción y susceptibilidad a roya (Columbus y Palgarin, 2002).

Comúnmente llamada criollo, indio o arábigo, fue la primera en ser cultivada en América Tropical, representando cafetales muy antiguos y produce café de muy buena calidad. Es de porte alto, forma cónica, generalmente de tronco único, su producción es muy baja, por lo que en un principio se inició su

reemplazo con la variedad Bourbon. Su reconocimiento (aunque no en forma determinante) es muy fácil, ya que, a diferencia del Bourbon y de otras variedades, los brotes nuevos de las hojas son de color bronceado. Se caracteriza por tener de 2 a 3 metros de altura, ramas primarias levemente caídas o de tendencia a ser horizontales, formando un ángulo de 50 a 70 grados con el tallo, hojas elípticas y más alargadas que en la variedad Bourbon y sus márgenes y láminas muy poco onduladas. Los granos son grandes y de forma alargada y la maduración es temprana y uniforme (IHCAFE, 2009).

Fue introducido en áreas de selva (bosque premontano) y es la que actualmente crece en mayor extensión en Centroamérica, México, Perú y Bolivia. También se encuentra en América Tropical (Colombia, Ecuador, entre otros) y en Oriente en países como Java e India. Entre otras variedades de café se seleccionó la variedad Typica por las siguientes razones

- El tamaño relativamente grande de su grano.
- Su superior calidad como bebida (calidad en taza).
- Su robustez a condiciones adversas de baja fertilidad y sequía.
- La mayor resistencia y flexibilidad de sus ramas durante la cosecha.

Dado su alto grado de autopolinización y gracias a la eliminación de aquellas plantas fuera de tipo se ha logrado una buena uniformidad de los cafetales. Los cafetos de la variedad Typica maduros adquieren un color rojo vinoso y se desprenden de la planta con facilidad. Algunos mutantes de esta variedad presentan frutos maduros de color amarillo. Se distinguen por el color bronceado (rojizo) de las hojas que emergen tanto del ápice del (Fischerworing y Robkamp, 2001).

Se adapta bien a rangos de altitudes de 940.5 m.s.n.m. (3,085.62 pies) a 1,430 m.s.n.m. (4,691.60 pies) (López, 2006).

2.6.3 Especie Robusta (*C. canephora*)

Coffea canephora produce aproximadamente el 9 % del café comercializado en el mundo (Fernández *et al*, 2010).

Ofrece un café de sabor fuerte, con estructura y mayor contenido de cafeína. Se cultiva en África Occidental y Central, en el sudeste de Asia y en Brasil. Algunos tipos son Java, Congensis o Kouilou (Cortijo 2002).

En los países del sureste asiático y los africanos son productores importantes de la variedad Robusta. Los robustoides requieren climas calientes y húmedos en tierras bajas y colinas tropicales. Son nativos de los bosques ecuatoriales de África, desde la costa oeste hasta Uganda, la parte sur del Sudán y la parte de África occidental. Se distribuyen entre las latitudes de 10° Norte y 10° Sur, en elevaciones que van desde los 100 a 1000 m., con temperaturas promedio diarias de 22 – 26 °C (Anzueto *et al.*, 2005; Rojas 2005).

2.6.4 Especie *C. liberica*

Produce aproximadamente el 1 % del café comercializado en el mundo (Fernández *et al*, 2010).

Coffea Liberica produce un tipo de café con un sabor muy peculiar y su consumo no es muy popular. Se da en zonas como Costa de Marfil pertenecen las variedades Excelsa, Liberica y Dewevrei (Cortijo 2002).

Especie oriunda de Liberia donde se haya espontáneamente en los bosques de las cercanías de Monrovia florece en casi todos los meses del año aunque con muy diversa intensidad. Según Nosti “viene a haber unas 30 -33 floraciones, muy desigualmente repartidas, según el año”. En estado salvaje los cafetos de esta especie alcanzan los 15 metros, destacando sus grandes hojas, que pueden llegar a alcanzar los 30 cm. de longitud. El grano libérica es mucho más grande que los anteriores, llegando a alcanzar medidas entorno a los 2,5 cm. de media (Sans, 2008).



Figura 6. Tipos de granos de café en distintas especies

Fuente: Forum café, 2010

2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ

El café es considerado como uno de los productos de consumo más complejo desde el punto de vista de su química. No solo por la gran cantidad de compuestos químicos contenidos en el grano de café verde, también porque estos compuestos reaccionan e interactúan en todas las etapas del procesamiento para la obtención de una taza de café con una gran diversidad y complejidad de estructuras (Bolívar, 2009).

Cuadro 3. Composición química de los granos verdes y tostados de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora* y de café instantáneo (% en base seca)

Componentes	<i>Coffea arabica</i>		<i>Coffea Canephora</i>		café instantáneo
	Verde	Tostado	Verde	Tostado	
Minerales	3.0-4.2	3.5-4.5	4.0-4.5	4.6-5.0	9.0-10.0
Cafeína	0.9-1.2	~1.0	1.6-2.4	~2.0	4.5-5.1
Trigonelina	1.0-1.2	0.5-1.0	0.6-0.75	0.3-0.6	
Lípidos	12.0-18.0	14.5-20.0	9.0-13.0	11.0-16.0	1.5-1.6
Total de ácidos clorogénicos	5.5-8.0	1.2-2.3	7.0-10.0	3.9-4.6	5.2-7.4
Ácidos alifáticos	1.5-2.0	1.0-1.5	1.5-2.0	1.0-1.5	-
Oligosacáridos	6.0-8.0	0-3.5	5.0-7.0	0-3.5	0.7-5.2
Total polisacáridos	50.0-55.0	24.0-39.0	37.0-47.0	-	~6.5
Aminoácidos	2	0	2	0	0
Proteína	11.0-13.0	13.0-15.0	11.0-13.0	13.0-15.0	16.0-21.0
Ácidos húmicos	-	16.0-17.0	-	16.0-17.0	15

Fuente Bolívar, 2010

2.7.1 Sustancias presentes en el café

El café verde es un fruto con una composición extremadamente compleja. En la actualidad, se han identificado unas 2000 sustancias en el café, que además de cafeína contiene vitaminas, principalmente del complejo B, y sales minerales, como potasio, fósforo, magnesio y calcio, entre otras de menor expresión. El grano de café contiene también compuestos nitrogenados, lípidos, azúcares y polisacáridos, así como polifenoles, entre los que destaca el ácido clorogénico, con poder antioxidante (2, 3). Cada taza (7 g de café) de café tostado, con o sin cafeína, contiene entre 150 a 550 mg de polifenoles. El aporte energético del café tostado (expresso) o soluble solo (sin adición de leche ni azúcar) es despreciable, ya que una taza contiene entre 2 y 5 kcal. No obstante, la composición nutricional del café varía en función de la especie del grano, la cantidad de café verde, el proceso de transformación, el grado de tostado y molido, el método de preparación, el tipo de agua utilizada y el volumen de bebida (Nestlé, 2010).

En el grano de café se pueden encontrar compuestos solubles en agua como la sacarosa y otros oligosacáridos, ácido clorogénico y sus isómeros, ácidos no volátiles, incluyendo ácido cítrico, málico y tartárico; cafeína, trigonelina, proteína y sustancias minerales; los compuestos insolubles en agua incluyen el manano y celulosa, proteína y aceite.

2.7.2 Ácidos clorogénico

El café contiene ácidos clorogénicos que derivan de la unión éster entre el ácido cafeico y el ácido quínico. Se han identificado hasta 11 tipos de ácidos clorogénicos en el café Robusta. Normalmente se denomina ácido clorogénico al que está presente en mayor cantidad (5-O-cafeoilquínico). Junto con los ácidos feruloil-quínicos, ésteres del ácido cafeico y el ácido ferúlico, son una importante fuente de fenoles dietéticos. El contenido de ácidos clorogénicos es de 7 % en el café verde y se descomponen parcialmente (30 a 70 %) durante el tostado, alcanzando niveles cercanos a 4 %. El café es la fuente más rica de ácidos fenólicos entre las bebidas consumidas, en comparación con el jugo de

naranja, el vino tinto, la cerveza, los tés negros y verdes y el jugo concentrado de berries. Una taza de 200 ml de café tostado y molido proporciona entre 70 y 350 mg de ácido clorogénico. Los ácidos clorogénicos son considerados como antioxidantes, es decir, tienen la capacidad de atrapar radicales libres (Gotteland y De Pablo, 2007).

2.7.3 Cafeína

La cafeína (figura 7) se ha utilizado durante miles de años y es probablemente el elemento más consumido, con frecuencia se ingiere sustancias, farmacológicamente activa al mundo. Ha sido el foco de la mayoría de las investigaciones ya que fue descubierta en 1819. A pesar de ello, los efectos de la cafeína en la salud siguen siendo inciertos y controvertidos. En su forma más pura la cafeína tiene forma de cristales de sabor amargo y se encuentra en muchas sustancias de uso cotidiano (García, 2010).

La Cafeína (1, 3,7-trimetilxantina) es una de las tres metilxantinas presentes en el café junto con la teofilina y la teobromina. Este alcaloide actúa como un estimulante del sistema nervioso central y se encuentra presente también en forma natural en el té y el cacao. También se añade en bebidas de consumo habitual como las cola (alrededor de 10 mg/100ml) y bebidas energizantes (alcanzando los 34ml/ml) (Gotteland y De Pablo, 2007).

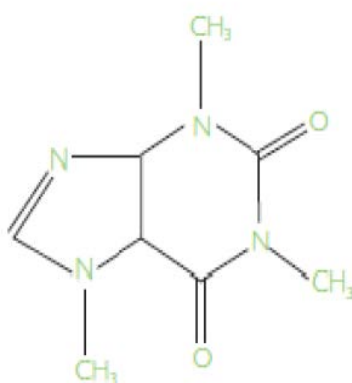


Figura 7. Molécula de Cafeína
Fuente: García, 2010

2.7.4 Sustancias minerales

Estas juegan un papel importante en el crecimiento estructural de la planta y la semilla; hacen parte de las estructuras químicas de carbohidratos, proteínas y lípidos. Algunos autores han establecido la importancia de varios minerales para el desarrollo de la planta de café y para las deficiencias en el crecimiento, también para el sabor del café tostado y en las propiedades físicas del grano. Se ha establecido que muchos árboles de café pueden crecer satisfactoriamente en soluciones minerales de iones de fosfatos, nitratos, amonio o urea, sulfatos, férricos, potasio, calcio y magnesio. A menudo los elementos traza como el manganeso, boro, zinc, cobre y otros, son requeridos para la salud de la planta y la buena cosecha de cerezas (Clarke y Macrae, 1995).

Constituyen las cenizas del café y están compuestas principalmente por óxidos de Potasio (el cual es el principal constituyente, alrededor del 40 % de las cenizas), sodio, calcio, magnesio, fósforo, azufre; además de diversos oligoelementos como hierro, aluminio, cobre, yodo, flúor, boro, vanadio, manganeso, entre otros (Bolívar, 2009).

Cuadro 4. Contenido mineral de granos verdes de *Coffea arabica*

Componentes mayores (mg %)		Componentes menores (mg %)	
K	1350-1712	Cr	74-1327
Mg	142-176	V	70-110
Ca	76-20	Ba	<100-615
Na	2,3-17	Ni	11-388
Fe	2.1-10,5	Co	10-93
Mn	1,1-9.8	Pb	18-77
Rb	0,6-4,2	Mo	11-27
Zn	0,5-3,2	Ti	4-20
Cu	0,5-2,3	Cd	3
Sr	0,4-1,3		

Fuente: Bolívar, 2009

2.7.5. Proteínas y aminoácidos libres

En el caso del café verde, las proteínas están presentes en una forma no unida en el citoplasma o unidas a polisacáridos en las paredes celulares, aproximadamente un tercio de la proteína en el café verde está asociado con el arabinogalactano de la pared celular, formando un arabinogalactano tipo II. El contenido de proteína en el café verde consiste de una fracción soluble en agua (albúmina), la cual constituye aproximadamente la mitad del contenido total de proteína y una fracción insoluble (globulinas 11S) (Acuña *et al*, 1999).

Durante el proceso de tostación, las proteínas se desnaturalizan y se degradan para producir fragmentos de bajo peso molecular. Adicionalmente, algunas de las proteínas reaccionan con carbohidratos (reacción de Maillard) e incluso con compuestos fenólicos, para producir compuestos que contribuyen al aroma y coloración del café (Clarke y Macrae, 1995).

Los aminoácidos unidos como proteínas también estarán presentes en el grano de café como aminoácidos libres; la fracción de aminoácidos libres forma hasta un 2% de los granos de *Coffea arábica* y *Coffea canephora*; en el café están presentes aminoácidos que se presentan comúnmente en los tejidos de las plantas y también trazas de aminoácidos poco comunes, como se indica en la tabla 9. Algunos autores han proclamado el uso de los perfiles de aminoácidos como un indicador del origen geográfico y botánico (Campos y Rodríguez, 1971).

2.7.6. Lípidos

Los lípidos en los granos de café verde se encuentran localizados en el aceite del café, presente en el endospermo y en pequeñas cantidades en la llamada cera del café, localizada en otras partes del grano. Durante el tostado, el aceite sale a la superficie de los granos, lo que da el aspecto característico del tostado oscuro, e impide la salida de parte de los componentes volátiles del aroma (Vázquez, 2011).

El aceite es considerado como un importante vehículo para el aroma del café tostado, pero es poco el que pasa al café soluble (1.5-1.6 %). La literatura reporta para la especie *Coffea arabica* un 12-18 % de lípidos crudos, y para la especie *Coffea canephora* un 9-13 % (Clarke y Macrae, 1995).

2.7.7 Carbohidratos

Los carbohidratos son los principales constituyentes de los granos de café verde, estos participan como precursores del aroma, mejoran la calidad organoléptica de la bebida de café contribuyendo a su viscosidad y espesor, imparten estabilidad a la espuma en la bebida de café expreso y participan en la formación de sedimentos y en el incremento de la viscosidad del extracto durante la fabricación del café soluble; además durante el proceso de tostación sufren cambios complejos que contribuyen a mejorar el carácter organoléptico de la bebida de café (Bolívar, 2009).

Los granos de café contienen diferentes carbohidratos, subdivisibles en los polisacáridos y en azúcares de bajo peso molecular, dentro de los cuales se encuentran los tri-, di- y monosacáridos (Clarke y Macrae, 1995).

La fracción de carbohidratos en los granos de café tanto verdes como tostados, constituye casi la mitad del grano en base seca, tanto en *Coffea canephora* como en *Coffea arabica*, además son los mayores componentes del café soluble (Bolívar, 2009).

Cuadro 5. Contenido aproximado de carbohidratos en granos de café verde, tostado y en café soluble.

Contenido, % en peso, base seca			
Café	verde	Tostado	soluble
Total Carbohidratos	45-60	40-50	30-45

Fuente: Bolívar, 2009.

2.7.8 Compuestos aromáticos

La mayoría de los componentes volátiles del café derivan de componentes no volátiles presentes en el grano verde, los cuales reaccionan durante el tostado formando mezclas muy complejas. El sabor y aroma característicos del café tostado es el resultado de un conjunto de reacciones, por un lado, entre la que se destaca la pirolisis, y por otro lado, de una serie de interacciones entre componentes muy diversos del grano: azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos y componentes fenólicos. La composición final de volátiles en un determinado café depende de numerosos factores, tales como la especie y la variedad del grano, las características del suelo y factores climáticos durante su cultivo, las condiciones de almacenamiento de los granos verdes, el método utilizado para el tostado, así como el tiempo y la temperatura de tostado. Todos estos factores influyen en el aroma final del producto por afectar directamente sobre la cantidad y calidad de precursores no volátiles presentes en el grano verde y su posterior evolución durante el tostado. En café verdes se pueden encontrar varios volátiles, tales como piridinas, quinoleínas, pirazinas, piroles y poliaminas. Otros componentes (furanos, alcoholes, carbonilos, ésteres, fenoles y tioles), se encuentran en determinadas variedades del café. La presencia de metoxipirazinas, es un compuesto que puede ser el responsable del aroma característico del café verde (Vázquez, 2011).

2.8 CALIDAD EN EL CAFÉ

La calidad en el café Es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión, desarrollo y conservación de las características físico – químicas, intrínsecas del producto, hasta el momento de su transformación o consumo.

2.8.1 Factores que afectan la calidad del café

Las descripciones de calidad son una expresión de variabilidad, tanto genética como ambiental, ya que no ha sido posible todavía estimar independientemente el papel de estos dos factores.

2.8.1.1 La altitud

Para la especie arábica la calidad total y muy especialmente la acidez, se desarrollan en función de la altitud. Algunos sugieren que las bajas temperaturas existentes a mayores altitudes ocasionan una acción más intensa de los rayos ultravioleta que también favorece la calidad. Los granos producidos a mayores altitudes son más duros, por tanto más apreciados. Una maduración acelerada en un ambiente cálido y húmedo tiene un efecto negativo sobre el sabor del café, como ocurre con otras frutas (consejo mexicano del café, 1992).

Por otro lado se ha comprobado que demasiada altitud tiende a producir granos con película plateada, verdoso, produciendo un licor con poca acidez. Este fenómeno se acompaña de otro denominado “calor y frío” que distorsiona y decolora las puntas de los brotes (Consejo Mexicano del Café, 1992).

La altitud influye poderosamente en la calidad del fruto, haciéndolo más fino conforme es más alto sobre el nivel del mar. El grano de altura, o como lo llaman los compradores estrictamente duro, es de sabor más agradable, más parejo en conformación con un porcentaje mayor de cafés de primeras y al tostarse pierde menos peso (Acevedo, 1994).

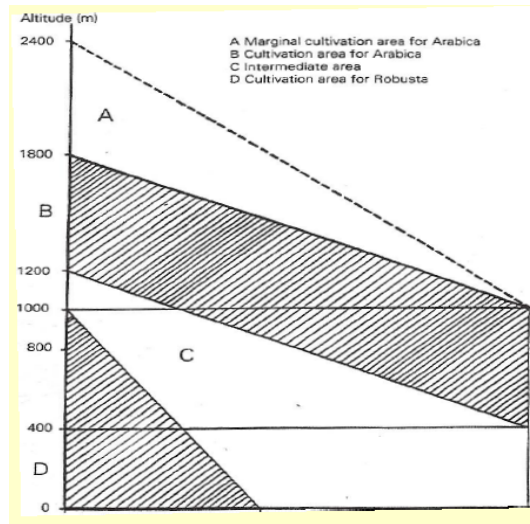


Figura 8. Zonas de altura óptima para el cultivo de café

Fuente: Acebedo, 1994

2.8.1.2 Suelo y Fertilización

El café producido en suelos fértiles favorece un mayor tamaño de los granos y por consiguiente un producto final más apreciado. Un exceso de nitrógeno puede disminuir la densidad de los granos, mientras que aumenta la producción. También aumenta el contenido en cafeína, resultando en un café más amargo (ANACAFE 1998).

La deficiencia del elemento Hierro en los suelos con un pH alto produce un grano ámbar o mantequilla, desacreditando su calidad. Por el contrario el contenido en cafeína y ácido cloro génico no se ve afectado por diferentes niveles de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) (Consejo Mexicano del Café, 1992).

(Acebedo 1994), indica que no hay correlación entre el contenido de fósforo en la semilla y la calidad física y organoléptica del grano. Por otro lado, altos niveles de calcio (Ca), y potasio (K) en la semilla afectan la calidad del café. El licor resulta más amargo y duro. Deficiencias de magnesio (Mg) también provocan un efecto adverso sobre la calidad. En Kenia, aplicaciones repetidas del pasto Elefante o estiércol de ganado favorecieron el incremento de granos de un color pardo indeseable en el café verde y dieron lugar a unas características pobres a la torrefacción. Este efecto se asocia con la deficiencia de Mg inducido por el alto contenido de K en el pasto Elefante y los altos niveles de K y Ca, en el estiércol.

Si bien, la textura, profundidad, pH, contenido de materia orgánica y fertilidad del suelo son aspectos que están directamente relacionados con el rendimiento del café producido; restricciones en estos aspectos también pueden afectar la calidad del café. En el caso particular de la textura, se ha encontrado que suelos arcillosos provocan significativamente más defectos en los granos que los suelos con mejor textura (Lara, 2005).

2.8.1.3 Beneficiado

El tipo de beneficiado del café es un factor que probablemente en mayor grado determina la calidad en la bebida.

El beneficio del café comprende el proceso industrial que transforma en producto comercial la cereza o café *capulín o bola*. Los métodos o sistemas para el beneficiado de café son dos: el húmedo y la seca. El beneficio húmedo consiste en transformar la cereza de café pergamino, con 12 % de humedad, en las siguientes fases: recepción de la cereza, despulpe, remoción de mucílago o fermentación, lavado del café y secado de este. El beneficiado seco se utiliza en la obtención de cafés no lavados, como el *capulín o bola* y en la parte complementaria de los cafés lavados en su fase de pergamino a café oro o verde (Regalado, 2006).

(Menchu 1966), menciona que el sistema de beneficiado por vía húmeda produce los cafés llamados suaves, del cual generalmente se obtiene los mejores aspectos del grano, sabor limpio y suave, fino aroma y agradable acidez, cualidades que a su vez son incrementadas o modificadas por el clima y la altura de la plantación y son de mayor calidad.

2.8.1.3.1 Beneficiado húmedo

(Fischersworing y Robkamp, 2001), expresan que mediante el beneficiado por la vía húmeda se obtiene un café de mayor calidad en comparación con el procesamiento por la vía seca. El beneficiado húmedo comprende 5 operaciones; recolección, despulpado, desmucilaginado, lavado y secado las que se describen a continuación. Estas influyen directamente en la calidad del café.

a) Recolección o cosecha del fruto. La recolección del fruto del café es el inicio del proceso de beneficiado, su calidad está influenciada por las practicas agronómicas aplicadas a la finca, así como por la disponibilidad y tipo de mano de obra que se dedique a la recolección o corte; se deben de cortar únicamente los frutos maduros ya que de estos se obtiene una buena calidad de café. Los frutos verdes, sobremaduros, secos, enfermos se deben de separar y beneficiarlos por la vía seca. Es muy importante recalcar que si cortamos una mezcla de cafés maduros, verdes y sobremadurados, se obtendrá una partida de café heterogénea y por lo tanto, un café de mala calidad (Pineda *et al*, 2002).

b) Despulpado. Consiste en remover el epicarpio y parte del mesocarpio (pulpa) del fruto, con el fin propiciar una aceleración del proceso de descomposición del mucílago y evitar el manchado del café pergamino por dispersión de los pigmentos antocianicos presentes en el epicarpio del fruto, se debe realizar cuando el café está maduro y debe hacerse durante las primeras 8 horas posterior a la cosecha (Banegas, 2009).

c) Desmucilaginado o Fermentación. Consiste en eliminar el resto del mucílago que quedo adherido al pergamino que representa un 17 % a un 20 % del peso del fruto maduro. El propósito de la eliminación del mucilago es para facilitar el secamiento del grano, sin que se deteriore la calidad por efectos de fermentos o sobrefermentos. La separación del mucilago puede realizarse de tres: fermentación natural, química y desmucilaginado mecánico. La duración

de este proceso en condiciones adecuadas varía entre 12 y 24 horas máximo 30 (Fischersworrning y Robkamp, 2001).

d) Lavado. Tiene el propósito de eliminar todas las sustancias residuales del mucílago que todavía se encuentran adheridas al pergamino del café. El grano de café lavado en el punto adecuado de fermentación presenta un pergamino limpio, áspero y blanquecino, sin restos de miel en la hendidura del grano. Se debe evitar almacenar el pergamino húmedo o retardar el paso al proceso de secado. Este tipo de retraso produce efectos negativos sobre la calidad de la bebida: sabor a tierra y fermento, cuerpo sucio, amargo intenso y poca acidez de la bebida (Banegas, 2009).

e) Secado. Se diferencian básicamente dos tipos de secado: el natural o a sol y el secado artificial; sin embargo la mejor calidad se obtiene con el secado natural (Fischersworrning y Rosskamp 2001). De acuerdo a (Pineda *et al*, 2002), esta etapa es quizá la más importante ya que al no realizarla correctamente puede ocurrir más del 70 % de los defectos o imperfecciones que se determinan al preparar un café para la exportación. El secado consiste en disminuir el contenido de humedad con que el grano sale de la pila o canal de clasificación (50-55 %) hasta el 10-12 % de humedad lo que permite al grano ser almacenado sin repercutir en la calidad.

2.8.1.3.2 Beneficio en Seco

Se inicia cuando los frutos comienzan a secarse en el propio árbol, estado en el cual contiene una humedad de 60 a 65%. El grano se cosecha e inmediatamente debe someterse al proceso de secado. El secado al aire o secado natural puede durar entre dos y cuatro semanas, dependiendo el clima. Cuando se utilizan secadores dinámicos se recomienda hacer un pre secado al sol hasta que el grano reduzca su contenido de humedad entre el 30 y 35 %, lo cual permite un mejor manejo y eficiencia de la secadora. El proceso de secado se debe suspender cuando el grano haya alcanzado un 12 % de humedad, momento en el cual se somete a la trilla con el fin de separar la pulpa seca y el

pergamino (técnicamente denominado cacota) quedando lo que se denomina café verde (Prieto, 2002).

2.8.1.4 La variedad

El genotipo de la planta de café determina las características de tamaño, forma y color de los granos, su composición química y las propiedades organolépticas de la bebida (Lara, 2005).

Aproximadamente el 80 % de la producción mundial es *Coffea arabica* que es tetraploide (dotación cromosómica doble de la de sus progenitores) y el otro porcentaje *Coffea canephora* que es diploide (dotación cromosómica doble de la de sus gametos). Esta diferenciación genética que son los responsables de la composición química de las semillas del café y por tanto de la calidad de la misma hace que el *Coffea arabica* sea de mejor calidad. Toda la producción del país es también de esta especie y siempre se han cultivado dos variedades “originales” de esta especie: Variedad **Típica** (criolla o silvestre) y variedad **bourbon**; pero también es ampliamente cultivado las variedades **caturra** (una variedad de bourbon).

Además de las diferencias interespecíficas en la calidad del café se ha afirmado que las variedades de *C. arabica* también presentan variaciones en calidad tanto física como organoléptica. Sin embargo, de manera general se ha consensuado que no hay diferencias marcadas de calidad entre cafés arábigos que se desarrollen bajo condiciones similares (Lara, 2005).

2.8.1.5 Cosecha

La calidad está influenciada por las prácticas agronómicas aplicadas en la finca, así como por la disponibilidad y tipo de mano de obra que se dedique a la recolección o corte; de deben de cortar únicamente los frutos maduros ya que de estos se obtiene una buena calidad de café. Los frutos verdes, sobremaduros, secos, enfermos se deben separar y beneficiarlos por la vía seca. Es muy importante recalcar que si cortamos una mezcla de cafés

maduros, verdes y sobremaduros, se obtendrá una partida de café heterogénea y por lo tanto un café de mala calidad (Pineda, 2002).

Durante la fase final de la maduración ocurren transformaciones en el exterior (pulpa) e interior (grano) de los frutos. En el exterior se inicia la degradación de la clorofila, síntesis de pigmentos (carotenoides, antocianinas, etc.). En el interior sucede la reducción de compuestos fenólicos y consecuente disminución de la astringencia, y aumento de los compuestos volátiles (ésteres, aldehídos, cetonas y alcoholes). Estos compuestos son responsables del aroma: características de los frutos maduros. Por ello, solo los frutos que alcanzan su plena madurez, llegan a su punto óptimo de calidad (Lara, 2005).

2.8.1.6 Sombra

El cafeto, por tener su origen en el bosque sombrío de la selva tropical africana, es una especie que crece bien bajo sombra). La luz solar influye significativamente sobre la diferenciación de las yemas florales durante los meses de noviembre a enero, y sobre la floración, de enero a mayo. También afecta el crecimiento y formación del fruto, así como el desarrollo vegetativo de la planta. Muschler encontró una mejora substancial de la calidad del café bajo sombra en condiciones ambientales sub óptimas; donde las plantas de café se encontraban bajo estrés. Los principales beneficios de la sombra fueron: mayor peso de la cereza, mayor tamaño, mayores tazas de acidez y cuerpo. En estudios similares también se encontró que la producción de café bajo sombra favoreció la formación de frutos de mayor peso y tamaño. Esto se debe a que bajo condiciones de sombra la pulpa madura más lentamente por la menor temperatura producida por el sombrío, logrando de esta manera un mejor llenado de grano, favoreciendo la formación de granos grandes con mayor acidez, cuerpo y aroma. Por otro lado, la planta de café necesitará menores niveles de sombra cuando esta se encuentre bajo condiciones de baja temperatura, mayor humedad relativa, menor exposición a la luz solar y alta fertilidad natural del suelo, condiciones óptimas (Lara, 2005).

2.9 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAFÉ

La variación en la calidad del café está determinada por factores genéticos y no genéticos. Puede haber muchos factores no genéticos como lo son la altitud, pluviometría, acidez del suelo, la sombra, etc. Y factores genéticos tales como la producción y la granulometría, entre los cuales el tamaño, forma, color y composición química del grano influyen en la calidad del café, además el tamaño del grano presenta una relación positiva con la calidad de la taza de café. Una característica relacionada con la calidad del café Arábigo que se viene mejorando actualmente con buen progreso en los programas de compuestos bioquímicos (cafeína, azúcares, ácidos clorogénicos y lípidos), relacionados con la calidad de taza del café es otra variedad para mejorar (Ignacio, 2007).

En calidad de fase, los orígenes genéticos y geográficos otorgan específicos caracteres físicos, químicos y organolépticos. Los cuidados prestados para prepararlo y fabricarlo desempeñan un papel determinante en la expresión de estas características (Burgos, 2003).

La calidad del café, también se refiere a las características intrínsecas del grano es decir las características físicas y organolépticas que inciden principalmente en el precio de venta del café. Sobre la calidad del grano de café influye a su vez en forma determinante la composición química del grano, condicionada por la constitución genética de la especie, si es *C. arabica* o *C. canephora* (Banegas, 2009).

2.9.1 Características Físicas

Actualmente en el proceso de revisión de la calidad en el café se toman las siguientes características en el café verde.

2.9.1.1 Forma del grano

El mercado tiene como base la forma de grano plano convexa o chata, la cual se considera como la forma normal. Entre los granos de forma normal pueden distinguirse, granos cortos y largos, los primeros tienen una relación largo / ancho, menor y en los segundos dicha relación es mayor (ANACAFE, 1996).

2.9.1.2 Tamaño del café

El tamaño del grano varía notablemente según la variedad, localización de la finca, manejo del cafetal y clima.

El tamaño del café verde es importante para obtener tuestes parejos en etapas posteriores de procesamiento ya que los granos pequeños tuestan más rápidamente que los grandes. Esta prueba mide el ancho que presentan los granos de café en verde de forma plano – convexa. Los granos de café provenientes de la variedad Maragogype son por más grandes que el común de los granos de otras variedades lo que necesitan manejarse por separado. En esta prueba, los granos de esta variedad que pasan por la criba de 6,5 mm redonda son considerados igual que otras variedades de café (NMX-F-551-1996).

El tamaño del grano de café se mide por medio de zarandas con medidas dadas en sesentaicuatroavos de pulgada (1/64”), con perforaciones redondas o bien alargadas, en el primer caso, es el ancho del grano el que determina su paso por la perforación y en el segundo es el espesor el que lo determina. Para las zarandas con perforaciones redondas el grano es retenido sobre los números que van del 18 al 20 pueden considerarse como grande, del 15 al 17 mediano y del 12 al 14 pequeño (Burgos, 2003).

(Regalado, 2006) dice que en las zarandas con perforaciones redondas, el grano retenido sobre los números 21 y 23 se considera muy grande (maragogipe), del 18 al 20 como grande, de la 15 al 17 mediano y menor a 14 pequeño. Las zarandas con números inferiores se usan para la clasificación del

caracol, y bajan hasta el número 8 de esta serie: tales cribas tienen perforaciones alargadas con 19 milímetros de largo (3/4”).

1.9.1.3 Uniformidad de los granos

Aquí se aprecian en conjunto las cualidades señaladas, que a primera vista muestran la buena o mala presentación del lote. Una observación detenida hace ver los efectos individuales, como granos dañados por las despulpadoras (Regalado, 2006).

La uniformidad de los granos del café está relacionada con la homogeneidad en su tamaño y en la apariencia. Una falta de uniformidad de los granos indica un deficiente manejo de la plantación; mezcla de los cafés verde, maduro y sobre maduro en la cosecha y la presencia de hongos o ataque de insectos en las fases de producción y post-cosecha (Duicela *et al*, 2009).

2.9.1.4 Color del grano

El color de los granos de café verde es indicativo de la altitud y buenas prácticas de procesamiento. A medida que la altitud se incrementa el color del grano se torna más oscuro acercándose al valor de 5 753 C en el código de colores Pantone; sin embargo, también el color se ve afectado por el contenido de humedad del grano, la temperatura de secado, el tiempo de fermentación durante su procesamiento y las condiciones de humedad y temperatura durante su almacenamiento, el cual puede dar lugar a tonalidades más claras (NMX-F-551-1996).

El color de los granos está relacionado con las zonas de cultivo, la fertilidad del suelo, el estado sanitario de los frutos, el proceso de beneficio y el tiempo de almacenamiento, El color de los granos depende del método de beneficio: tiende a “verde” cuando es lavado y a “marrón dorado” cuando se beneficia por la vía seca (Duicela *et al*, 2009).

El color del grano crudo, está estrechamente correlacionado con sus características en licor. Los colores encontrados en los granos normales son azules, verdes, amarillos y pardos. Estos colores se presentan en escala descendente de calidad, lo que indica que los granos de mejor calidad son predominantemente azules, mientras que los colores amarillo y pardo son indicativos de granos de calidad pobre (Burgos, 2003).

Por su parte (Regalado, 2006) también relaciona el color con la región y la altura del sitio donde se siembra como el beneficiado por lo que los cafés lavados de altura tienden a producir granos de color verde azulado, en tanto a los de mediana o baja altura presentan tonalidades alrededor de verde claro. El color del grano resulta afectado por el buen o mal proceso en beneficio húmedo. Sin embargo donde más se afecta el color es en el secado especialmente cuando se hace por sistemas mecánicos en el cual es calor disperejo es el defecto más generalizado.

2.9.1.4 Defectos Físicos

El deficiente manejo agronómico (siembra, podas, fertilización, deshierbas y regulación de sombra) y el inapropiado control de los problemas fitosanitarios, impiden la obtención de altos rendimientos por unidad de superficie y afectan la calidad física del café robusta. El incorrecto proceso post-cosecha, que incluye la cosecha de café inmaduro, la no calibración de los equipos y una manipulación inapropiada, contribuyen a elevar la proporción de defectos físicos del café. La calidad física del café está determinada por los defectos en el color y forma de los granos; así como, por la presencia de compuestos defectuosos propios del café y componentes extraños. Los principales defectos físicos de los granos son los siguientes: brocado, cristalizado, anormal, fermentado, inmaduro, manchado, mohoso, negro, opaco, partido, pequeño, quebrado, vano y veteado. Además, se consideran defectos a todas las materias extrañas como palos y piedras (Duicela *et al*, 2009).

Los defectos que se deben separar son aquellos granos de coloración distinta a la verde que es la considerada como normal, aquellos granos que presenten epicarpios o endocarpios, los quebrados, partidos, las conchas y flotes y toda materia extraña encontrada en la submuestra de café.

Existen dos maneras de evaluar los defectos que se encuentran en una muestra y son.

- Evaluación por número de defectos: prueba generalmente utilizada en los cafés con muy buena preparación.
- Evaluación en por ciento de imperfecciones y materia extraña que se usa generalmente en partidas con preparaciones intermedias y deficientes (NMX-F-551-1996)

2.9.2 Características del tueste

Existen grandes diferencias entre el café tostado y el café verde o crudo, porque al sufrir éste proceso, la composición del café se modifica en su estructura; Estas modificaciones pueden ser tanto físicas (volumen, densidad, color, dureza), como también cambios de tipo químico que dan origen a las cualidades organolépticas del café (Prieto, 2002).

El proceso de tostar café es uno de los momentos importantes que puede determinar la calidad percibida en la taza. Cada tipo de café debe ser tostado de acuerdo a sus características particulares, porque de eso depende que se resalten o anulen sus cualidades. Por lo tanto, catación y tostado son dos elementos íntimamente ligados, que se convierten en herramientas que el caficultor puede utilizar para conocer mejor los granos que está produciendo (ANACAFE, 2008).

Durante el proceso de tueste se incrementan algunas cantidades de determinados compuestos volátiles. Otros crecen hasta un punto determinado del proceso, para decrecer de nuevo mientras sigue el tostado. Por ejemplo, la mayor concentración de furfural, que pertenece al grupo de los furanos y otorga al café un sabor suave y acaramelado, se alcanza incluso a niveles de tostado muy cortos. En cambio la acidez decrece gradualmente. Esto significa que el

grado de tueste tiene una influencia decisiva sobre el desarrollo y concentración de los agentes aromáticos. El conocimiento sobre el impacto de los procesos químicos en el sabor del café hace que se puedan incluir tantos factores como sean posibles en el desarrollo de nuevas tecnologías para la obtención de una calidad elevada y reproducible (Rodríguez, 2007).

El comportamiento del grano durante el proceso de tostado, el cambio gradual de su color e intensidad al finalizar el tueste, el aspecto físico de su superficie, la abertura de la hendidura, el color de la película en la hendidura y otros aspectos, nos dan una señal de la procedencia del grano y de la calidad del proceso de beneficiado y esto se conoce como “Carácter”. Cafés inferiores o de zonas bajas tuestan más rápido, revientan más, su hendidura abre más y hasta el color del tueste es más claro y sin brillo con una superficie más lisa que los cafés finos o de altura (Burgos, 2003).

2.9.3 Características Organolépticas del Café

Las cualidades de la bebida del café son evaluadas por expertos llamados catadores que califican la bebida a través de los sentidos del gusto y del olfato. La evaluación sensorial del café se realiza empleando café tostado y molido (Duicala *et al*, 2009). Dentro de las características organolépticas importantes se encuentran: aroma, cuerpo, acidez, amargo y sabor (Lara, 2005).

2.9.3.1 La cata del café

La catación se ha considerado como herramienta importantísima para el control de calidad del café. Primero, debemos partir por definir catación. En su definición más sencilla, catar es “probar, gustar algo para examinar su sazón” (Real Academia Española). En una definición más compleja, Ted Lingle en su libro “The basics of Cupping Coffee” define la catación de café como “una evaluación sistemática de aroma y sabor de una muestra de granos de café”, añade que es una manera prescrita de preparación y una serie de pasos que conduce a una evaluación sensorial completa del café por medio de los

sentidos sensoriales del catador, olfato, gusto y sensación bucal. Esta técnica permite entonces someter el café como bebida al juicio sensorial humano para la identificación de atributos o características (positivos) o bien defectos (negativos) para su categorización, que generalmente está asociada a propósitos económicos (ANACAFE, 2011).

2.9.3.2 Aroma

Es la primera cualidad que el catador percibe en la bebida del café al oler la muestra. El aroma es una propiedad organoléptica que describe la impresión olfativa general de las sustancias volátiles de un café. Esta cualidad se relaciona con la fragancia que desprende la bebida. Un aroma delicadamente fino, fragante y penetrante es la manifestación de un buen café (Duicela *et al*, 2009).

El sabor y aromas particulares de la bebida de café son el resultado de alrededor de mil sustancias químicas que se origina en la semilla de café y se preparan para su apreciación sensorial en el proceso de tostación. En el café se han determinado diversos compuestos como furanos, pirroles, pirazinas, cetonas, aldehídos, alcoholes, ácidos, piridinas, tiazoles, ésteres, diterpenos, alcaloides, colorantes, aminoácidos, entre otros (Puerta,1999).

El aroma del café varía según la altitud de la zona de cultivo y parece que el contenido de magnesio en el suelo favorece las características de aroma y sabor del café (Duicela *et al*, 2003).

2.9.3.3 Acidez

Es el sabor y aroma característico de ciertos ácidos como el acético, o de frutas cítricas como el limón o la naranja. Es una cualidad propia y positiva de la especie *Coffea arabica* L. beneficiado por la vía húmeda. Su intensidad se modifica por el grado de torrefacción. La acidez es indeseable cuando se califica como agria, picante, acre, astringente o ausente, derivada de inadecuadas prácticas de cosecha y en el beneficio del café. En un café

Robusta se espera una acidez neutra o áspera. La acidez es una de las características más apreciadas en el café (Alberto, 2010).

La acidez es la característica más apreciada en la comercialización del café, y por consiguiente con mejor valor comercial. Está debe detectarse en la punta o los lados de la lengua. Es una sensación que limpia el paladar. Puede clasificarse a los de mayor grado como acidez aguda y penetrante, los intermedios como ligeros, hasta escasa o falta absoluta de acidez. La acidez se ha asociado a la acción de ácidos orgánicos. Se considera que el ácido fosfórico puede ser uno de los responsables de la acidez (Lara, 2005).

2.9.3.4 Sabor

Las características organolépticas del café se complementan y dan para cada taza un sabor determinado que corresponde a determinado tipo. Este sabor puede ser alterado por la presencia de granos procedentes de frutos verdes o por el contrario de frutos sobre maduros. Además, un proceso de beneficiado mal llevado producirá sabores y olores anormales. Entre los sabores objetables más comunes están: el mohoso, terroso, el sobre fermentado, etc. Además existen gustos y sabores como el áspero, amargo, sucio que estando en diferentes intensidades pueden o no constituir defectos completamente objetables. La calificación final puede ser: Excelente, bueno, regular o malo (Burgos, 2003).

La presencia de sabores extraños depende del lugar donde se almacena el grano, de la influencia de los sacos de yute sucios, de la contaminación de gasolina, jabón, tierra, u otro material con el cual se puso en contacto el café, en las fases de secado y almacenamiento (Duicela y Sotomayor, 1993).

2.9.3.5 Cuerpo

El cuerpo es una prueba en la taza de café, que indica su textura fuerte, regularmente deseable y que se encuentra por lo general en cafés cultivados en lugares altos. Esta cualidad está íntimamente relacionada con la naturaleza

de los sólidos solubles de la infusión. El catador lo estima en el paladar como una mayor o menor concentración y por esta razón se habla de Flojo o bien completo y lleno. Esta cualidad llega a su máximo en los granos de tipo Duro y se muestra apagada en los tipos bajos Bueno Lavado y Extra Bueno Lavado. En general, pueden encontrarse muestras con cuerpo completo y muy pronunciado, cuerpo mediano, cuerpo ligero o delgado y cuerpo escaso (Erales, 1985).

Se percibe en la lengua como una mayor o menor concentración. Una buena bebida de café presenta cuerpo completo, moderado y balanceado. Las calificaciones de cuerpo muy alto, lleno, sucio o ligero, son indeseables en los cafés arábica (Coronel, 2010).

2.9.3.6 Impresión global

Se refiere a la calificación general y clasificación de una bebida de café según su calidad. Debido a la impresión global, se acepta o rechaza la calidad de un café. Está relacionada con todas las propiedades percibidas con el sentido del olfato (aromas) y gusto (acidez, dulzor, cuerpo, amargo) (Coronel, 2010).

Generalmente las características organolépticas tienden a ser valoradas en el ámbito comercial con escalas cualitativas (Starbucks 2005; Menchú 1967). Sin embargo, en diferentes ocasiones han sido valoradas a través de escalas numéricas, especialmente con fines estadísticos (Lara, 2005).

2.10 TIPOS DE CAFÉ PRODUCIDOS Y CALIDADES DE CAFÉ EN MÉXICO

Los tipos de café producidos son: lavados, naturales y semilavados. Las Normas Mexicanas de acuerdo al Consejo Mexicano del Café A.C. establecen que los cafés verdes mexicanos se clasifican, para su comercialización, en once calidades (Vázquez, 2011).

a) Estrictamente altura

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

b) Altura

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

c) Extra prima lavado

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

d) Prima lavado

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

e) Buen lavado

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

f) Lavado

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

g) Desmanche

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

h) Natural tipo A

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

i) Natural tipo B

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

j) Robusta lavado

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

k) Robusta natural

Sin referencia sobre altitud. *Bouquet* de dañado hasta rico; acidez de ausente. (Fundación Produce Chiapas A.C. e ITESM, 2003).

Para el café verde, oro o crudo es importante conocer la norma mexicana NMX-F551-1996 Café Verde Especificaciones y Métodos de Prueba. El objetivo de esta norma mexicana es establecer las especificaciones de calidad que debe presentar el café verde para identificarlo. Es aplicable al café verde independientemente del método de producción y beneficiado por el cual fue obtenido e indistintamente que sea canalizado a cualquier mercado comercial. El producto objeto de esta norma se clasifica en las 11 calidades mexicanas que en orden descendentes son: estrictamente altura, altura, extra primer lavado, lavado, prima lavado, buen lavado, lavado, desmanche, natural tipo A, natural tipo B, robusta lavado y robusta natural. Los cinco primeros son los cafés de mejor calidad (Regalado, 2006).

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El estudio para el análisis químico y físico se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Nutrición Animal, mientras que el análisis sensorial se realizó en el Laboratorio I del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, área de análisis sensorial ambos laboratorios corresponde a la División de Ciencia Animal que se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. El tostado y molido de las muestras de café se realizó en la cafetería “Venenito café” que se localiza en el Blvd. Pedro Figueroa # 996-2 en la Colonia Real de Peña en la ciudad de Saltillo, Coahuila.

3.2 MUESTRAS

Las muestras que se recolectaron para este estudio fueron tres variedades, café (Bourbón, Caturra y Typica o Criollo) de la especie *Coffea arabica* dichas muestras fueron recolectadas en comunidades del municipio de Jitotol, Chiapas, México, estas muestras fueron recolectadas una altura promedio de 1500 metros sobre el nivel del mar, los cafetales donde se recolectaron fueron bajo sombra. En el cuadro 6 se muestran las variedades con sus respectivos lugares de recolección.

3.2.1 Recolección de las muestras

Las muestras de café que se analizaron, fueron recolectaron en distintas comunidades del municipio de Jitotol, Chiapas (Figura 9) que se ubica en la Región Socioeconómica VII DE LOS BOSQUES. Limita al norte con Pueblo Nuevo Solistahuacán y San Andrés Duraznal, al este con Simojovel y el Bosque, al sur con Bochil y al oeste con Pantepec y Rayón. Las coordenadas de la cabecera municipal son: 17°04'01" de latitud norte y 92°51'43" de longitud oeste y se ubica a una altitud de 1656 metros sobre el nivel del mar lo que hace un lugar excelente para el cultivo de café.

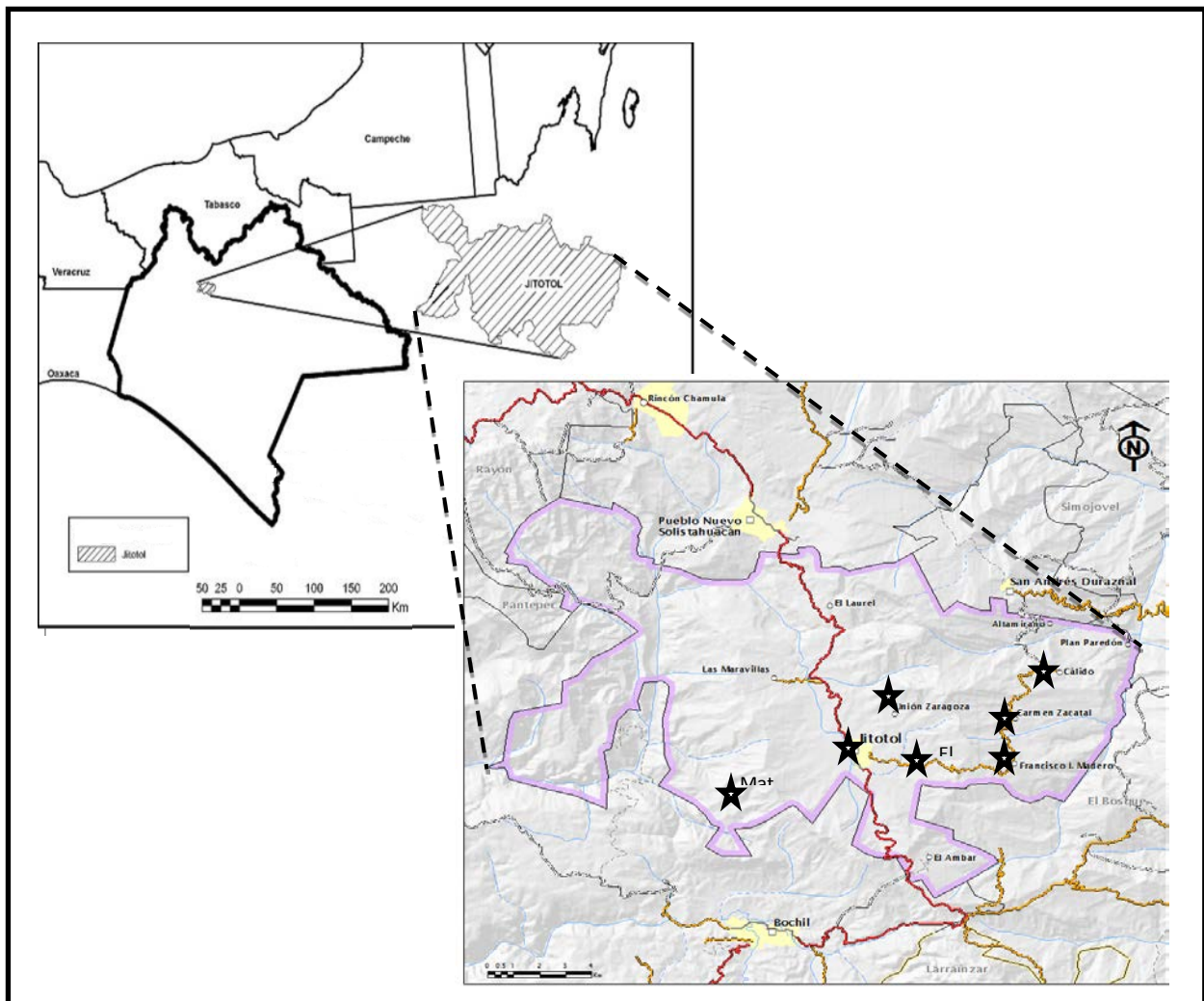


Figura 9. Descripción geográfica de la zona de estudio

★ Comunidades donde se recolectaron las muestras de café de las tres variedades.

El municipio de Jitotol lo conforman 64 Comunidades, de las cuales aproximadamente un 80 % se dedican al cultivo del café, las muestras se recolectaron distribuidas dentro del municipio, dichas comunidades son las principales productoras de café, su producción representan más del 70 % del total producido en el municipio. Las variedades que se recolectaron fueron Bourbon, Caturra y Typica o criollo, cabe mencionar que de la variedad caturra se tomaron los tipos rojo y amarillo.

Cuadro 6. Variedades de estudio y lugares de recolección

Variedad	Lugares de recolección
Caturra Rojo y Amarillo	Ejido Calido, Carmen Zacatal, Unión Zaragoza, Jitotol, Matasano.
Bourbón	El Matasano, El Ocotol, Jitotol, Ejido Calido, Francisco I. Madero.
Typica o criollo	El Matasano, Francisco I. Madero, Ejido Calido, Unión Zaragoza.

3.2.2 Conservación de la muestra (beneficiado)

Los granos de café de las tres variedades se recolectaron maduros en la cosecha de Diciembre-Marzo de ciclo 20012-2013 en los primeros cortes de esta temporada, se realizó un beneficiado comenzando con una selección manual de los granos maduros en el campo, el despulpado se hizo sin agua, el desmucilaginado (fermentación) se realizó en baldes plásticos de 15 a 20 lts hasta que el mucílago se desprendió del grano; el café se lavó cuidadosamente y el secado fue al sol exponiéndolo de 4 a 6 horas diarias por un aproximado de 4-5 días hasta que tomara la humedad aproximada mente de 11 a 13 %. Se guardó en bolsas de plástico para su traslado a la zona donde se analizaría la calidad del grano recolectado.

3.2.3 Identificación de las variedades

Una vez que se tuvieron las variedades en el área donde se analizarían se procedió a identificar las variedades, aunque dichas variedades no presentaron diferencias significativas por lo que para evitar confusiones fueron separadas desde la cosecha. Las diferentes variedades se aprecian en las figuras 10, 11 y 12.



Figura 10. Variedad Typica o Criollo



Figura 11. Variedad Bourbon



Figura 12. Variedad Caturra

3.3 EQUIPO

- Aparato kjeldhal
- Aparato soxleth
- Aparato de reflujo, LABCONCO
- Equipo NOVATECH MODELO MDK-6
- Equipo Rapid Distillation Unit, LABCONCO
- Balanza analítica digital ESPLORER OHAUS, MODELÓ, E02140
- Estufa de secado THELCO, MODELÓ, 27 TEMPERATURA 100-105°C
- Estufa de secado ROBERTSHAW TEMPERATURA 55-60°C
- Mufla, THERMOLYNE, MODELÓ 1500, TEMPERATURA 100-900°C
- Balanza, CHAUS
- Tostadora de aire caliente MT-3 MARCA TREJO rango de temperatura 0 a 500°C.
- Molino para café tostado
- Laboratorio de análisis sensorial

3.4 MATERIALES

- Matraz Erlenmeyer de 1000 ml, 500 ml, 250 y 200 ml PYREX MODELO 534
- Embudos, KIMAX MODELO 28950
- Matraz de aforación de 250 ml y 1000 ml, PYREX MODELO 5641
- Probeta 500 ml, 100 ml, 50 ml, PYREX MODELO 3075
- Papel filtro # 1, WHATMAN
- Embudo de decantación de 500 y 250 ml, KIMAX MODELO 29048
- Vasos de precipitado de 100 ml, 50 y 20 ml, PYREX MODELO 1000
- Matraz bola de 250 ml, PYREX MODELO 4100
- Matraz Kjeldhal 800 ml, PYREX MODELO 5420
- Bureta 25 ml, PYREX MODELO 2122
- Vasos uniceL No.
- Guía de colores Pantone
- Zarandas o tamices en sesentaicuatroavos de pulgada número 13, 14, 15 y 16
- Muestra de café pergamino y oro

3.5 PROCEDIMIENTO

3.5.1 Análisis químico

Con el fin de conocer las variaciones y contenidos de compuestos químicos se analizaron cada una de las variedades, dichos análisis realizados fueron: Proteína, grasa, fibra cruda, cenizas materia seca total, carbohidratos y cuantificación de cafeína por el método de Bailey Andrew (Método 14.020 y 14.047). Todos los métodos antes mencionados son propuestos por la AOAC.

3.5.1.1 Preparación y conservación de la muestra para el estudio químico

Para conservar la muestra se pesaron 150 g de café verde en una charola de aluminio, anotando el peso de esta, posteriormente se depositó en una estufa con circulación de aire caliente a una temperatura de 55–60°C, se dejó la muestra aproximadamente 72 horas debidos a la dureza del grano, pasado el tiempo se retiró de la estufa y se dejó enfriar por 5 minutos a temperatura ambiente, pesando transcurrido el tiempo, con esto se procedió a calcular la humedad parcial. Mediante la siguiente formula. La muestra seca se procedió a licuar para hacer las partículas más pequeñas, luego se guardó en frascos de vidrio.

$$\% HP = \left(\frac{W1 - W2}{W1} \right) X 100$$

Dónde:

W1: es el peso de la muestra seca;

W2: es el peso de la muestra después de estar en el horno;

HP: es la humedad parcial.

3.5.1.2 Determinación de materia seca total (MST)

Se pesaron 2 g de muestra conservada de café verde y se depositó en un crisol de porcelana previamente preparado (puesto a peso constante durante 15 min luego de sacarlo de la estufa) y pesado, se colocó el crisol ya con la muestra en una estufa con circulación de aire a una temperatura de 100 – 103°C durante 24 horas, pasado el tiempo se puso a enfriar en un desecador por 15 a 20 minutos en un desecador, se pesó el crisol luego de este tiempo y se calculó la MST con la siguiente formula.

$$\%MST = \frac{\text{peso crisol con muestra seca} - \text{peso crisol solo}}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

3.5.1.3 Determinación de cenizas totales (Minerales)

A la muestra utilizada en la determinación de MST después de haberla pesado, se pre-incinero en una parrilla eléctrica a baja temperatura hasta observar que el humo dejaba de formarse, se procedió a pasar el crisol a una mufla donde se incinero a 600°C por 2 horas, pasado el tiempo se retiró y enfrió en un desecador por 40 minutos, se pesó y calculo la cenizas mediante la siguiente formula.

$$\% C = \frac{\text{peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol solo}}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

Donde:

% C: es el por ciento de cenizas.

3.5.1.4 Determinación de extracto etéreo o grasa total

Se pesaron 4 gramos de café previamente conservado sobre un papel filtro Whatman No. 41, se depositó en un cartucho de celulosa (dedal), este se colocó dentro de un sifón, luego el sifón en un matraz redondo fondo plano, boca esmerilada previamente preparado (que este a peso constante y enfriarlo 15 minutos en un desecador) y pesado el cual se le agrego de éter de petróleo hasta la mitad del matraz, se acoplo al refrigerante del dispositivo Soxhlet, se calentó el matraz a una temperatura de 55 – 60°C y se hizo la extracción por 9 horas, finalizando este tiempo se retiró el cartucho de celulosa y se evaporo el solvente, el matraz se puso a peso constante por 24 horas en la estufa a 100 – 103°C, terminado este tiempo se enfrió en un desecador y se pesó, luego se procedió a realizar los cálculos mediante la siguiente formula.

$$\% E. E. = \frac{W \text{ matraz con grasa} - W \text{ matraz solo}}{g \text{ muestra}} \times 100$$

Donde:

E.E.: es el Extracto Etéreo;

W: es el peso.

3.5.1.5 Determinación de fibra cruda

Se pesó 2 gramos de muestra de café y se depositó en un vaso de Berzelius, agrego 200 ml de H₂SO₄ al 0.225 N, conectándose al equipo de reflujo Labconco por un periodo de 30 minutos en ebullición baja (contar el tiempo cuando empiece a hervir), pasado este tiempo se filtró en una tela de lino, lavándose con 3 porciones de 100 ml de agua destilada caliente, la fibra (residuo que queda en la tela de lino) se pasa al vaso de Berzelius, y agregar 100 ml de NaOH al 0.313 N, conectando nuevamente al aparato de reflujo Labconco por 30 minutos en ebullición baja, transcurrido el tiempo se filtró nuevamente con 3 porciones de 100 ml de agua destilada caliente, extender la tela y se retirar la fibra con una espátula colocándola en un crisol de porcelana,

posteriormente se puso a peso constante en la estufa de 100 a 103 °C por 24 horas, transcurrido ese tiempo se enfrió en un desecador por 15 min y se pesó, después de pesado se pre-incinero y coloco en la mufla a 600°C por 2 horas, luego de ese tiempo se enfrió en un desecador 40 minutos y se pesó calculando mediante la siguiente formula.

$$\% FC = \frac{W \text{ crisol con fibra seca} - W \text{ crisol fibra cenizas}}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

Donde:

% FC: es el por ciento de Fibra Cruda;

W: es el peso.

3.5.1.6 Determinación de proteína

Se pesó 0.05 g de la muestra sobre papel filtro Whatman No. 41, colocando este en un matraz micro Kjeldhal, con 4 ml de mezcla digestora, posteriormente se somete a digestión en el equipo NOVATECH MODELO MDK-6 hasta que la muestra tome un color claro en el matraz, posterior mente se coloca en el equipo Rapid Distillation Unit, LABCONCO previamente preparado en el que se llevara la destilación, recuperando 60 ml del destilado que se tornara de color verde, a este se le agrega dos gotas de indicador mixto, se pasa a titularse con H₂SO₄ a 0.02 N, cuando la muestra tomo el primer tono a rosa se detuvo y se registró los ml gastados y se determinó en % de N, que multiplicando con el factor de conversión 6.25 se obtuvo el % de proteína, utilizando las siguientes formulas.

$$\% N = \frac{(ml \text{ gastados})(normalidad \text{ del acido})(0.014)}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

$$\% P = (\% N)(factor \text{ de conversión})$$

DONDE:

% N: es el por ciento de Nitrógeno en la muestra;

% P: es el por ciento de proteína en la muestra.

El factor de conversión fue 6.25

3.5.1.7 Determinación de cafeína

Para la determinación del contenido de cafeína en infusiones se utilizó el método de Bailey Andrew (métodos 14.020 y 14.047 de la AOAC 1990); citado en el libro F. Leslie Hart, a.m., Harry Jhonstone Fisher, P.H.D. Análisis moderno de los alimentos. Editorial Acribia Zaragoza España segunda reimpresión 1991.

Se pesó un matraz Erlenmeyer de un litro, en el que se depositó 10 gramos de muestra molida pesada por separado, de manera que pase a través de un cedazo de 30 mallas, añádanse 500ml de agua. Se agitó imprimiendo un movimiento rotatorio sometiéndose a ebullición. Se añadió 10 g de óxido de magnesio y se procedió a hervir suavemente, sobre una llama durante dos horas, agitándose cada 15 min, añadiendo la cantidad de agua necesaria para evitar la formación de espuma y lavando los lados del matraz. Se enfrió, posteriormente se colocó el matraz sobre una balanza y se añadió agua suficiente para que su peso final sea igual al peso del matraz solo + el peso de la muestra + 510 g. posteriormente se filtró, y se recogieron 200 ml de filtrado claro (equivalente al 40% del peso de la muestra 4 g de café), se añadió 2ml de ácido sulfúrico (1+9); transfiriéndose el conjunto a un embudo de decantación de 500 ml. Extrayéndose 6 veces con cloroformo utilizando porciones de 25, 20, 15, 10, 10 y 10 ml. La primera porción de 25 ml se coloca en el embudo de decantación, agitando un poco vigorosamente, se coloca en el soporte, se espera que las fases se separen recolectando en un vaso la fase clorofórmica que se deposita en la parte inferior, y la fase superior se sigue extrayendo con las sucesivas cantidades, se reúnen todos los extractos clorofórmicos y

trátense con 5 ml de una disolución de óxido de potasio al 1 %, pasando este a un embudo de decantación de 250 ml, cuando se separó por completo las fases, se recogió la capa clorofórmica (fase inferior) en un matraz de Kjeldhal. Lavándose la disolución alcalina con 2 porciones de 10 ml de cloroformo y uniéndose los lavados con él con el extracto. Se destiló el cloroformo hasta reducir su volumen a menos de 25 ml, y se midió el contenido de nitrógeno.

1 ml de ácido sulfúrico gastado al 0.1N = 4.85 mg, de cafeína anidra.

3.5.2 Análisis físico del café verde

El análisis físico es importante para determinar la calidad por lo que las características que presenta el grano varían de acuerdo a los aspectos como la altitud, especie, fertilización, entre otros, es por eso que se para conocer la calidad física de las variedades se determinara el color, uniformidad, tamaño y defectos totales. Todos los métodos mencionados son propuestos por la NMX-F-551-1996-SCFI café verde y métodos de prueba.

3.5.2.1 Prueba de color

Se toma una submuestra de la muestra original de café oro de 300 g, colocándola en un recipiente o en un área limpia, se determina en el catalogo PANTONE la clave del color que más se le parezca a la muestra, reportando el color en base al nombre y número que aparece en el catálogo.

3.5.2.2 Prueba de uniformidad

Obtener de la muestra una submuestra de 300 g, colocarlos en un recipiente o área limpia, seleccione los granos de café que presenten una coloración diferente a la mayoría de la muestra, determinar la masa de los granos de coloración distinta a la mayoría de la muestra. Expresar los resultados en porcentaje en masa, mediante la siguiente formula, los resultados deben cumplir con lo indicado en el anexo 1.

$$\% GNU = \frac{MC}{300} X 100$$

Donde

% de GNU: es el por ciento de granos no uniformes;

MC: es la masa de los granos con coloración distinta en gramos

Por ciento de granos uniformes

$$\% GU = 100 - \% GNU$$

Donde

% GU: es el por ciento de granos uniformes;

% GNU: es el por ciento de granos no uniformes.

3.5.2.3 Prueba de tamaño

De la muestra se obtiene una submuestra de 300g se hace pasar por la serie de cribas ordenadas de arriba hacia debajo de la siguiente manera.

- Criba con perforación de 6.0 mm redonda
- Criba con perforación de 5.5 mm redonda
- Criba con perforación de 5.25 mm redonda
- Criba con perforación de 5.0 mm redonda

Agitar vigorosamente para permitir el paso de la submuestra a través de las mismas, determine la masa de café retenida en cada criba expresando en por ciento de masa. Utilizando la formula siguiente, los resultados deben cumplir con el anexo 1 en sus diferentes tipos de cribas.

$$\% RC = \frac{mr}{300} X 100$$

DONDE:

Por ciento retenida en cada criba

% RC: es el porcentaje retenido en una criba en particular;

mr: es la masa de los granos retenidos en cada criba en gramos

2.5.2.4 Prueba de defectos

De acuerdo a lo citado anteriormente y a la NMX-F-551-1996-SCFI café verde y métodos de prueba, se determinó por el segundo método en porcentaje de imperfecciones y materia extraña.

De la muestra tomar una submuestra de 300 g, colocarlos en un recipiente o área limpia, separar todos aquellos granos imperfectos como granos quebrados, negros, agrios, sobre fermentados, concha, entre otros y materia extraña tales como piedras, hojas, palos u otro, determine la masa de los granos imperfectos y materia extraña de manera conjunta, expresando los resultados en por ciento de masa utilizando la siguiente fórmula y clasificar el tipo de muestra de acuerdo a lo indicado en el anexo 1.

$$\% IME = \frac{Md}{300} \times 100$$

Donde:

% IME: es el porcentaje de imperfecciones y materia extraña;

Md: la masa total de los granos imperfectos y materia extraña.

3.5.3 Análisis sensorial

Las pruebas sensoriales sirven para confirmar la calidad de un lote de café; estas pruebas son realizadas por personas especialmente entrenadas denominadas catadores, que conforman un panel de evaluación sensorial, para conocer la variación si existe entre las diferentes variedades, se realizara por el método cuantitativo dicho estudio nos permitirá conocer los perfiles de sabor, acidez, cuerpo, sabor y percepción global de la bebida. Serán realizadas siguiendo la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-169-SCFI-2004, Café

Chiapas-Especificaciones y métodos de prueba en su inciso 9.6 preparación de las muestras para evaluación sensorial

3.5.3.1 Tostado de la muestra

De la muestra de café verde tomar una submuestra mínima de 300 g, encender el tostador y precalentar éste, tostando de una a dos porciones de granos de café verde no tomadas de la submuestra; tostar, observar con el termómetro la temperatura del tostador. El precalentamiento no es necesario si el tostador ha estado en uso continuo durante el día; Colocar 300 g de la submuestra en el tostador. Cuidadosamente tostar los granos hasta que adquieran un color café mediano, normalmente se obtiene éste después de producir un sonido característico. El grado de tueste debe confirmarse con instrumentos o con la guía Pantone; Verificar con el termómetro la temperatura de los granos de café durante el procedimiento del tostado, la cual deberá estar entre 200 y 240 °C.

3.5.3.2 Enfriado de la muestra tostada

Al terminar el tostado, se deben vaciar los granos en la placa perforada y hacer pasar el aire a través de la capa de granos calientes. Los granos deben estar frescos al tacto (aproximadamente 30 °C) en un lapso de cinco minutos.

3.5.3.3 Molienda

La primera vez que se use en el día el molino, éste debe calibrarse, moliendo una muestra de café tostado y enfriado, esta primera muestra de café molido debe desecharse (cada vez que se inicie la molienda de una nueva muestra de café a evaluar, el molino debe limpiarse, moliendo aproximadamente 50 g de granos tostados y enfriados de la muestra a evaluar. Este café molido debe desecharse), moler en el molino el café tostado y enfriado. Se recomienda moler por separado la cantidad correspondiente a cada taza (en caso de no poder molerlo de esta manera se omite y moler todo

el lote a utilizar). Durante esta operación, debe evaluarse la fragancia del café recién molido y anotar el resultado en la hoja de registro.

3.5.3.4 Preparación de la bebida

Debe prepararse un mínimo de seis tazas con una misma submuestra, una vez preparada la muestra de café, pesar la cantidad de muestra necesaria, cuidando tener en cada taza de café una relación de 7.0 g de café molido por 100 ml de agua caliente, colocar en cada taza la muestra de café previamente pesada, agregar agua a punto de ebullición en las tazas que contienen la porción de muestra de café.

3.5.3.5 Catación

Una vez añadida el agua hirviendo, remover la infusión de café de cada taza con el dorso de la cuchara aspirando los vapores y gases liberados, para evaluar el aroma de la bebida, dejar reposar la infusión durante cinco minutos para permitir que la mayoría de las partículas se asienten después de que escape el gas, remover suavemente el contenido para ayudar a que se asienten las partículas en el fondo de la taza, y retirar las partículas que quedan en la superficie de la bebida y desecharlas, dejar enfriar la bebida a una temperatura de 55° C. La temperatura de la primera degustación estará entre 50 °C y 55 °C. Las degustaciones posteriores pueden efectuarse conforme disminuya la temperatura de la bebida, y tomar con la cuchara una porción de la infusión y sorber fuertemente procurando atomizarla dentro de la boca para permitir mayor interacción entre el olfato y las papilas gustativas para evaluar la acidez, no debe tragarse la infusión a fin de no influir en las cataciones siguientes. Se vuelve a tomar una cucharada más de la infusión para evaluar el sabor y luego el cuerpo de la infusión. Por ultimo hacer una degustación de agrado general de la bebida.

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se describen los resultados obtenidos en la investigación, descritos como en la metodología de acuerdo a los tres tipos de análisis.

4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis químico se utilizó el programas SAS (Statistical Analysis System) utilizando un diseño completamente al azar, para evaluar si existe diferencia significativa entre el contenido de los compuestos químicos de las tres variedades de café. Para las tres variedades se realizaron tres repeticiones de cada una.

4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

4.2.1 Cenizas (minerales)

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 2) realizado en el caso de las cenizas, no presenta diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en las tres variedades de café las cuales se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Medias Tukey ($P \geq 0.05$), y promedio de cenizas (%) en cada una de las variedades

Variedad	Medias (Tukey $P \geq 0.05$)	Promedio de porcentaje de Cenizas contenidas en el grano
Caturra	1.537357a*	3.3453
Bourbón	1.535856a	3.6611
Typica o Criollo	1.534255a	3.4977

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa

Los datos expuestos en el cuadro 7 muestran el por ciento de cenizas y las medias Tukey ($P \geq 0.05$), en las tres variedades de café, dichos resultados

son muy similares, siendo la variedad Bourbon la que presenta un porcentaje ligeramente mayor luego Caturra y por último la variedad Typica (figura 13). Vázquez (2011) redacta que en la especie *C. arabica* tiende a tener un 4 % de cenizas, relacionando con los resultados obtenidos muestran poca diferencia. Las cenizas de esta especie según Bolívar (2009) están constituidas principalmente por óxidos de potasio (casi el 40 %), sodio, calcio, magnesio, fósforo, azufre; además de diversos oligoelementos como hierro, aluminio, cobre, yodo, entre otros. Estos elementos juegan un papel muy importante ya que ayudan en el crecimiento estructural de la planta y la semilla; hacen parte de las estructuras químicas de carbohidratos, proteínas y lípidos, el contenido de cenizas se ve afectado por el manejo agronómico, por lo cual este podría ser un factor que pudo afectar el contenido de este componente manteniendo un nivel poco bajo de lo que establece Vázquez (2011) dichos porcentajes no afectan la calidad del café.

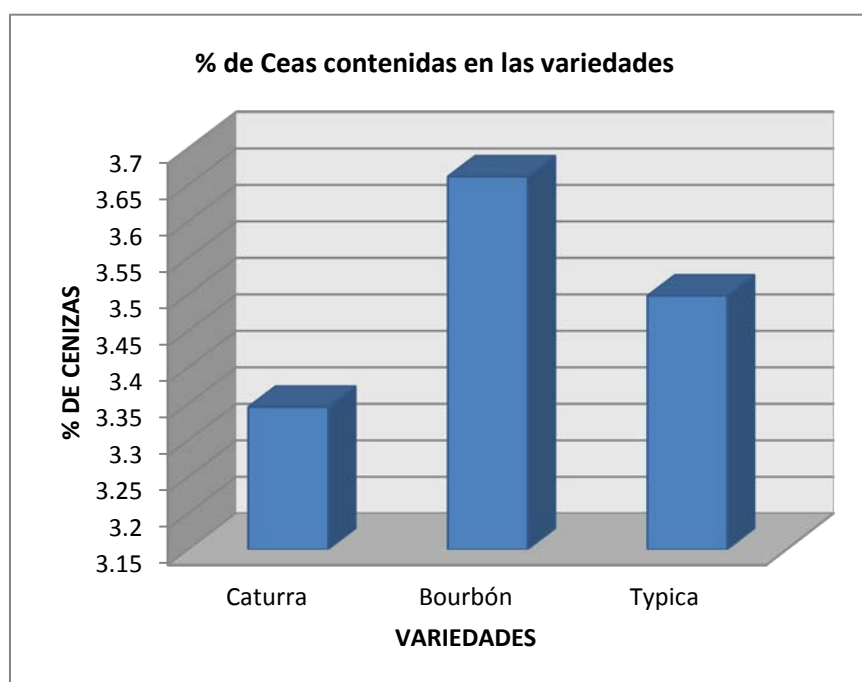


Figura 13. Contenido de cenizas (%) en las diferentes variedades de café

4.2.2 Proteínas

Para el contenido de proteínas de acuerdo al análisis de varianza (anexo 2) indica que existe diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre las variedades de café como se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Medias Tukey ($P \geq 0.05$), y promedio de Proteína (%) en cada una de las variedades

Variedad	Medias (Tukey $P \geq 0.05$)	Promedio de porcentaje de proteína contenidas en el grano
Caturra	1.459600a*	11.2990
Bourbón	1.457622a	11.1018
Typica o Criollo	1.446677b	12.3841

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa

Los datos que se presentan el cuadro 8 muestra el por ciento de proteína y las medias Tukey ($P \geq 0.05$), de las tres variedades donde se observa que la variedad Typica es la que presenta mayor contenido de proteína con el 12.3841 %, respecto a las variedades Caturra y Bourbón, estas tienen un contenido del 11 % (figura 14), y no presentan diferencia. (Bolívar, 2009) menciona que el contenido de proteína en el grano verde de la especie *C. arabica* contiene de 11 a 13 % y puede variar de acuerdo a las variedades, al compararlo con los resultados se aprecia una similitud, lo que indica que el contenido se encuentra en un porcentaje adecuado, este mismo contenido se expresa en especies como *C. canephora*, indica también que el contenido de proteína disminuye con el almacenamiento, en el caso de las variedades estudiadas no se vio afectado por el almacenamiento por eso los resultados similares. (Clarke y Macrae, 1995) comenta que la proteína es factor importante en el tostado debido a que con los carbohidratos y generan la reacción de Maillard lo que beneficia el tostado si esta disminuye también afecta el tostado. Estos resultados expuestos son adecuados para las variedades manteniendo un contenido a apropiado para el efecto de la calidad.

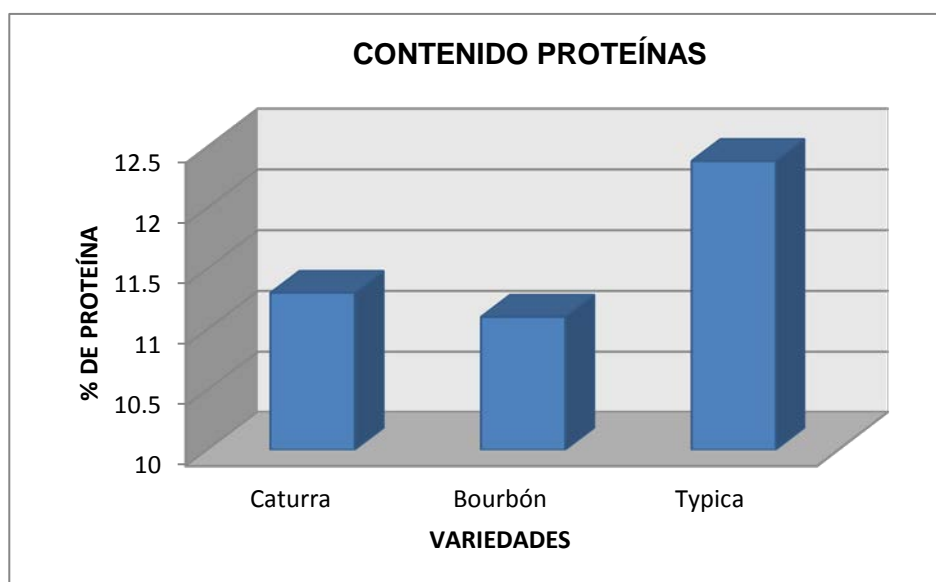


Figura14. Contenido de Proteína (%) en las diferentes variedades de café

4.2.3 Lípidos

En el análisis de varianza (anexo 2) para el caso de lípidos presenta diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre las variedades de café como se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Medias Tukey ($P \geq 0.05$), y promedio de lípidos (%) en cada una de las variedades

Variedad	Medias (Tukey $P \geq 0.05$)	Promedio de porcentaje de Lípidos contenidas en el grano
Caturra	1.4979318b*	9.1473
Bourbón	1.4792351a	7.2838
Typica o Criollo	1.4723038c	9.8396

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa

De acuerdo a los datos (cuadro 9) se presenta el por ciento de lípidos y las medias Tukey ($P \geq 0.05$), en las tres variedades de café, la variedad Typica muestra tener mayor contenido de lípido, poco menos que la variedades Caturra, a diferencia de la variedad Bourbon que presenta la cantidad más baja (figura 15), Vázquez (2011) menciona que el contenido de lípidos en el café de

la especie *C. arabica* varia de 12 a 18% lo que indica que los porcentajes obtenidos están por debajo de lo esperado, Lara (2005) indica que los factores que determina la composición química en este caso lípidos, es el genotipo, ambientales y el manejo agronómico como la fertilización, debido a estos factores el contenido de lípido en las variedades puede verse afectado, además se ha afirmado que las variedades de *C. arabica* pueden presentar variaciones en calidad física, organoléptica y química. Dichos factores se les puede atribuir la baja cantidad de grasa en el grano de café y la variación que presentan las diferentes variedades.

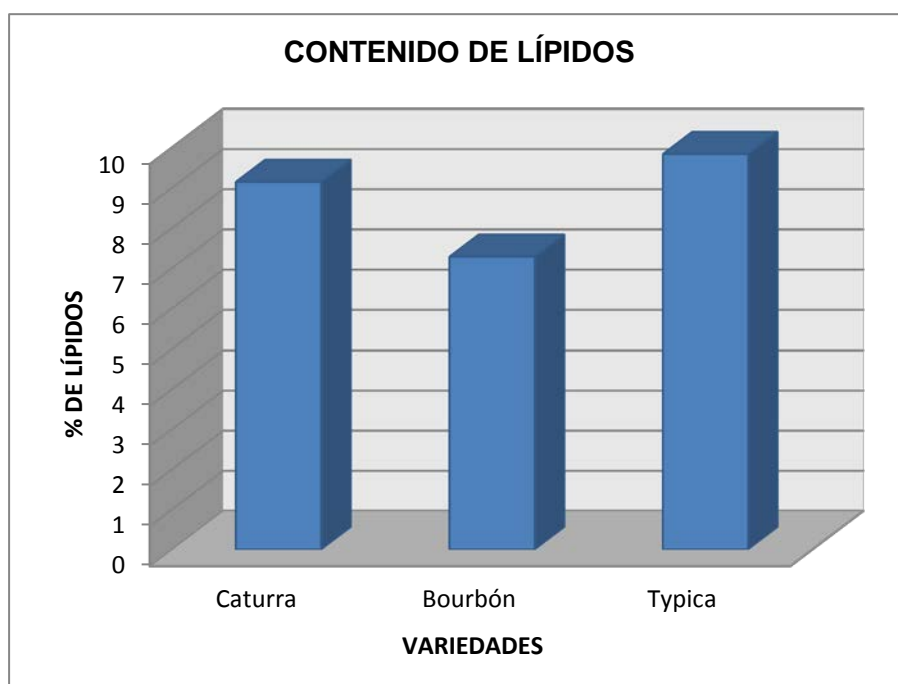


Figura 15. Contenido de lípidos (%) en las diferentes variedades de café

4.2.4 Fibra cruda

Para la fibra cruda de acuerdo al análisis de varianza (anexo 2) muestra una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre las variedades de café como se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Medias Tukey ($P \geq 0.05$) y promedio de fibra cruda (%) en cada una de las variedades

Variedad	Medias (Tukey $P \geq 0.05$)	Promedio de porcentaje de fibra cruda contenidas en el grano
Caturra	1.303316a*	26.4333
Bourbón	1.282485b	28.4373
Typica o Criollo	1.270014c	29.6321

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa

Los datos expuestos en el cuadro 10 muestra el por ciento de fibra cruda y las medias Tukey ($P \geq 0.05$), lo cual se observa que la variedad Typica presenta un mayor porcentaje muy significativo de fibra cruda sobre las demás variedades siendo la variedad Caturra la que presenta menor cantidad de esas (figura 16). Cabe mencionar que la Fibra cruda representa un porcentaje importante la segunda después de los carbohidratos. Columbus y Pulgarín (2002), expresan que la composición química del café es muy variada por lo que aproximadamente el contenido de fibra en el café es de 22 % en la especie *C. arabica* este porcentaje puede variar de la especie y variedad esto indica que los porcentajes de fibra encontrados en los granos analizados muestran un alto contenido de fibra dicho componente es importante y no afecta las características organolépticas del bebida.

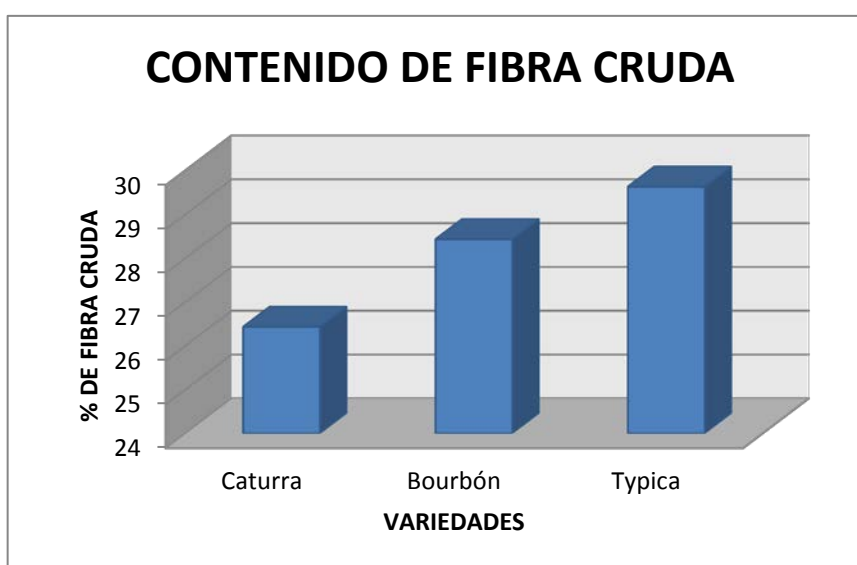


Figura 16. Contenido de fibra cruda (%) en las diferentes variedades de café

4.2.5 Carbohidratos

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 2) realizado en el caso de los carbohidratos, este presenta una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en las tres variedades de café. Descritas en el cuadro 11.

Cuadro 11. Medias Tukey ($P \geq 0.05$) y promedio de carbohidratos (%) en cada una de las variedades

Variedad	Medias (Tukey $P \geq 0.05$)	Promedio de porcentaje de carbohidratos contenidos en el grano
Caturra	1.163566b*	44.6419
Bourbón	1.108094c	45.2894
Typica o Criollo	1.100555a	39.6123

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa

En el cuadro 11 presenta el por ciento de carbohidratos y las medias Tukey ($P \geq 0.05$) donde se puede apreciar que la variedad Bourbón presenta mayor cantidad de carbohidratos, seguida de la variedad Caturra, y la variedad Typica que contiene menor cantidad. Esta diferencia entre las variedades se hace ver una diferencia significativa* entre la variedad Bourbón y la Typica (figura 17). Según Bolívar (2009) los carbohidratos son los componente principales constituyentes el grano del café verde con un contenido aproximado de 45 a 60 % en la especie *C. arabica* es alrededor de la mitad de la materia seca lo ocupa este componente, que de acuerdo a Lara (2005), los carbohidratos pueden verse afectados y disminuidos en la cantidad, esto por la intensidad, cantidad y calidad de la luz solar, a mayor luz los estomas de la planta se cierran la fotosíntesis disminuye y con esto los carbohidratos tienden a reducir, es decir cafetos cosechados a bajo o sin sombra tal es el caso en las variedades presentadas. La intensidad de luz pudo afectar el bajo contenido de carbohidratos en la variedad Typica debido a que algunos cafetales se cultivan con poca sombra.

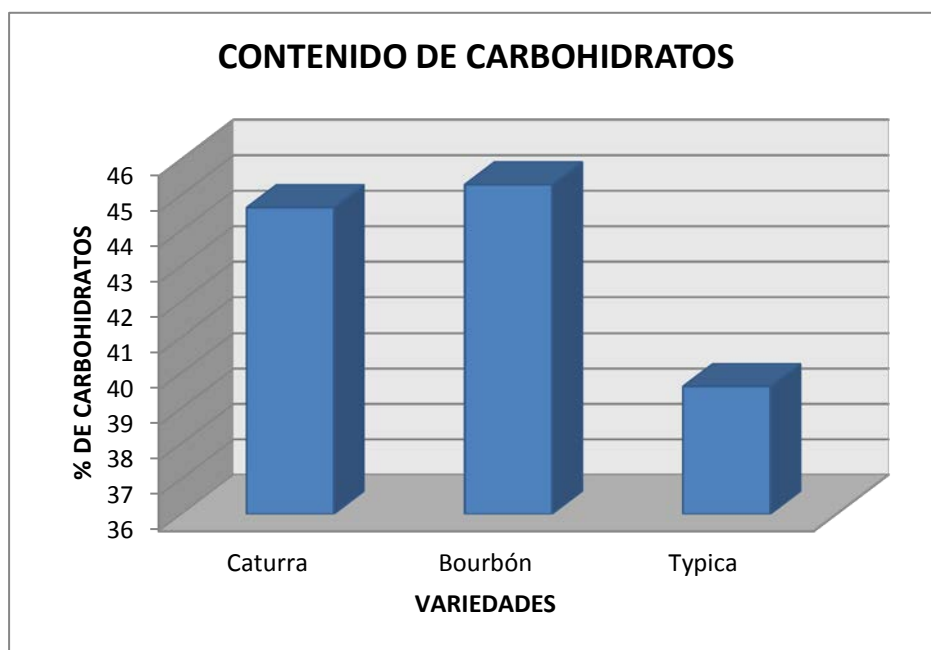


Figura 17. Contenido de fibra cruda (%) en las diferentes variedades de café

4.2.6 Cafeína

Para el contenido de Cafeína de acuerdo al análisis de varianza (anexo 2) indica que no existe diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las variedades de café como se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12. Medias Tukey ($P \geq 0.05$) y promedio de cafeína (mg) en cada una de las variedades

Variedad	Medias (Tukey $\alpha=0.05$)	Promedio de mg de Cafeína contenidas en el grano
Caturra	19.127a*	19.2956
Bourbón	14.943a	13.7329
Typica o Criollo	13.727a	14.9497

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa

En el cuadro 12 se observa el contenido en mg de cafeína y las medias Tukey ($P \geq 0.05$) de las variedades de estudio en las cuales la variedad Caturra presento mayor contenido de cafeína a comparación de las variedades Typica y Bourbón que presentaron contenidos similares, siendo esta ultima la variedad que resulto con menor concentración de cafeína. Estos datos son relativamente

bajos alrededor del 1 % de la materia seca. De acuerdo con Juárez (2009) el contenido de cafeína en el grano verde de variedades arabicas es de entre 0.8 a 1.5 %, esto indica que los resultados obtenidos son inferiores a lo mencionado. Este alcaloide es el encargado en parte de dar el sabor amargo de la bebida del café, el contenido de cafeína no se ve afectado por factores climáticos o agronómicos, pero si por el genotipo entre variedades y especies, el contenido de cafeína pudo verse afectado por este factor y reducir el contenido y aunque el contenido es un poco bajo de lo normal esto no afecta la calidad de ninguna de las variedades.

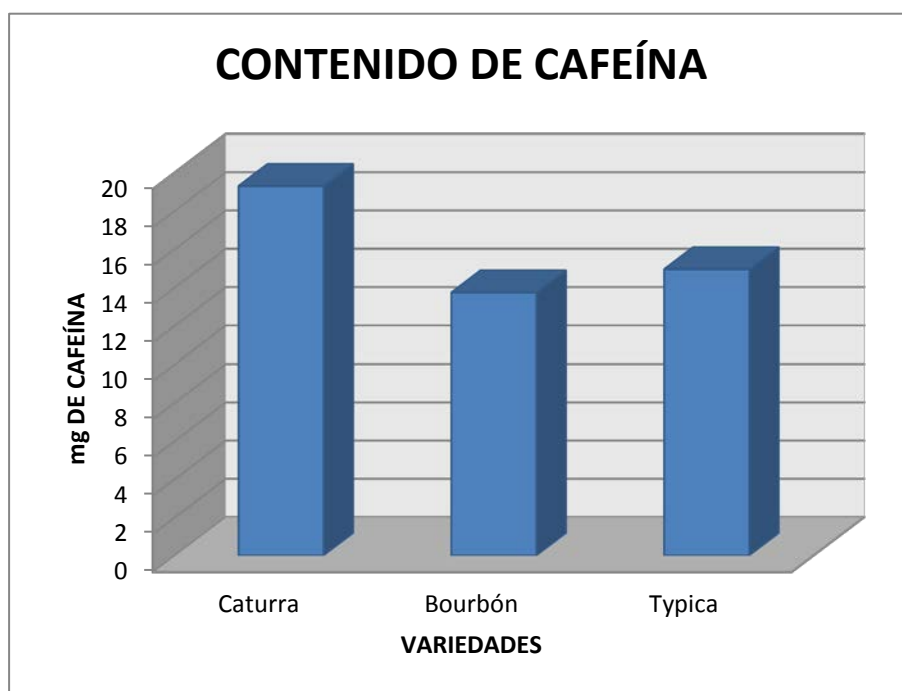


Figura 18. Contenido de lípidos (mg) en las diferentes variedades de café

Cuadro 13. Resultados de los componentes y cantidades que contienen los granos de café en las tres variedades de café verde

Componentes	Variedades		
	Caturra	Bourbón	Typica
MST (%)	94.863	95.7747	94.9868
CARBOHIDRATOS (%)	44.6419	45.2894	39.6123
PROTEINAS (%)	11.299	11.1018	12.3841
LÍPIDOS (%)	9.1473	7.2838	9.8396
FIBRA CRUDA (%)	26.43	28.43	29.63
CENIZAS (%)	3.3453	3.6611	3.4977
CAFEÍNA (mg)	19.2956	13.7329	14.9497

En el cuadro 13 se presenta los porcentajes de cada uno de los componentes que contiene cada una de las variedades de café de la especie *C. arabica* en estudio, existen varios reportes como se han mencionado de la variabilidad que existe entre una especie y otra en composición química, Lara (2005) dice que pasa lo mismo con las variedades de la misma especie, presentan variaciones en calidad tanto física, química y organoléptica. Sin embargo, de manera general se ha consensado que no hay diferencias marcadas de calidad entre cafés arábigos que se desarrollen bajo condiciones similares. Debido a esto se aprecia que la variabilidad en los contenidos es muy similar entre variedades.

Según reportes de varios autores tales como Regalado (2006), Ignacio (2007) entre otros señalan que la calidad no solo se basa a las características intrínsecas del grano es decir las características físicas y organolépticas que inciden principalmente en la calidad, sino que, la composición química del grano influye de forma determinante en la determinación de la calidad, estas características menciona Burgos (2003) son otorgadas por factores genéticos y no genéticos que determinan la variación.

Es por eso la importancia de conocer la composición química de los granos para determinar el grado de calidad de un café, dichos estudios ayudan cada vez más a identificar las variedades y especies de café, tal es el caso de las tres variedades presentadas en este estudio. Cabe mencionar que no existen referencia bibliográfica del contenido químico de las variedades Caturra, Bourbon y Typica en México bajo las condiciones que ya se han mencionado anteriormente, debido a que el café en México y el mundo no se comercializan por variedades si no por especies es por eso que este estudio suele tener poca importancia.

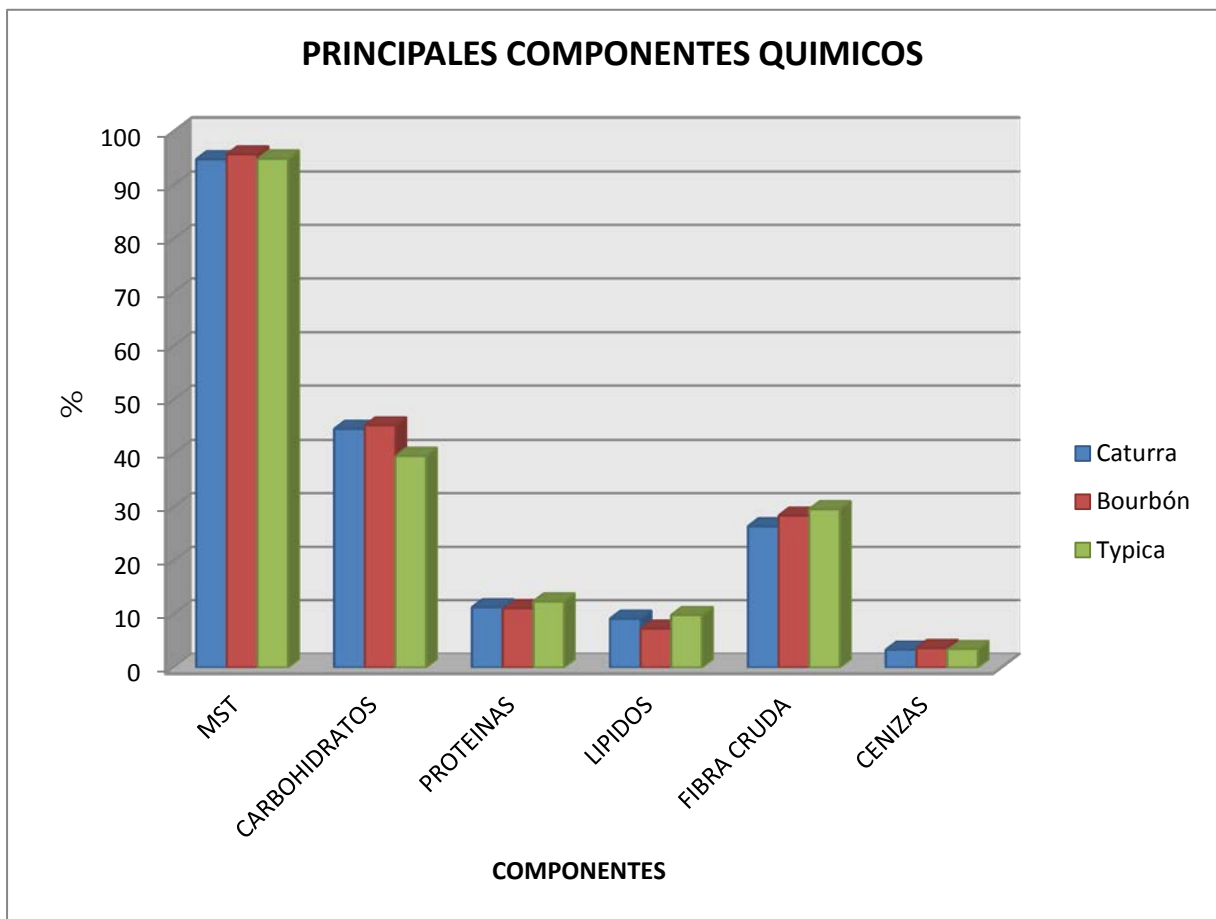


Figura 19. Comparación de los principales componentes químicos en el grano de café de las tres variedades

4.3 ANÁLISIS FÍSICO

El análisis físico se basa en la norma proy-nom-169-scfi-2004, café Chiapas-especificaciones y métodos de prueba y la NMX-f-551-1996 café verde especificación y métodos de prueba físico, dichas normas establecen el método de prueba y expresión de resultados.

Los resultados de los análisis que se realizaron en las pruebas físicas se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Resultado del análisis físico de las tres variedades de café verde.

Análisis	Variedad		
	Caturra	Bourbón	Typica
Color	muy fino verde oscuro 5753 C (guía Pantone)	muy fino verde oscuro 5753 C (guía Pantone)	muy fino verde oscuro 5753 C (guía Pantone)
Uniformidad de color	tipo 1 96.37 %	tipo 1 96.66 %	tipo 1 95 %
Tamaños de cribas	tipo 1 5.66 % -15; 94.33 % > 15	tipo 1 7.7 % -15; 92.3 % > 15	tipo 1 7.5 % -15; 92.5 % > 15
Imperfecciones físicas totales y % de materia extraña	tipo 2 2.4 %	tipo 2 3.0 %	tipo 3 5.3 %
Forma	≥ 96 % planchuela	≥ 97 % planchuela	≥ 97 % planchuela
humedad	12 %	13 %	10 %

El color del grano para las tres variedades de café resulto ser el mismo, se consultó con la serie de colores Pantone, el cual resulto el color verde oscuro identificado con el numero 5753 C que de acuerdo a la NMX-f-551-1996 este color se conoce como fino, el color de los granos de café verde es

indicativo de la altitud y buenas prácticas de procesamiento. A medida que la altitud se incrementa el color del grano se torna más oscuro cafés lavados de altura tienden a producir granos de color verde azulado, en tanto a los de mediana o baja altura presentan tonalidades alrededor de verde claro, Duicela *et al* (2009) también relaciona el color por otros factores como zonas de cultivo, la fertilidad del suelo, el estado sanitario de los frutos, el proceso de beneficio y el tiempo de almacenamiento e indica que en base al beneficiado se obtiene el color tiende a “verde” cuando es lavado y a “marrón dorado” cuando se beneficia por la vía seca. Esto nos indica que el color obtenido en las variedades se encuentra en calidad de estrictamente altura (lo cual puede consultarse en el anexo 1), por lo que es un grano que cumple con esta especificación para ser de calidad.

La uniformidad de color en las tres variedades de café no presento variabilidad significativa, las tres variedades presentaron un porcentaje promedio de 95 – 100 % la variedad Typica fue la que presento un porcentaje menor muy poco significativo en relación a las otras dos variedades que tuvieron resultados similares de acuerdo a las especificaciones de la NMX-f-551-1996 (anexo 1), se considera uniformidad de color tipo 1, esto indica que el color es uniforme en las tres variedades de café. Esta norma establece que esta prueba se realiza para comprobar las condiciones de almacenamiento, procesamiento así para la detección de distintas mezclas de lotes diferentes y el cuidado en el beneficiado. Lo que descarta posibles lotes distintos resaltando la uniformidad del color, lo que indica que es un café de calidad y de altura.

El tamaño del grano para las variedades fueron semejantes de acuerdo a lo que establece la proy-nom-169-scfi-2004 y la NMX-f-551-1996 como resultado se obtuvo granos del tamaño tipo 1 es decir, más del 70 % de la submuestra fue retenido en las cribas 17, 16 15 y menos del 15 % de la submuestra paso por la criba 15, resultando la variedad caturra la que tuviera el grano más grande a diferencia de las otras dos variedades que tuvieron cantidades muy similares en cuanto a tamaño de grano, esto se dio en las tres variedades de café manteniéndose en tamaño de grano tipo 1 lo cual se puede comprobar en el anexo 1. Regalado (2006) menciona que el grano retenido

sobre los números 21 y 23 de cribas se considera muy grande (maragogipe), del 18 al 20 como grande, de la 15 al 17 mediano y menor a 14 pequeño, esto quiere decir que el grano se encuentra en un tamaño medio este resulta ser un factor muy importante ya que se encuentra relacionado con la calidad en la taza, Ignacio (2007) explica que los granos pueden variar en el tamaño de acuerdo a la variedad y se ve afectado por factores genéticos, y ambientales y agronómicas. El tamaño del grano que se obtuvo para las tres variedades fue muy similar, no presentando alguna diferencia importante por lo que su manejo desde la siembra hasta la venta se dio de manera adecuada haciendo un grano de calidad.

La forma suele ser una de las pruebas más sencilla pero no menos importante, las variedades presentaron una forma plana-convexa o planchuela que resulta ser la forma normal de un grano de café, registrando un porcentaje muy similar entre variedades, solo la variedad caturra resulto estar un poco debajo con 96 % en relación de las demás con el 97 %, estos porcentajes se encuentran en lo normal según lo establece la norma PROY-NOM-169-scfi-2004 que indica que se debe de tener un porcentaje mayor o igual al 95 % de la forma adecuada (anexo 1) la norma NMX-f-551-1996 es su especificaciones no lo toma como prueba de calidad, sin embargo en la norma PROY-NOM-169-scfi-2004 lo establece como una característica de calidad expresada en por ciento de granos con la forma de planchuela. ANACAFE (1996) establece como base la forma de grano plano convexa o chata, la cual se considera como la forma normal, otras formas que se pueden encontrar son los granos caracoles, triángulos y elefantes que son considerados defectos y de formas anormales. En el caso de las tres variedades se encontraron granos caracoles como la principal forma anormal este resultado indica que los granos de las variedades se encuentran con la forma deseada para ser un café de calidad.

Las imperfecciones y el porcentaje de materia extraña son un factor importante ya que estos pueden afectar la calidad en la taza de acuerdo a la NMX-f-551-1996 existen dos formas de evaluar descritas en el inciso 9.1.4 de la mencionada norma, por lo que se utilizó la evaluación en por ciento de imperfecciones y materia extraña donde de los resultados obtenidos en la tabla

14 se clasificó el tipo de muestra de acuerdo a lo indicado en el anexo 1, dichos resultados fueron que la variedad Typica resultó con mayor porcentaje de imperfecciones y materia extraña con el 5.3 % lo que se considera de tipo 3 (ver anexo 1), las variedades Bourbon y Caturra con un contenido similar del 2.4 y 3.0 % respectivamente se consideran de tipo 2 (ver anexo 1) de acuerdo a Duicela *et al* (2009) los defectos son provenientes por el mal manejo de cosecha y post cosecha o beneficiado donde generalmente en el despulpado se dan los defectos ya que al no calibrar bien los equipos suelen quebrar los granos o en su caso dejar granos pequeños conocidos como caracoles provenientes de la mala cosecha, las imperfecciones materia extraña generalmente son granos quebrados, hojas, palos, granos años, agrios, entre otros. En el caso de las variedades de estudio se encontraron granos quebrados en su mayoría, agrios, sobre fermentados, entre otros, las cantidades encontradas en cada variedad no excede lo establecido en la norma por lo que se considera un café de calidad.

La humedad de los granos es muy importante para su conservación, en el caso de las variedades a analizar se tuvieron diferentes humedades (cuadro 14), la variedad Bourbon fue la que tuvo más humedad con el 13 %, la variedad Typica obtuvo la más baja humedad con el 10 % y la variedad Caturra con una humedad del 12 %. La humedad del grano puede ser variable aun que lo recomendable es del 12 %, según lo establece la norma PROY-NOM-169-scfi-2004 debe ser de 11.5 a 12.5 % aunque otros autores como Oliveros *et al* (2010) indica que el rango de la humedad para la comercialización puede ser de 10 a 12 % para poder conservar su calidad física y organoléptica, de acuerdo a los resultados el contenido de las variedades Typica y Caturra según Oliveros *et al* (2010) se encuentra en el rango adecuado mientras que la variedad Caturra se eleva muy poco este porcentaje no afecta la calidad debido a que es muy similar y puede considerarse normal, la humedad pudo ser afectada debido a que el método de secado es tradicional, al sol lo que no permite tener un control exacto para determinar la humedad al momento del secado.

4.4 ANÁLISIS SENSORIAL

4.4.1 Tostado de la muestra

El tostado de la muestra se llevó a cabo con un tostador de aire caliente marca Trejo modelo MT-3 se tostaron las tres variedades en cantidades diferentes, en el cuadro 15 se presentan las características del grano tostado.

Cuadro 15. Especificaciones del café tostado de las tres variedades de café

variedad	Peso grano verde	Peso grano tostado	Temperatura de tostado	Tiempo de tostado	Color del tostado (guía Pantone)
Bourbón	2.125 kg	1.810 kg	220 °C	9min	470C
Typica	1.760 kg	1.465 kg	220 °C	8 min	470C
Caturra	1.580 kg	1.315 kg	220 °C	8 min	470C

El café se tostó con un tono medio que basado en la serie de colores Pantone corresponde al número 470C a una temperatura de 220 °C a 8 minutos promedio, para cada una de las variedades, el tiempo varió en la variedad Bourbón debido a que el tostador se encontraba frío y la cantidad a tostar era mayor que las demás variedades por lo que se tomó un tiempo mayor.

4.4.2 Molienda del café

La molienda se realizó después de haber enfriado el café tostado aproximadamente en un tiempo de 15 minutos, se realizó en un Molino marca Bunn con un molido grueso.

4.4.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se planteo fue de bloques completamente al azar aplicando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Los resultados se analizaron con el programa estadístico Minitab versión 16.1.0 con un nivel de significancia de ($P \geq 0.05$). Se utilizó el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) adaptado con la norma NMX-F-551-1996-SCFI y la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-169-SCFI y 21 jueces semientrenados para encontrar si existen diferencias significativas entre los atributos sensoriales de las tres variedades de café.

4.4.4 Análisis estadístico de la Catación

4.4.4.1 Olor a tostado

En el cuadro 16 se muestran los resultados del análisis estadístico donde el valor P indica si existe diferencia o no significativa entre las variedades. De las tres variedades lo que podemos observar es que la Typica muestra diferencia significativa con respecto a las otras dos variedades (Bourbón y Caturra) al analizar el olor a tostado.

Cuadro 16. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el olor a tostado.

Variedad	Valor Z (Kruskal Wallis)	valor de P
Bourbón	0.37	0.1443 ^{NS}
Typica	-0.09	0.0359*
Caturra	-0.28	0.1103 ^{NS}

* Diferencia significativa

^{NS} no presenta diferencia significativa

4.4.4.2 Aroma global de la infusión

Los resultados estadísticos del valor de P indican que no existe diferencia significativa entre las tres variedades de café (cuadro 17) considerando el atributo de aroma, por lo que podremos decir que el aroma global es igual en las tres variedades.

Cuadro 17. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el aroma.

Variedad	Valor Z (Kruskal Wallis)	valor de P
Bourbón	0.83	0.2965 ^{NS}
Typica	-0.33	0.1293 ^{NS}
Caturra	-0.50	0.1915 ^{NS}

^{NS} No presenta diferencia significativa

4.4.4.3 Acidez global de la infusión

En el cuadro 18 se muestran los resultados del valor de P obtenidos del análisis estadístico, para el caso de la acidez de la variedad Bourbón existe diferencia altamente significativa con respecto a las otras dos variedades, mientras que la variedad Typica y la Caturra no presentaron diferencia significativa teniendo una acidez similar.

Cuadro 18. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para la acidez

Variedad	Valor Z (Kruskal Wallis)	valor de P
Bourbón	0.02	0.0080 ^{**}
Typica	1.64	0.4495 ^{NS}
Caturra	-1.62	0.4474 ^{NS}

^{**} diferencia altamente significativa

^{NS} no presenta diferencia significativa

4.4.4.4 Sabor global de la infusión

De acuerdo a los resultados estadísticos, los valores de P para las tres variedades de café (cuadro 19) no presentan diferencia significativa, a pesar que la variedad Caturra muestra un valor de P algo bajo.

Cuadro 19. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el sabor.

Variedad	Valor Z (Kruskal Wallis)	valor de P
Bourbón	1.35	0.4115 ^{NS}
Typica	1.16	0.3770 ^{NS}
Caturra	0.19	0.0754 ^{NS}

^{NS} no presenta diferencia significativa

4.4.4.5 Sabor residual o resabio

Las tres variedades de café no presentaron diferencia significativa dado que los valores de P son superiores al nivel de significancia establecido en el diseño experimental (cuadro 20).

Cuadro 20. Valores Z y P obtenidas en el análisis estadístico por el método de Kruskal Wallis para el sabor residual.

Variedad	Valor Z (Kruskal Wallis)	valor de P
Bourbón	0.47	0.1808 ^{NS}
Typica	0.85	0.3023 ^{NS}
Caturra	-1.33	0.4082 ^{NS}

^{NS} no presenta diferencia significativa

4.4.5 Análisis de resultados en la catación de acuerdo a la Norma Mexicana

La catación se llevó a cabo en base a lo que establecen las norma NMX-F-551-1996-SCFI y la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-169-SCFI (anexo1).

El análisis sensorial para las tres variedades de café se adaptó un Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) con lo que establecen las normas mexicanas anteriormente mencionadas. La hoja de evaluación expuesta se muestra en el anexo 3 y el promedio de las calificaciones obtenidas por atributo se exponen en el cuadro 21.

Cuadro 21. Resultado de la catación de las tres variedades de café obtenidas con el promedio de las puntuaciones dadas por los jueces

Variedades	Atributos evaluados					
	Olor del tostado	Sabor	Aroma	Acidez	Cuerpo	Sabor residual
Bourbón	3.7	3.1	3.6	2.6	2.9	3.1
Typica	3.7	3.7	3.2	3	2.7	3.1
Caturra	3.5	3.4	3.4	2.4	2.9	2.7

En el cuadro 21 se muestran los resultados obtenidos en la catación de las infusiones de café de las tres variedades, dichos resultados son muy similares entre si marcando algunas diferencias significativas ya descritas anteriormente. En base a estos resultados se puede decir que en cuanto al olor del café tostado la variedad Bourbón y la Typica son iguales con un valor de 3.7, con un valor un poco alto con respecto a la variedad Caturra con una calificación de 3.5 lo que indica que el olor es completo, esta característica no se toma como un parámetro de calidad de acuerdo a las normas presentadas, tampoco afecta la calidad del café por lo que solo sirve para conocer más sobre las variedades.

La variedad Typica resulto ser la que mejor sabor demostrara con un valor de 3.7 por debajo la variedad Caturra, y por último con un valor de 3.1 la Bourbón, y las tres variedades se pueden considerar con un sabor bueno, agradable de acuerdo con Burgos (2003) que indica que un café puede considerarse como excelente, bueno, regular o malo, expresa también que el

sabor puede verse afectado por el almacenamiento la mala cosecha y el beneficiado, lo que pudo haber cambiado o no el sabor de la infusión, esto pudo haber afectado en el veredicto final. La NMX-F-551-1996-SCFI en su especificación sensorial (anexo 2) establece que de acuerdo a los puntajes obtenidos el café se encuentra en calidad Extra Primer Lavado muy cerca de la calidad de altura para las tres variedades.

El aroma de la infusión resulto ser muy similares entre las variedades donde la variedad Borbón resulto estar más alto con el 3.6 de calificación, cerca la variedad Caturra con un 3.4, y por último la variedad Bourbón con 3.2 (comparadas en la figura 20) que indica que estas variedades tienen una aroma similar. Esta característica fue la primera en evaluar, Duicela *et al* (2003) relaciona en el sabor con el contenido de magnesio, éste elemento suele favorecer el aroma, y puede variar dependiendo a la altura de zona de cultivo, este último factor de la altura no pudo afectar porque la altura de recolección de las muestras fue superior a los 1500 msnm. La Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-169-SCFI-2004 establece en sus especificaciones sensoriales (anexo 1) que los resultados obtenidos para las tres variedades se pueden clasificar en calidad en Primer Lavado muy cerca de Extra Primer Lavado por lo que se puede establecer como un café de buena aroma e indica que el café es de buena calidad en cuanto al aroma.

Lara (2005) menciona que la acidez calificada por los expertos es un atributo muy importante y la más difícil de estudiar además es la característica más apreciada en la comercialización del café, y por consiguiente con mejor valor comercial pudiéndola calificar como aguda y penetrante, mediana, ligera, escasa y falta absoluta de acidez. De acuerdo a los resultados (cuadro 21) podemos ver que los parámetros obtenidos son algo bajos siendo la variedad Typica la que presentara la calificación más alta con 3 por debajo la Bourbón con 2.6 y por último la variedad Caturra con una calificación de 2.4, siendo la más baja de las tres. Con lo anterior se coloca a la variedad Typica con un cuerpo medio a bueno y las variedades Caturra y Bourbón como ligera. ANACAFE (1998) indica que la acidez del café varía dependiendo de la altitud en la que se cosecha, por el grado de madurez del fruto, por el tiempo

transcurrido entre la cosecha y el despulpado y por ciertos factores climáticos, los factores mencionados fueron controlados por lo que la baja calificación otorgada a la acidez en la infusión posiblemente se pudiera atribuir al panel de jueces semientrenados. La NMX-F-551-1996-SCFI en sus especificaciones sensoriales (anexo 1) coloca de acuerdo a los resultados a la variedad Typica en calidad prima lavado y la variedad caturra y Bourbon en calidad de buen lavado y estos son calificados como regulares en cuanto a calidad.

Erales (1985) menciona que el cuerpo de la infusión es una prueba en la taza de café, que indica su textura fuerte, regularmente deseable y que se encuentra por lo general en cafés cultivados en lugares altos, y puede calificarse como cuerpo completo y muy pronunciado, cuerpo mediano, cuerpo ligero o delgado y cuerpo escaso. De acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 21) la variedad Bourbon y Caturra obtuvieron calificaciones iguales a 2.9 y la variedad Typica una calificación de 2.7, calificaciones cercanas a 3. En la figura 20 se puede observar que las infusiones de las tres variedades poseen una categoría de un buen a mediano cuerpo, clasificándolos como un buen café. De acuerdo a la NMX-F-551-1996-SCFI en la especificación sensorial (anexo 2) las variedades Bourbon y Caturra se pueden catalogar dentro de la calidad de Extra primer lavado y la variedad Typica se colocar en prima lavado. De acuerdo con Erales (1985), la altura es un factor que está relacionado con el cuerpo, en este caso pudo o no haber afectado ya que el café fue cultivado a más de 1500 msnm, sin embargo otro factor a considerar es que el panel utilizado que fue semientrenados teniendo limitantes a la hora de la ejecución y posibles variantes en cuanto a la percepción lo que pudo afectar el resultado final.

El sabor residual o resabio se obtiene cuando se simula el trago o en el caso de tomar un café al tragar el café, este deja un sabor que puede ser fuerte, medio o suave dependiendo de la percepción del juez. Este atributo no lo especifican la norma NMX-F-551-1996-SCFI y la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-169-SCFI 2004, pero se consideró ya que es una característica extra para conocer más acerca de la infusión. Los resultados fueron similares entre las tres variedades, la variedad Typica y Bourbon recibieron la misma calificación de 3.1 por arriba de la variedad Caturra con 2.7 (figura 20). Los

resultados determinan un resabio medio siendo una característica de un buen café, pudiendo ser una calificación un tanto baja dado que el panel fue semientrenado.

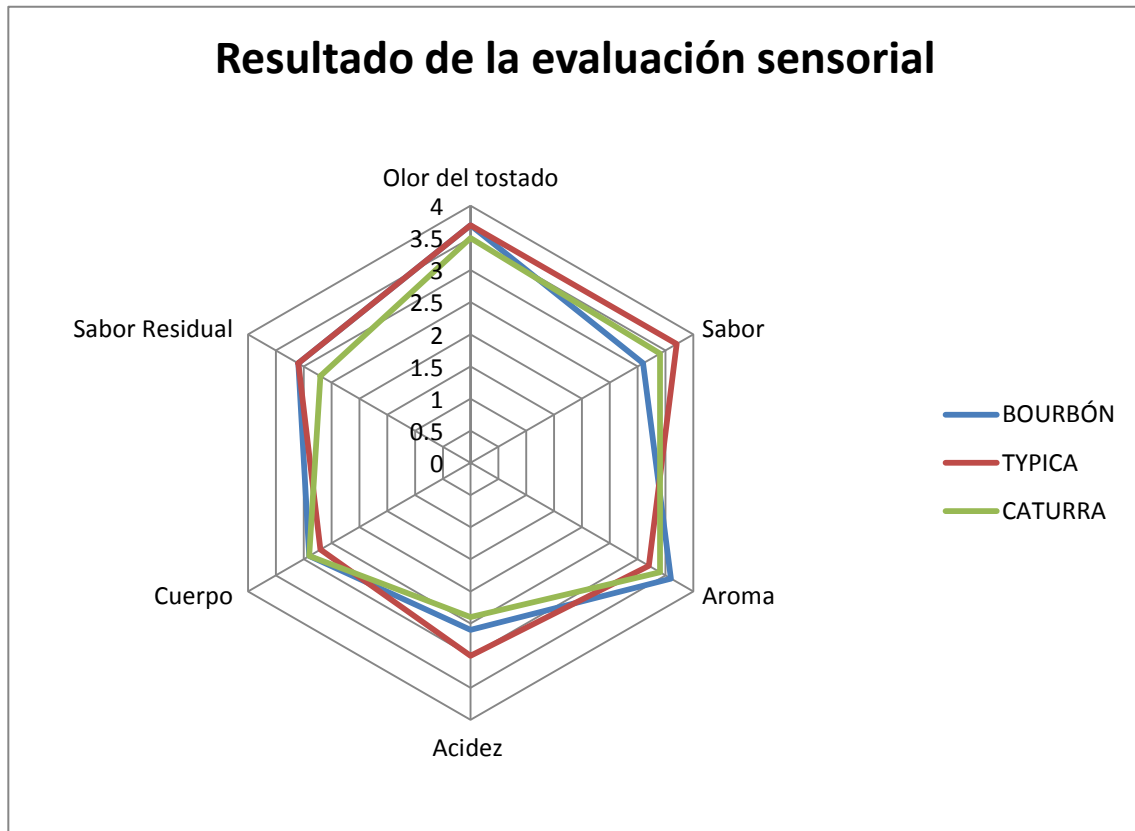


Figura 20. Atributos sensoriales evaluados por panel de jueces semientrenados

En la figura 20 podemos constatar las calificaciones de acuerdo a los atributos sensoriales que los jueces semientrenados detectaron para cada variedad de café. La variedad Typica es la que posee los valores más altos en el sabor global y la acidez teniendo, así también tiene el mismo valor con la variedad Bourbon en el sabor residual y el olor del café tostado. La variedad Typica presentó mejores calificaciones en cuatro de los seis atributos analizados, la variedad Bourbon solo presentó una calificación alta en el aroma global de la infusión dejando en segundo lugar a la variedad Caturra. La variedad Bourbon obtuvo la misma calificación en el olor del café tostado que la

variedad Typica. La variedad Bourbon y Caturra tienen la calificación igual en cuanto al cuerpo. En el atributo de sabor residual la variedad Typica y Bourbon presenta similitud.

Los resultados ya señalados en el cuadro 21 como se han descrito se obtuvieron del promedio de los 21 jueces semientrenados que realizaron la evaluación, dichos resultados parecen ser bajos con respecto a lo que reportan en las normas para el tipo de café de Arábica. Cabe mencionar que los resultados obtenidos pudieron ser afectados por factores muy importantes, el primero y el más importante, como ya se ha descrito el análisis sensorial fue realizado por jueces semientrenados y no por entrenados, mismos que no cuentan con la experiencia y entrenamiento necesario que poseen los entrenados o expertos para evaluar infusiones de café. En segundo lugar podría deberse a factores sobre la presentación de las muestras al momento de realizar la evaluación sensorial.

CAPÍTULO V

V. CONCLUSIONES

Se determinó el grado de calidad de las tres variedades de café: Caturra, Bourbon y Typica o criollo de la especie *Coffea arabica*, procedentes del municipio de Jitotol, Chiapas mediante un análisis físico-químico y sensorial en los cuales se obtuvieron resultados similares en los tres tipos de análisis.

Se determinaron los principales componentes químicos del café verde mediante un análisis bromatológico como son cenizas, proteína, lípidos, fibra cruda, carbohidratos y cafeína obteniendo para la variedad Caturra porcentajes de 3.3, 11.3, 9.2, 26.4, 44.6, y 19.3 mg respectivamente, para la Variedad Bourbon se obtuvo los porcentajes de 3.6, 11.1, 7.28, 44.6 y 19.29 mg respectivamente, esta variedad obtuvieron el porcentaje más bajo de lípidos, en cuanto a la variedad Typica se obtuvo porcentajes de 3.5, 12.3, 9.8, 29.6, 39.61 y 14.9 mg respectivamente, siendo la variedad con menor contenido de Carbohidratos. Estos resultados para las tres variedades son muy similares aunque puede comprobarse que la variedad Typica obtuvo mayores cantidades que las demás variedades en cuatro de los seis componentes analizados.

Se Realizó el análisis para comprobar su calidad física, analizando la forma, tamaño, color, materia extraña y uniformidad de color de las tres variedades de café verde, obteniendo resultados muy similares, el color fue la misma para las tres variedades el verde oscuro identificado con el 5753 C (guía Pantone), mismos resultados también obtenidos en el tamaño para las tres variedades Caturra, Bourbon y Typica como tamaño tipo 1, en materia extraña la variedad Bourbon y Caturra presentaron porcentajes de 2.4 y 3.0 % respectivamente siendo de tipo 2 y la variedad Bourbon presentó un tipo 3 con 5.3 %. La uniformidad de color la variedad Bourbon, Caturra y Typica fueron 96.3, 96.6 y 95 % respectivamente y en la prueba de forma todas las variedades presentaron por arriba del 95 % de su forma normal.

Se valoró la calidad de la bebida de las tres variedades de café con un perfil sensorial de olor del café molido sabor, aroma, cuerpo, acidez y sabor residual mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) con panelistas semientrenados los resultados se obtuvieron por puntajes del 0 al 5 obteniendo

para el café Caturra 3.5 en olor del café molido, 3.4 en sabor, 3.4 en aroma, 2.9 en cuerpo, 2.4 en acidez y 2.7 en sabor residual, para Bourbon 3.7 en olor del café molido, 3.1 en sabor, 3.6 en aroma, 2.9 en cuerpo, 2.6 en acidez y 3.1 en sabor residual, para la variedad Typica 3.7 en olor del café molido, 3.7 en sabor, 3.2 en aroma, 2.7 en cuerpo, 3 en acidez, y 3.1 en sabor residual, obteniendo valores mayores que en las otras variedades especialmente en la acidez. Estas características son las más importantes para evaluar la calidad del café, por lo que de acuerdo a estos resultados se puede concluir que la variedad Typica fue la que mejor puntaje obtuvo por lo tanto la de mejor calidad.

Tomando en cuenta los tres análisis y sus resultados finales, haciendo la observación que, debido a los jueces utilizados, los resultados del análisis sensorial se tuvieron muchas variaciones con respecto a la calificación atribuida a cada variedad considerando esto y los resultados de los otros dos análisis se concluye que:

La variedad Typica contiene mejores porcentajes de los componentes químicos físicos y químicos y tomando en cuenta el párrafo anterior se establece que esta variedad es la mejor de las tres en base a todas sus características determinándola como café de altura en base a las 11 calidades Mexicanas establecidas por NMX-F-551-1996-SCFI.

La variedad Bourbon en base a lo anterior se determina como la segunda mejor variedad en base a todas sus características, se determina como café de altura de acuerdo a las 11 calidades Mexicanas establecida por NMX-F-551-1996-SCFI

La variedad Caturra en base a lo anterior se determina, como la tercera variedad en base a todas sus características se determina como de café de altura de acuerdo a las 11 calidades Mexicanas establecida por la por NMX-F-551-1996-SCFI.

CAPITULO VI

VI. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, W. 1994. Seminario regional sobre el mejoramiento de la calidad del café. San Pedro Sula, HN, IICA. 320 p.
- Acuña R, Bassüner R, Beilinson V, Cortina H, Cadena Gómez G, Montes V, Nielsen NC. (1999). Coffee seeds contain 11S storage proteins. *Physiology Plantarum*, 105:122-131.
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café). "Perfiles de tueste y sabor". La catación del café como herramienta de control de calidad. Edición 28. 2011.
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1998. Manual de caficultura.
- Banegas k. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (*Coffea arabica*) en los municipios de El Paraíso y Alauca, Honduras. Turrialba, Costa Rica. P 5-10.
- Barrera J. y Parra M. 2000. Café en Chiapas y la investigación en Ecosur. Tapachula y San Cristóbal Chis., MX, PP 1-2.
- Bolaños M. De los Santos J. López J. Gonzales A. Osasuna F. 2002. Café de sombra en el Rincón de Ixtlán, Sierra Norte, Oaxaca, México. p 5-8.
- Bolívar C. 2009. Monografía sobre el Galactomanano del Grano de Café y su Importancia en el Procesamiento Para la Obtención de Café Soluble. Universidad Tecnológica de Pereira.35-40.
- Campos L. y Rodríguez L. (1971). Aplicación de métodos cromatograficos para análisis de aminoácidos libres de cafés verdes. In: 5th International Colloquium on the Chemistry of Coffee, ASIC, Paris. p. 91-96.

Cárdenas S. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de la colección del núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 4.

CEFP. 2001. El mercado de café en México. México, cámara de diputados 11.

CEI-RD. 2003. Perfil económico del café. Gerencia de Investigación de Mercado la Republica Dominicana. PP: 1-3

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP), (2001), el mercado del café en México, cámara de diputados. PP: 20-35.

Clarke RJ y Macrae R. (1985). Coffee: Chemistry. London: Elsevier Applied Science Publishers. V1. 306 P.

Columbus M. y Pulgarín G. 2002. Proyecto de producción de café orgánico para exportación como una nueva alternativa comercial para Ecuador. PP: 20-30.

Consejo Mexicano del Café 1992. Factores que influyen la calidad del café. Xapala, Veracruz, MX, IICA. 112 P.

Consejo Mexicano del Café 2002. Padrón Nacional cafetalero. Encuentro sobre Café, Economía y Medio Ambiente. "La Pintada", Atoyac de Álvarez, Guerrero. Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable Semarnat. Presentación en Power Point.

Consejo Regulador de la Calidad del Café de Chiapas, A.C., 2004. Denominaciones de origen. Boletín informativo. Vol. I. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Coronel M. 2010. Estudio del Café Especial Ecuatoriano. FUNIBER (Fundación Universitaria Iberoamericana). Quito, Ecuador. PP: 33-37

Donaire G., 2012. El Café y el Comercio Justo, Madrid, España. Cuaderno del CJ. 8 P.

Duicala L., García J., Corral E., Farfán D. Y Fernández F. 2009. Calidad física y organoléptica de los cafés robustas ecuatorianos. PP: 26-30.

Duicela, I. y Sotomayor, I. 1993. La Calidad del Café. Manual del Cultivo del Café. INIAP, FUNDAGRO, GTZ. Quevedo, Ecuador. PP: 212-219.

El café en el mundo en line en <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropList?name=c&relation=begin> With> consultado el 27 de mayo del 2013

Erales, R. 1985. Vocabulario cafetalero. Revista Cafetalera 54: 15.

Ewing A. y Schrage E. 2004. El sector empresarial y los derechos humanos: puede el sector privado contribuir a promover los derechos humanos en el sector cafetalero. Revista IIDH. P 303.

Financiera rural. 2009. Monografía café cereza. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial.

FIRA. 2003. Situación de la Red Café, oportunidades de desarrollo en México. FIRA-Banco de México. México. Boletín informativo 519(34):105.

Fischerworing B. y Robkamp R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Editorial López. 3ª Ed. PP 15-17.

Fundación Produce Chiapas A.C. y el ITESM (Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey Campus Chiapas). 2003. Cadena Agroalimentaria del Café. México. PP 9-11.

Fundación Produce de Guerrero A.C., 2012. Café. Guerrero MX agenda de innovación 2012. P 108.

- García D. 2010. Cuantificación de cafeína en diez marcas de infusiones comercializadas en saltillo. UAAAN, Saltillo, Coahuila. 35
- García K. 2008, Programa de desarrollo de proveedores, para la comercialización del café bajo el sistema de Comercio Justo: el caso de San Mateo Piñas y Santa María Coixtepec, Oaxaca. México. Universidad Tecnológica de la Mixteca. P 155.
- 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, P 3.
- Gotteland M y De Pablo S. 2007. "cafeína". Algunas verdades sobre el café. Santiago Chile. 6.
- Gotteland M y De Pablo S. 2007. Café y Salud. Universidad de Chile. Guatemala. 317 p.
- IHCAFE. 2009. Variedades y Mejoramiento Genético del Café. P3.
- Ignacio S. 2007. Caracterización Morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE. Costa Rica. 13,35 PP.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) y Centro de Investigación del Café (CICAFFE), 2011. Guía Técnica Para el Cultivo del Café. 1ª Ed. P 21.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. 2001. declaración general de protección de la denominación de origen "café Chiapas". México. P 6.
- 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.

- López R. 2006. Caracterización de tres variedades de café (*Coffea arabica*) en tres zonas ecológicas del país. Universidad de San Carlos Guatemala. PP. 7,133
- Martínez A. 2010. Guía Ilustrada de plantas medicinales existentes en México para preparar tinturas. *Coffea arabica*.
- NMX-F-155-1996 café verde-especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de comercio.
- Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-169-SCFI-2004, Café Chiapas-Especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de comercio.
- Oliveros C., Valencia L., Buitrago C. y Cárdenas E. 2010. Determinación del contenido de humedad del café durante el secado en silos. 109 P.
- Peralta A. 2001. REVISIÓN DEL ESTUDIO DE VOLÁTILES EN CAFÉ (*Coffea arabica*) POR MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia.
- Pérez V. y Celis F., 2003. La crisis del café causas, consecuencias y estrategias de respuesta. México. Conferencia electrónica del grupo Chorlaví. P 3.
- Pérez P, JR; Díaz C, S. 2000. El café, bebida que conquistó al mundo. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 151 p.
- Pineda C., Reyes c. y Alonso F. 2002. Beneficiado y calidad del café. Honduras. P 5
- Productores de café. En línea en www.ico.org. 18 de mayo del 2013.
- Programa Nacional de Competitividad (PNC). 2003. Guía Básica Para el Manejo Ambiental del Cultivo del Café. Costa Rica.
- Puerta G. 1999. Influencia del proceso de beneficiado en la calidad del café. Cenicafe. P 79.

- Robles H. 2011. Los Productores de Café en México Problemática y Ejercicio del Presupuesto. Mexican Rural Development Research Reports. PP: 8-12.
- Rodríguez M. 2007. "la influencia del grado de tueste en el sabor del café". La física y química en el tueste del café. Forum café. P 44
- Rojas M. 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). Universidad de Puerto Rico. P 5.
- SAGARPA. 2007. Sistema Agropecuario de Consulta. Cultivos perennes 2007-chiapas-café cereza/orgánico 2007. En internet: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- SAGARPA. 2010. Escenario actual del Café. 3 P.
- Santacruz E., Pérez O., Palacio V. 2010 competitividad de las organizaciones de productores de café orgánico del soconusco, Chiapas; un análisis a través de las actitudes de sus dirigentes. Revista académica, No. 9 p 7-8. México.
- UACH. 2005. Acciones de Fomento Productivo y Mejoramiento de la Calidad del Café en México, 2004. Evaluación Nacional Externa. Huatusco, Veracruz. MX, Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-CENIDERCAFÉ). SAGARPA. Consejo Mexicano del Café. P 104.
- Vázquez L. 2011. Tipificación y Caracterización del Café Comercial Mediante Métodos Instrumentales y Quimiometría. Mex. PP. 25-32
- Vergara S. 2012. Café Peruano: Aroma y Sabor Para Nosotros y el Mundo. P 23.

CAPÍTULO VII

VII. ANEXOS

Anexo 1. cuadro de especificaciones de la NMX-f-551-1996 café verde especificaciones y métodos de prueba para calidades mexicanas.

Cuadro 1 especificaciones físicas y sensoriales de tres calidades mexicanas

Calidad Parámetro	Estrictamente altura ¹⁰⁸⁾	Altura ¹⁰⁸⁾	Extra prima lavado ¹¹⁰⁾
Altitud (m.s.n.m) ⁸⁷⁾	Mayor 900	Mayor 900	700-900
Color ²⁰⁾	Muy fino	Verde oscuro 5 753 C Verde optimo 5 763 C	Verde oscuro 5 753 C Verde optimo 5 763 C
	Fino	Verde aceituna 5 773 C Verde aceituna claro 5 783 C	Verde aceituna 5 773 C Verde aceituna claro 5 783 C
	Claro	Verde claro 5 793 C Verde muy claro 5 803 C	Verde claro 5 793 C Verde muy claro 5 803 C
Uniformidad de color (%) tipo 1	[95-100]	[95-100]	[95-100]
Uniformidad de color (%) tipo 2	[90-95]	[90-95]	[90-95]
Uniformidad de color (%) tipo 3	[85-90]	[85-90]	[85-90]
Tamaño de cribas tipo 1 ¹⁰⁹⁾	25 %,-15; 75 % > 15	25 %,-15; 75 % > 15	25 %,-14; 75 % > 14
Tamaño de cribas tipo 2 ¹⁰⁹⁾	25 %,-16; 75 % > 16	25 %,-15; 75 % > 15	25 %,-13; 75 % > 13
Tamaño de cribas tipo 3 ¹⁰⁹⁾	25 %,-14; 75 % > 14	25 %,-14; 75 % > 14	25 %,-12; 75 % > 12
Número de defectos tipo 1 ⁴⁰⁾	[0 - 13]	[0 - 13]	[0 - 13]
Número de defectos tipo 2 ⁴⁰⁾	[14 - 26]	[14 - 26]	[14 - 26]
Número de defectos tipo 3 ⁴⁰⁾	[27 - 50]	[27 - 50]	[27 - 50]
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 1 ⁴⁰⁾	[0 - 1,5]	[0 - 1,5]	[0 - 1,5]
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 2 ⁴⁰⁾	[1,5 - 3,0]	[1,5 - 3,0]	[1,5 - 3,0]
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 3 ⁴⁰⁾	[3,0 - 8,0]	[3,0 - 8,0]	[3,0 - 8,0]

Calidad Parámetro	Estrictamente altura ¹⁰⁸⁾	Altura ¹⁰⁸⁾	Extra prima lavado ¹¹⁰⁾
Bouquet (aroma)	5	De 4 a 5	4
Acidez	5	5	De 4 a 5
Cuerpo	5	De 4 a 5	De 3 a 5
Sabor	5	De 4 a 5	De 3 a 4

Cuadro 1 especificaciones físicas y sensoriales de dos calidades mexicanas

Calidad Parámetro	Prima lavado ⁽¹⁸⁾	Buen lavado ⁽¹⁸⁾	
Altitud (m.s.n.m) ⁽¹⁾	600 - 900	400 - 600	
Color ⁽²⁾⁽³⁾	Muy fino	Verde oscuro 5 753 C	Verde oscuro 5 753 C
		Verde óptimo 5 783 C	Verde óptimo 5 783 C
	Fino	Verde aceituna 5 773 C	Verde aceituna 5 773 C
		Verde aceituna claro 5 783 C	Verde aceituna claro 5 783 C
	Claro	Verde claro 5 793 C	Verde claro 5 793 C
		Verde muy claro 5 803 C	Verde muy claro 5 803 C
Uniformidad de color (%) tipo 1	[95-100]	[95-100]	
Uniformidad de color (%) tipo 2	[90-95]	[90-95]	
Uniformidad de color (%) tipo 3	[85-90]	[85-90]	
Tamaño de cribas tipo 1 ⁽⁴⁾	25 % < 14; 75 % > 14	Mínimo 12	
Tamaño de cribas tipo 2 ⁽⁴⁾	25 % < 13; 75 % > 13	Mínimo 12	
Tamaño de cribas tipo 3 ⁽⁴⁾	25 % < 12; 75 % > 12	Mínimo 12	
Número de defectos tipo 1 ⁽⁵⁾	[0 - 13]	[0 - 13]	
Número de defectos tipo 2 ⁽⁵⁾	[14 - 26]	[14 - 26]	
Número de defectos tipo 3 ⁽⁵⁾	[27 - 50]	[27 - 50]	
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 1 ⁽⁶⁾	[0 - 1,5]	[0 - 1,5]	
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 2 ⁽⁶⁾	[1,5 - 3,0]	[1,5 - 3,0]	
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 3 ⁽⁶⁾	[3,0 - 8,0]	[3,0 - 8,0]	

Calidad Parámetro	Prima lavado ⁽¹⁸⁾	Buen lavado ⁽¹⁸⁾
Bouquet (aroma)	De 3 a 4	De 2 a 3
Acidez	De 3 a 4	De 1 a 2
Cuerpo	De 2 a 4	De 0 a 2
Sabor	3	De 2 a 3

Cuadro 3 especificaciones físicas y sensoriales de seis calidades mexicanas

Calidad Parámetro	Lavado	Desmanche	Natural tipo A ²⁾	Natural tipo B ²⁾	Robusta lavado	Robusta natural
Altitud (m.s.n.m) ³⁾	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Color ^{3/5)}	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Uniformidad de color (%) tipo 1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Uniformidad de color (%) tipo 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Uniformidad de color (%) tipo 3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tamaño de cribas tipo 1 ¹⁰⁾	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tamaño de cribas tipo 2 ¹⁰⁾	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tamaño de cribas tipo 3 ¹⁰⁾	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Número de defectos tipo 1 ^{4/5)}	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Número de defectos tipo 2 ^{4/5)}	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Número de defectos tipo 3 ^{4/5)}	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 1 ¹³⁾	[0-10]	[35-45]	[0-12]	[0-20]	[0-10]	[0-20]
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 2 ¹⁵⁾	(10-20)	(45-55)	(12-20)	(20-30)	(10-20)	(20-30)
Imperfecciones físicas totales y % en masa de materia extraña tipo 3 ¹⁵⁾	(20-35]	> 55	> 20	> 30	> 20	> 30

Calidad Parámetro	Lavado	Desmanche	Natural tipo A ²⁾	Natural tipo B ²⁾	Robusta lavado	Robusta natural
Bouquet (aroma)	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5
Acidez	De 0 a 5	De 0 a 5	N/A	N/A	0	0
Cuerpo	De 0 a 5	De 0 a 5	De 1 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5
Sabor	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5	De 0 a 5

Cuadros para la norma proy-nom-169-scfi-2004, café Chiapas- especificaciones y métodos de prueba, cuadros complementarios.

Cuadro 4 especificaciones físicas para el “café Chiapas”

Parámetro	Estrictamente Altura	Altura	Extra Prima Lavado	Prima Lavado	Método de Prueba
Altitud (msnm)	Mayor de 1000	900 a 999	801 a 899	800	Inciso 6.1 y Tabla 1 NMX-F-551-1996
Color	Verde oscuro 5 753 C a Verde óptimo 5 763 C Verde aceituna 5 773 C a Verde aceituna claro 5 783 C Verde claro 5 793 C a Verde muy claro 5 803 C	Verde oscuro 5 753 C a Verde óptimo 5 763 C Verde aceituna 5 773 C a Verde aceituna claro 5 783 C Verde claro 5 793 C a Verde muy claro 5 803 C	Verde oscuro 5 753 C a Verde óptimo 5 763 C Verde aceituna 5 773 C a Verde aceituna claro 5 783 C Verde claro 5 793 C a Verde muy claro 5 803 C	Verde oscuro 5 753 C a Verde óptimo 5 763 C Verde aceituna 5 773 C a Verde aceituna claro 5 783 C Verde claro 5 793 C a Verde muy claro 5 803 C	9.1.1.3 NMX-F-551-1996 determinar en el catálogo Pantone la clave del color que más se aparezca a la muestra.
Humedad	11,5-12,5 %	11,5-12,5%	11,5-12,5%	11,5-12,5%	Inciso 9.1
Tamaño	75% > 15 25% - 15	75% > 15 25% - 15	75% > 14 25% - 14	75% > 14 25% - 14	Inciso 9.3
Forma	≥ 95% planchuela	≥ 95% planchuela	≥ 90% planchuela	≥ 90% planchuela	Inciso 9.4
Defectos totales	Ver nota 1	Ver nota 1	Ver nota 1	Ver nota 1	Ver Nota 1, Inciso 9.5

Cuadro 5 Especificaciones sensoriales del “Café Chiapas”, con un parámetro de medición de 0 a 5 unidades.

Parámetro	Estrictamente Altura	Altura	Extra Prima Lavado	Prima Lavado	Método de Prueba
Aroma	5	4 o más	3 o más	3 o más	Inciso 9.8
Acidez	5	5	De 4 a 5	3 o más	Inciso 9.8
Cuerpo	5	De 4 a 5	De 3 a 5	De 2 a 5	Inciso 9.8
Sabor	5	4 o más	3 o más	3 o más	Inciso 9.8

Anexo 2

Análisis de varianza de los componentes químicos en el café

Cuadro 1. ANVA para cenizas

Fuente de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrados medios (C.M)	F calculada (F.C.)	Pe > F
Variedades	2	0.00001444	0.00000722	3.64	0.0922 ^{NS}
Error	6	0.00001190	0.00000198		
Total	8	0.00002633			

Cuadro 2. ANVA para proteínas

Fuente de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrados medios (C.M)	F calculada (F.C.)	Pr > F
Variedades	2	0.00029070	0.00014535	523.71	0.0014 ^{**}
Error	6	0.00003679	0.00000613		
Total	8	0.00032749			

Cuadro 23. ANVA para lípidos

Fuente de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrados medios (C.M)	F calculada (F.C.)	Pr > F
Variedades	2	0.00105441	0.00052720	553.65	0.0001 ^{**}
Error	6	0.00000571	0.00000095		
Total	8	0.00106012			

Cuadro 4. ANVA para fibra cruda

Fuente de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrados medios (C.M)	F calculada (F.C.)	Pr > F
Variedades	2	0.00169854	0.00084927	77.63	0.0001**
Error	6	0.00006564	0.00001094		
Total	8	0.00176417			

Cuadro 5. ANVA para carbohidratos

Fuente de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrados medios (C.M)	F calculada (F.C.)	Pr > F
Variedades	2	0.00706235	0.00353117	590.39	0.0001**
Error	6	0.00003589	0.00000598		
Total	8	0.00709824			

Cuadro 6. ANVA para cafeína

Fuente de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrados medios (C.M)	F calculada (F.C.)	Pr > F
Variedades	2	48.1405556	24.0702778	1.97	0.2198 ^{NS}
Error	6	73.2720000	12.2120000		
Total	8	121.4125556			

ANEXO 3

Hoja de evaluación para la prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA) del análisis sensorial.

Nombre _____ Fecha
11/Mayo/13

Muestra Café Código de la muestra _____

Ante ti tiene tres muestras codificadas de café (llenar una hoja por muestra), primero evalúa el AROMA A TOSTADO sin agregar el agua (con los granos de café) y posteriormente con la primer muestra vacía el agua caliente y deja reposar al menos 1 minuto, a continuación mezcla y separa el resto del café de manera que puedas evaluar las características que te señalamos, considerando la escala de intensidad y marcando con una X el valor numérico correspondiente. Haz esto con las otras dos muestras por favor. Recuerda enjuagarse la boca antes de probar la otra muestra y no pasarse la muestra.

Escala de intensidad	
0	No existe
1	Baja
2	Media baja
3	Media
4	Media alta
5	Alta

TOSTADO (ESTE ATRIBUTO EVALUALO CON LOS GRANOS DE CAFÉ ANTES DE PONER EL AGUA POR FAVOR)

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

SABOR GLOBAL A CAFÉ

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

AROMA GLOBAL A CAFÉ

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

SABOR ÁCIDO

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

CUERPO

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

SABOR RESIDUAL (EL SABOR QUE DEJA ¿QUÉ TAN PERSISTENTE ES?)

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

¡Muchas gracias por tu participación!

Anota tus comentarios por favor:
