



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA -CONCYT-
SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA -SENACYT-
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA -FONACYT-
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (UVG)**

INFORME FINAL

Identificación y evaluación de los compuestos mayoritarios del aroma de café por absorción en fase sólida y su relación con el análisis organoléptico y con su capacidad antioxidante

PROYECTO FODECYT No. 039-2011

**Ana Luisa Mendizábal de Montenegro
Investigador Principal**

GUATEMALA, MARZO 2016



AGRADECIMIENTOS:

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al apoyo financiero dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, -FONACYT-, otorgado por La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-.

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN:

Lic. Ana Luisa Mendizábal de Montenegro
Investigador Principal

M.Sc. Carlos E. Rolz Asturias
Investigador Asociado

M.Sc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz
Investigador Asociado

M.Sc. Patricia Palomo
Investigador Asociado

M.Sc. María del Carmen Samayoa
Investigador Asociado

Sra Iliana Vásquez de Arias
Técnico de Laboratorio

RESUMEN

Como contribución a la definición de la calidad del café de Guatemala y basándonos en ocho zonas productoras del país clasificadas por la asociación Nacional del Café (ANACAFE), Highland Huehue, Antigua Coffee, Volcanic San Marcos, Fraijanes Plateau, New Oriente, Traditional Atitlan, Acatenango Valley y Rainforest Cobán; se buscó realizar cuantificaciones con métricas químicas para determinar una correlación y definir sus propiedades. Se adquirieron dichas muestras ya procesadas (tostadas y molidas) buscando un proceso estandarizado y homogéneo por el mismo productor. Se separó cada una en porciones para los diferentes análisis a realizar.

Se determinó el patrón normalizado de los componentes del aroma de café molido por medio del método de micro-extracción en fase sólida acoplada a la cromatografía de gases y se determinó su relación con la capacidad antioxidante obtenida por medio del método de espectroscopia visible. En dichos resultados se pudo determinar la semejanza entre las características de cafés de New Oriente, Antigua Coffee y Highland Huehue en un grupo y Volcanic San Marcos, Acatenango Valley y Fraijanes Plateau, quedando como regiones independientes Traditional Atitlan y Rainforest Cobán.

La información obtenida se procesó empleando técnicas del análisis multivariado de datos con el fin de formar grupos o *clusters* que denoten una calidad diferente dependiendo de la región.

De esta manera se generaron datos científicos que pueden servir de complemento a la metodología tradicional de evaluación de café por análisis organoléptico de taza de café por expertos catadores y dar una alternativa de análisis y un valor agregado a la información por región.

SUMMARY (ABSTRACT)

As a contribution to the definition of quality coffee from Guatemala and based in eight growing areas of the country classified by the National Coffee Association (ANACAFE) Highland Huehue, Antigua Coffee, Volcanic San Marcos, Fraijanes Plateau, New Oriente, Traditional Atitlan, Acatenango Valley and Rainforest Coban; we wanted to make chemical quantifications metrics to determine a correlation and define its properties. These samples were already processed (roasted and ground) seeking a standardized and uniform processes by the same producer were acquired. Each was separated into portions for different analysis to be performed.

The standard flavor components of ground coffee by the method of micro-solid phase extraction coupled to gas chromatography standard was determined and their relation to the antioxidant capacity obtained by visible spectroscopy method was determined. In those results we could determine the similarity between the characteristics of New Oriente, Antigua Coffee and Highland Huehue in one group and Volcanic San Marcos, Acatenango Valley and Fraijanes Plateau, in another, running as independent regions Traditional Atitlan and Rainforest Coban.

The information obtained was processed using techniques of multivariate data analysis in order to form groups or clusters that denote a different quality depending on the region. Thus scientific data are being generated as a complement to traditional methodology evaluation for sensory analysis of coffee cup tasters and provide an alternative analysis and added value to information by region.

ÍNDICE		Página
Resumen		IV
Summary		V
PARTE I		
I.1	INTRODUCCIÓN	1
I.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
	I.2.1 Antecedentes en Guatemala	3
	I.2.2 Justificación del trabajo de investigación	3
I.3	OBJETIVOS E HIPOTESIS	
	I.3.1 Objetivos	
	I.3.1.1 General	3
	I.3.1.2 Específicos	4
	I.3.2 Hipótesis	4
I.4	METODOLOGIA	
	I.4.1 Localización	5
	I.4.2 Las Variables	
	I.4.2.1 Variables dependientes	5
	I.4.2.2 Variables Independientes	5
	I.4.3 Indicadores	5
	I.4.4 Estrategia Metodológica	
	I.4.3.1 Población y Muestra	5
	I.4.5 El Método	7
	I.4.6 La Técnica Estadística	11
	I.4.7 Los Instrumentos a utilizar	12
PARTE II		
	MARCO TEÓRICO (CONCEPTUAL)	14
PARTE III		
III.	RESULTADOS	
	III.1 Discusión de Resultados	26

PARTE IV.	
IV.1 CONCLUSIONES	44
IV.2 RECOMENDACIONES	45
IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
IV.4 ANEXOS	52
PARTE V	
V.1 INFORME FINANCIERO	56

Lista de Cuadros

	Página
1. Preparación de las diluciones para cada muestra filtrada de café	10
2. Compuestos del aroma	18
3. Resultados de capacidad antioxidante	26
4. Resultados de ácidos clorogénicos	28
5. Resultados de polifenoles	29
6. Selección de nueve compuestos	35
7. Selección de catorce compuestos (2011-2012)	37
8. Selección de quince compuestos (2012-2013)	38
9. Selección de quince compuestos (2011-2012)	40
10. Características de origen de las muestras	52
11. Descripción de cafés utilizados	53

Lista de Fotos

	Página
1. Muestras de café	6
2. Laboratorio Sensorial	7
3. Prueba Sensorial	8
4. Muestras para panel sensorial	8
5. Cafés ocho regiones en viales	33
6. Sistema de adsorción de aroma	33
7. Vial y fibra	34

Lista de Graficas

	Página
1. Diagrama variación café de tres orígenes	16
2. Diagrama de mezclas de diferentes productores	17
3. Compuestos generados durante le tostado	19
4. Promedio características de catación	30
5. Acidez	31
6. Astringencia	31
7. Amargor	32
8. Fragancia/Aroma	32
9. Análisis jerárquico de los datos (9 compuestos) de la cosecha 2011-2012	35
10. Análisis jerárquico de los datos (9 compuestos) de la cosecha 2012-2013	35
11. Análisis jerárquico de los datos (14 compuestos) de la cosecha 2011-2012	38
12. Análisis jerárquico de los datos (15 compuestos) de la cosecha 2012-2013	39
13. Análisis jerárquico de los datos (18 compuestos) de la cosecha 2011-2012	41
14. Análisis de componentes principales (PCA) de los datos (18 compuestos) de la cosecha 2011-2012	42
15. Aromagrama de los datos (18 compuestos) de la cosecha 2011-2012	43

PARTE I

I.1 INTRODUCCIÓN

La importancia del trabajo realizado es poder contribuir al esfuerzo que ya se lleva a cabo a nivel comercial para resaltar la calidad y las bondades del café guatemalteco con datos que no se han estudiado como lo es la caracterización química del aroma y su capacidad antioxidante y la relación entre estas propiedades.

En la actualidad, el comercio del café busca indicadores de calidad que resalten las propiedades de cada tipo de café, diferentes técnicas de cultivo, como el café orgánico, el café ecológico o el café preferente, para lograr mejores precios y un mejor posicionamiento dentro de las preferencias del consumidor.

Las variedades de café que se manejan en el cultivo han variado a lo largo del tiempo y en la actualidad principalmente se trabajan las especies Robusta y Arábica a nivel mundial. Se han visto también modificaciones en los procesos de cultivo lo que va aumentando la productividad de ciertas regiones y la calidad del grano, como es el caso de Brasil. Estos procesos van desde nuevas tecnologías e investigación, que garantiza la continuidad del proceso. Entre esta revolución tecnológica se encuentran ejemplos como el despulpado natural y semi lavado, cosechadores manuales neumáticas o con motor de dos tiempos, podas drásticas, irrigación, aumento de siembras en número de plantas por hectárea (hasta 3000 plantas por hectárea) mejorando las variedades y las técnicas de cultivo por ejemplo con la implementación de siembras en terrazas o cultivos en línea, mecanización, fertilización de activación lenta, orgánica y mineral. Por otro lado se están produciendo también cafés diferenciados que es lo que el mercado está pidiendo. (Carlos Brando Cumbre Latinoamericana del Café 2012).

Los países productores de los cafés *lavados* compiten entre sí por satisfacer esas crecientes demandas. Establecer, entonces, la relación de calidad con el país y la zona de origen, basada en información veraz y validada, tanto por consumidores como por productores, es una necesidad vigente. La calidad de una taza de café con frecuencia se asocia al resultado de un análisis organoléptico, aroma y sabor, como características principales, realizado por

expertos catadores, pero no se tienen muchos datos de resultados analíticos químicos y comparaciones entre estos y otras propiedades de los mismos.

Se ha intentado en el pasado buscar una relación entre los patrones de análisis químicos y los resultados del análisis organoléptico, pero la misma ha sido evasiva, ya que el aroma del café tostado resulta ser una mezcla compleja de más de 800 diferentes compuestos químicos, algunos originalmente presentes en el café verde y una gran mayoría generados durante el proceso térmico del tostado. Ha sido hasta en estos últimos años que se ha tenido un éxito parcial al identificarse entre 27 y 29 compuestos aromáticos de impacto, que han podido correlacionarse con pruebas organolépticas duales y triangulares (Semmelroch & Grosch, 1996; Czerny et al, 1999). Entre estos compuestos tenemos aldehídos, cetonas, alcoholes, pirroles, pirazinas, furanos, tiazoles, tiofenoles, esterres, oxazoles, lactonas, compuestos sulfurados, piridinas, alcanos, alquenos, compuestos fenólicos, compuestos bencénicos, ácidos, piranonas y terpenos.

Los granos de café y bebidas de café así como frutas y hortalizas poseen distintos compuestos bioactivos entre los cuales están los que poseen actividad antioxidante debida a compuestos de distinta naturaleza química, que incluyen a las vitaminas C y E, polifenoles, carotenoides y terpenoides, entre otros ha sido conocida por un largo tiempo y ha sido evaluada usando diferentes métodos. Varios estudios indican que un contenido alto de polifenoles en el café juega un papel importante en una fuerte acción antioxidante. La concentración de polifenoles altamente activos en granos de café verde es influenciada por la especie y por su origen, y en el caso de las bebidas de café depende del procedimiento de preparación. (Cämmerer, 2005) Estos compuestos se han relacionado con la prevención de distintos procesos crónicos, como la enfermedad cardiovascular, algunos desórdenes neurológicos como el Alzheimer y el Parkinson, y ciertos procesos inflamatorios. (Pérez-Jiménez & Saura-Calixto, 2007) por lo que son compuestos importantes de conocer su presencia en los productos de consumo y preferencia de la población para aportar un valor agregado a un cultivo líder en el país.

I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.2.1 Antecedentes en Guatemala

La calidad del café en Guatemala se evalúa por expertos catadores de gremios y asociaciones, como también de empresas comercializadoras de países productores. No existe investigación previa sobre la composición química del aroma del café de Guatemala empleada como una métrica para evaluar calidad de taza, ni datos de su relación con la capacidad antioxidante.

I.2.2 Justificación del trabajo de investigación

Con un consumo anual de cerca de 5 millones de toneladas, el café es una de las bebidas más populares en el mundo. El café en Guatemala continúa siendo un producto importante en las exportaciones del agro. Además es importante recalcar que actualmente el café es producido por un gran número de pequeños empresarios agrícolas, unos asociados en cooperativas, otros en grupos regionales y otros individuales. ANACAFÉ, FEDECOCAGUA Y AGEXPORT apoyan el cultivo del café de estos agricultores y promueven su exportación a mercados tradicionales de consumo, como también a nuevos mercados, tanto geográficos como de productos finales diferentes. El consumidor habitual de café lo prefiere por su deseable sabor y aroma, como también por sus propiedades estimulantes. Lo se pretendió realizar en este estudio fue iniciar la clasificación del café del país de acuerdo a criterios relacionados al gusto de la bebida, caracterización química del aroma y establecimiento de la capacidad antioxidante que posee.

I.3 OBJETIVOS E HIPOTESIS

I.3.1 Objetivos

I.3.1.1 General

Identificar y evaluar los compuestos mayoritarios del aroma de café por absorción en fase sólida y su relación con el análisis organoléptico y con su capacidad antioxidante.

I.3.1.2 Específicos

- a) Definir de la calidad del café proveniente de las ocho zonas productoras del país clasificadas por Anacafé, mediante la determinación del patrón normalizado de los componentes del aroma de café molido por medio del método de micro-extracción en fase sólida acoplada a la cromatografía de gases comparado con la metodología tradicional organoléptica por catación (cuantificación de métricas químicas asociadas con la composición química del aroma del café tostado) y se determinara su relación con la capacidad antioxidante por medio del método de espectroscopía visible.
- b) Caracterizar y evaluar el aroma de 8 muestras de café tostado clasificadas y obtenidas en Anacafé, empleando técnicas acopladas de micro-extracción y cromatografía gaseosa.
- c) Evaluar las muestras de café, simultáneamente, por ensayos de catación organoléptica empleando un número determinado de consumidores habituales.
- d) Comprobar y evaluar, con la ayuda del análisis multivariado, si existe una correlación entre la degustación y la composición del aroma, buscando eventualmente la descripción de la variación por medio de la diferenciación en grupos.
- e) Determinar y evaluar por espectroscopia visible, la capacidad antioxidante de las muestras evaluadas.
- f) Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.

I.3.2 Hipótesis

El aroma del café caracterizado en ciertos componentes químicos y su capacidad antioxidante son una métrica adecuada para diferenciar cafés comerciales de diferente origen y calidad.

I.4 METODOLOGÍA

I.4.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada edificio III laboratorios 213 y 214 del Instituto de Investigaciones (localización geográfica Latitud 14°36'14.54" N; 90°29'22.57" O, elevación de 1517msnm, temperatura mínima 20°C y máxima de 23°C; y humedad relativa promedio de 54%), Laboratorio de Alimentos edificio E laboratorios 106, 102 y 201 del Departamento de Ingeniería en Alimentos (localización geográfica Latitud 14°36'15.41" N; 90°29'23.78" O, elevación de 1515msnm, temperatura mínima 23°C y máxima de 27°C; y humedad relativa promedio de 64%)

I.4.2 Las Variables

I.4.2.1 Variables dependientes

Métricas químicas y capacidad antioxidante.

I.4.2.2 Variables Independientes

Cafés de las ocho regiones caracterizadas por ANACAFE, Acatenango Valley, Antigua Coffee, Traditional Atitlán, Reinformest Cobán, Fraijanes Plateau, Highland Huehue, New Oriente y Volcanic San Marcos

I.4.3 Indicadores

1.4.3.1 Capacidad antioxidante de cada muestra de café

1.4.3.2 Perfil cromatográfico de aroma de cada muestra de café

1.4.3.3 Percepción de catación organoléptica

I.4.4 Estrategia Metodológica

I.4.3.1 Población y Muestra

La **población**: incluye el café de Guatemala

La **muestra**: café de Guatemala, comercial, obtenido en ANACAFE, de las ocho regiones caracterizadas por ellos. Se circunscribe a dos cosechas una del año 2011-2012 y otra 2012-2013.

Dichas regiones, según nombre comercial asignado por Anacafé, son:

1. Highland Huehue,
2. Antigua Coffee,
3. Volcanic San Marcos,
4. Fraijanes Plateau,
5. New Oriente,
6. Traditional Atitlán,
7. Acatenango Valley y
8. Rainforest Cobán.

Foto 1: Muestras de café



Fuente: Proyecto FD 039-2011

I.4.5 El Método

El procedimiento se llevó a cabo dos veces en años consecutivos con dos diferentes cosechas (2011-2012; 2012-2013).

Degustación de las muestras. El análisis organoléptico de la taza preparada se efectuó por consumidores previamente seleccionados y capacitados, miembros del personal de la UVG.

Se procedió a realizar una convocatoria entre el personal de la UVG, de la cual se seleccionó una muestra en base a un cuestionario inicial. Luego de esta pre selección se sometió a los finalistas a pruebas de identificación de gusto (diferentes sabores), olores (entre 10 olores de aceites esenciales a diferentes concentraciones), concentración de sabores (con sustancias ácidas, amargas y dulces a diferentes concentraciones para su diferenciación) escogiendo a los que obtuvieron una puntuación arriba de 60%. Ya con un grupo final de 6 catadores se procedió a trabajar en el entrenamiento básico y luego ya el trabajo con las muestras. Se fue trabajando dos muestras por sesión y analizando una de las características a la vez en un total de 16 sesiones.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio sensorial de la UVG.

Foto 2: Laboratorio sensorial UVG



Fuente: Proyecto FD 039-2011

Foto 3: Prueba sensorial



Fuente: Proyecto FD 039-2011

Las muestras se prepararon pesando 8.25g de café en 150 ml de agua a 93°C. Se colocó en tazas de 6 onzas de poliestireno blanco. El café se dejó por 3 a 5 min en reposo y luego se agitó. Se le proporcionó a cada persona un cuestionario con una escala hedónica para evaluar las 4 características a estudiar con valores de 0 (falta o ausencia) hasta 5 (presencia o máxima sensación) (ver anexo), según lo establece SCAA por sus siglas en inglés (Specialty Coffee Association of America)

Foto 4: Muestras para panel sensorial



Fuente: Proyecto FD 039-2011

Análisis del aroma. La jeringa con fibra de micro-extracción se colocó expuesta por 15 minutos, con la fase gaseosa existente en un vial de 20 ml con tapadera con membrana de PTFE/Silicón, el cual contenía 0.5 g de muestra de café tostado y molido, y previamente equilibrado por un espacio de 15 minutos a temperatura de 50°C en un calentador. Esta fibra luego se llevó al cromatógrafo de gases donde se expuso en el inyector para desorción por 3 min.

El aroma se caracterizó en un cromatógrafo de gases con acoplamiento a espectrometría de masas.

Las condiciones cromatograficas utilizadas consistieron en una temperatura de horno inicial de 40°C por 1.5 min seguida de una rampa de temperatura de 2°C/min hasta 100°C. Un flujo constante de 1 ml/min de gas acarreador, la temperatura del inyector e interface de 270°C.

Análisis de capacidad antioxidante. La extracción de antioxidantes para el análisis de capacidad antioxidante por DPPH inicia con la extracción metanólica en una solución de metanol-agua con una relación 70:30. Se tomaron 10mL de muestra de cada extracto de café y se colocó en un vaso de precipitar con agitación magnética, se agregó 50mL de la solución de metanol-agua y se agitó la mezcla por 1 hora a temperatura ambiente. Terminado ese tiempo se filtró por filtros #4 y se almacenó en refrigeración en envases plásticos. Se preparó 10 tubos para cada una de las soluciones filtradas de café según las diluciones en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Preparación de las diluciones para cada muestra filtrada de café

# Tubo	Bebida Diluida mL	Metanol mL	DPPH mL
1	0.2	2.8	1.0
2	0.4	2.6	1.0
3	0.6	2.4	1.0
4	0.8	2.2	1.0
5	1.0	2.0	1.0
6	1.2	1.8	1.0
7	1.4	1.6	1.0
8	1.6	1.4	1.0
9	1.8	1.2	1.0
10	2.0	1.0	1.0

Fuente: Proyecto FD 039-2011

Se colocó los 10 tubos en una gradilla para luego ser agitados en un agitador vortex durante 15 segundos cada uno y así obtener una mezcla homogénea. Se midió la absorbancia de cada tubo en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm, utilizando como blanco al metanol puro. Luego de la lectura, se almacenó en un lugar oscuro durante 30 min. Al transcurrir este tiempo, se volvió a repetir la lectura de absorbancia, previa agitación en el Vortex por 15 segundos más. Una vez obtenidos los datos para el tiempo 0 y para el tiempo 30 min, se continuó con la determinación de la capacidad antioxidante a través de la ecuación 1 para obtener el porcentaje de pérdida de absorbancia.

Se graficó los datos para poder encontrar la ecuación de la recta y así determinar el valor para IC50.

$$\% \text{ pérdida de absorbancia} = \left[\frac{(abs_0 - abs_{30})}{abs_0} \right] \times 100$$

Método de preparación del extracto de café:

Se pesó 100 mg de cada muestra de café y se le agregó 50 ml de agua desmineralizada. Se calentó en una estufa marca ThermoScientific a 50°C durante una hora con agitación constante. Luego de eso, se aforó cada muestra a 100ml en un balón volumétrico.

I.4.6 La Técnica Estadística

Los resultados de catación para discriminar entre muestras, fueron procesados de dos diferentes maneras. La primera, empleando las medias de las calificaciones se procedió a un análisis de variancia y a regresiones con mínimos cuadrados ordinarios. La segunda, con los datos originales se empleó una regresión logística al considerar las calificaciones como variables categóricas (O'Mahony, M. & Rousseau, B, 2003; Meullenet et al, 2003).

Los resultados del análisis cromatográfico se interpretaron como tendencias o huellas que pueden compararse entre muestras. No se intentó realizar una identificación de los compuestos separados. Sin embargo, si se buscó una comparación de identificación con aquellos informados por Bicchi et al (1997). En el patrón o huella obtenida del cromatógrafo se cuantificaron las proporciones de picos mayoritarios, sin conocer a qué compuesto químico corresponde, y dichos valores numéricos se emplearon en el análisis multivariado de datos de grupos jerárquicos. Se empleó una métrica Euclidiana con un enlace simple y la matriz de los datos originales. El análisis se realizó, por un lado, con los datos de la cosecha 2011-2012 y por el otro, con el promedio de dos determinaciones de las muestras de la cosecha 2012-2013. El análisis multivariado de los datos se llevó a cabo empleando una exploración de la variación de los diferentes grupos del aroma en las ocho muestras usando Sigma Plot y Stata. Luego la matriz de los datos se transformó por el inverso del seno hiperbólico con Excel para lograr un nivel de variancia similar, seguido de una transformación de la matriz por medio de *SYSTAT* para identificar los grupos similares en agrupaciones jerárquicas y una métrica

Euclidiana. Y para terminar se empleó MVSP para identificar grupos similares con técnica de componentes principales sin rotación de ejes.

I.4.7 Los Instrumentos a utilizar

Equipo:

- a. Espectrofotómetro UV/VIS marca Thermo Electron Corporation modelo Genesys 10 UV scanning
- b. Cromatógrafo de gases con detector de masas marca Agilent 6850, con detector de masas acoplado, Agilent 5975C
- c. Vortex
- d. Micropipeta con puntas de 1 mL
- e. Agitador Magnético
- f. Estufa.
- g. Calentador Talboys (dry block Heather)

Materiales:

- a. Fibras Marca supelco, numero de catálogo 57299-U, con especificaciones 50/30 um DVB/CAR/PDMS, stableflex (2cm) 23Ga.
- b. Reactivo de DPPH marca Sigma-Aldrich
- c. Metanol marca Merck, pureza 99.9%
- d. Agua Destilada
- e. Balones volumétricos
- f. Papel filtro marca Whatman #4 con tamaño de poro 110 mm.
- g. Envases plásticos
- h. Tubos de ensayo
- i. Gradilla
- j. Pipetas de 1 mL
- k. Frascos con membrana de PTFE/silicón

Muestras:

Dieciséis muestras de café dos de cada una de las ocho regiones establecidas en Guatemala por ANACAFE de las cosechas 2011-2012 y 2012-2013:

1. Highland Huehue,
2. Antigua Coffee,
3. Volcanic San Marcos,
4. Fraijanes Plateau,
5. New Oriente,
6. Traditional Atitlán,
7. Acatenango Valley y
8. Rainforest Cobán.

Estas fueron proporcionadas por ANACAFÉ

PARTE II:

MARCO TEÓRICO

El Café

Guatemala produce excelentes cafés, muy cotizados en los mercados internacionales. Su calidad proviene desde su origen. Las diferentes altitudes de la geografía propia del país que permiten el cultivo de café de altura en casi todo el territorio nacional; variedad de microclimas con patrones de lluvia altamente beneficiosos para cultivo del café, suelos ricos en minerales gracias a la presencia volcánica, abundantes fuentes de agua con múltiples cuencas, son algunas de las variables que hacen especiales a los cafés de Guatemala. (ANACAFE, 2015)

ANACAFE ha realizado la promoción de los cafés de Guatemala, clasificándoles en 8 regiones, que con el fin de unificar los procesos de beneficiado, son los que se utilizaron en este estudio: Acatenango, Antigua, Atitlán, Cobán, Fraijanes, Huehuetenango, Nuevo Oriente y San Marcos. Ellos describen y agrupan las características de cada región de la siguiente forma:

Acatenango: El grano es cosechado a la sombra a alturas que alcanzan los 2,000 metros, en suelos ricos en minerales. El secado se realiza al sol. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Caturra y Catuaí.

Antigua: Se cultiva por encima de los 1,500 metros, en un suelo volcánico rico en minerales, bajos niveles de humedad compensados por la presencia de piedra pómez. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Caturra y Catuaí.

Atitlán: posee un suelo rico en materia orgánica y en minerales, sol y altitudes que superan los 1,500 metros, se cultiva el 90% del café producido en la región. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Typica, Caturra y Catuaí.

Cobán: Región con altos niveles de nubosidad, lluvia y frío todo el año, en Cobán se cultiva entre los 1,300 y 1,500 metros sobre el nivel del mar, suelos arcillosos y piedra caliza que reciben la influencia tropical de la Cuenca del Atlántico. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Maragogype, Caturra, Pache y Catuaí.

Fraijanes: De suelos volcánicos con piedra pómez, enriquecidos por los minerales que provienen del Volcán de Pacaya, cuenta con abundante lluvia, humedad variable y un

extenso rango de temperaturas. En ella, el café se cultiva entre los 1,400 a los 1,700 metros sobre el nivel del mar. Las variedades que se producen en esta región son Bourbon, Caturra, Pache y Catuaí

Huehuetenango: De las regiones no volcánicas de Guatemala, Huehuetenango es la más alta y seca se cultiva en alturas que alcanzan los 2,000 metros sobre el nivel del mar. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Caturra y Catuaí.

New Oriente: Lluviosa y nublada, posee suelos balanceados en minerales, en alturas que van de los 1,300 a los 1,700 metros. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Caturra, Catuaí y Pache.

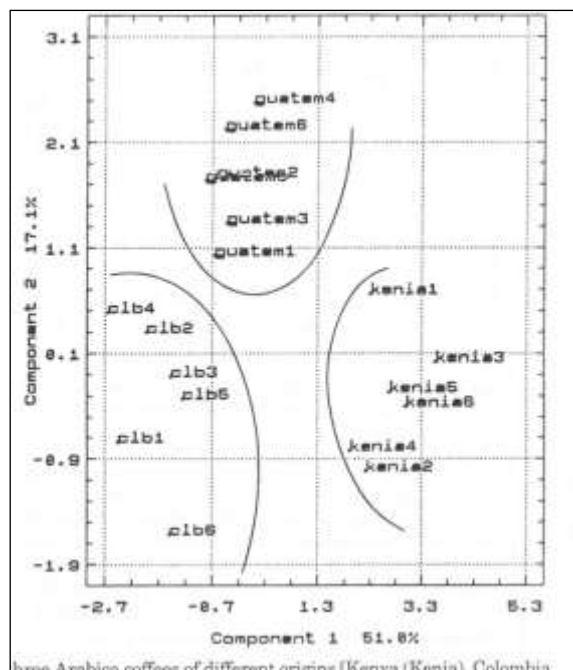
San Marcos: clima cálido, suelos ricos en minerales y lluvias, en San Marcos se cultiva entre los 1,300 y 1,800 metros sobre el nivel del mar. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Caturra y Catuaí.

(ANACAFE, 2015).

Compuestos aromáticos:

Para la determinación de compuestos aromáticos por medio de fases sólidas (SPME) acoplados y con un posterior análisis por cromatografía gaseosa, Bichi et al (1997) pudo caracterizar 36 compuestos, cuando la muestra era de la fase gaseosa, y 19 compuestos cuando la fase muestreada era un extracto líquido, en muestras de café de tres orígenes diferentes. Los datos analíticos fueron procesados empleando técnicas de análisis multivariado, específicamente la denominada de los componentes principales. Los resultados fueron interesantes. Primero, porque los autores fueron capaces de diferenciar muestras de cafés lavados de diferentes países. La gráfica 1 muestra como seis cafés de Colombia (clb), de Kenia (ken) y de Guatemala (guatem) quedan distribuidos en diferente zona del diagrama, y por ende diferenciados según la composición química del aroma. Es de resaltar que la separación fue perfecta, ninguna de las seis muestras de los tres cafés resultó en el grupo en el que no debería estar.

Grafica 1: Diagrama variación café de tres orígenes



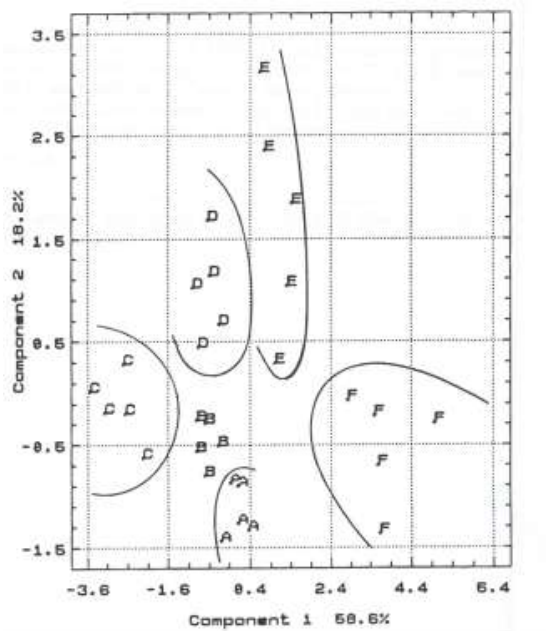
Fuente: Bichi et al (1997)

Segundo, cuando se analizaron seis mezclas comerciales de seis diferentes productores, las cuales habían sido evaluadas por catadores, los resultados de ambas pruebas coincidieron. La gráfica 2, mostrada a continuación, indica que las muestra catalogadas como F, inferior en calidad a las otras cinco según los catadores, quedaban, sin excepción, localizadas en el cuadrante inferior derecho.

Los catadores también sugerían que la calidad organoléptica de las muestras E y D eran muy similares y por otro lado, las A-C también lo eran entre sí. Nótese en el diagrama que estas apreciaciones también quedan claramente confirmadas en los grupos o *clusters* marcados. Es obvio que el análisis multivariado, y en especial la técnica de los componentes principales, puede recomendarse para ser utilizada al considerar cualquier nuevo intento para correlacionar alguna composición química específica del café con la calidad obtenida por métodos sensoriales.

Grafica 2

Diagrama de mezclas de diferentes productores.



Fuente: Bichi et al (1997)

Se han identificado alrededor de 900 compuestos orgánicos volátiles en los extractos de café tostado (Bufo & Cardelli-Freire 2004; Yeretizian, Pollien et al 2004). Estos compuestos con una amplia diversidad de estructuras químicas en la mezcla, la cual no es sorprendente, ya que los cambios químicos que sufren los constituyentes del grano verde durante el tostado siguen mecanismos de reacción clásicos. Sin embargo, únicamente una minoría de compuestos orgánicos volátiles son los principales responsables de impartirle al café el aroma único que lo acompaña. A estos compuestos se les denominó *fragancias clave* “key odorants” (Simmelroch, Laskawy et al 1995; Semmelroch & Grosch 1996). Los 22 compuestos identificados inicialmente se listan en el cuadro 2 adjunto en donde se ilustra también el aroma individual de los compuestos

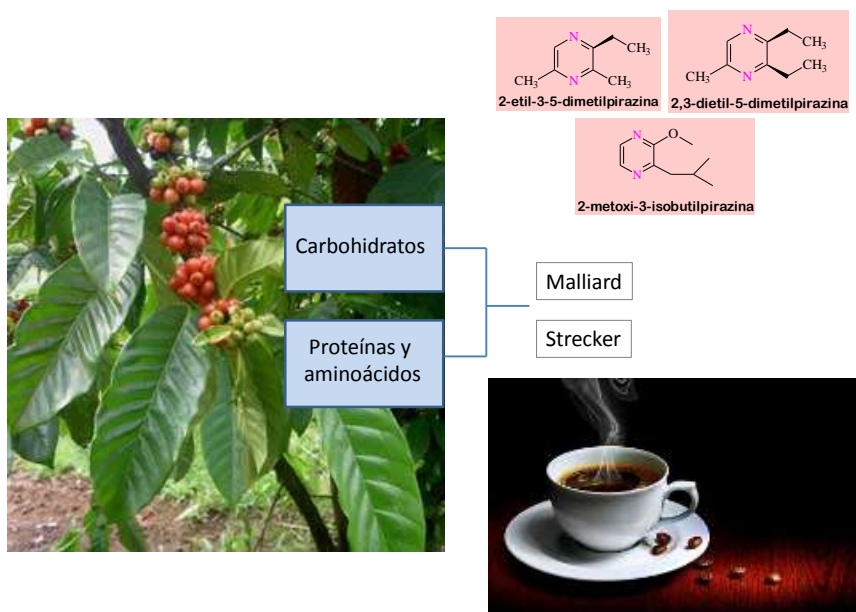
Cuadro 2: Compuestos del aroma

Familias de compuestos orgánicos	Fragancias clave (Simmelroch & Grosch 1996)	Calidad del olor
Aldehídos	Metilpropanal	Dulce, papa cocida ^a , salsa soya ^f
	3-(Metiltio)propanal (metional)	
	2-Metilbutanal	
Cetonas	3-Metilbutanal	Dulce, frutal, chocolate ^{d,e}
	2,3-Butanodiona	Dulce ^d
	2,3-Pentanodiona	Mantequilla, caramelo, frutal ^d
Esteres	β -Damascenona	Mantequilla, caramelo ^d
	3-Mercapto-3-metilbutilformate	Frutal, floral, dulce ^{b,d,f}
Fenólicos	3-Mercapto-3-metilbutilformate	Tostado ^c
	2-Metoxifenol (guaiacol)	A especies
	4-vinil-2-metoxifenol	A especies
	4-etil-2-metoxifenol	A especies
Furanonas	3-metoxi-4-hidroxi-benzaldehido (vainillina)	Vainilla
	5-Etil-3-hidroxi-4-metil-2(5H)-furanona (Abhexon)	A especies
	5-Etil-4-hidroxi-2-metil-3(5H)-furanona	
	2-5-Dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona	Caramelo ^{c,f}
	4-5-Dimetil-3-hidroxi-2(5H)-furanona	A especies ^{a,f}
Pirazinas	2-Etil-3-5-dimetilpirazina	Tostado, terroso, papa cocida ^d
	2,3-Dietil-5-metilpirazina	Tostado ^d
	2-isobutil-3-metoxipirazina	
Tioles	2-Furfuril-tiol	Tostado ^a
	Metano-tiol	Agrio, pútrido ^c
	3-metil-2-buten-1-tiol	Tostado ^f

^a Sanz, Czerny et al (2002)^b Schenker & Heinemann et al (2002)^c Kumazawa & Masuda (2003)^d López-Galilea, Fournier et al (2006)^e Gonzáles-Ríos, Suárez-Quiros et al (2007)^f Akiyama & Murakami (2008)

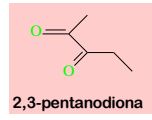
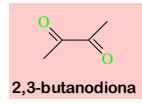
El segundo tema está relacionado con las reacciones de formación de las fragancias clave de los compuestos químicos presentes en el grano de café verde durante el proceso de tostado. Un resumen de los mecanismos (Yeretzian, Jordan et al 2002; Ribeiro, Augusto et al 2009) se encuentran en las gráficas 3 a continuación, de acuerdo a los diferentes grupos químicos.

Grafica 3: Compuestos generados durante el tostado





Carbohidratos

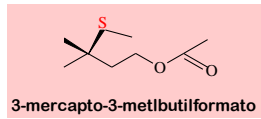
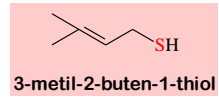
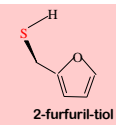
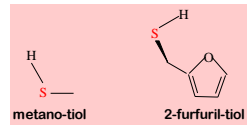


Pirólisis



Carbohidratos

Proteínas y aminoácidos



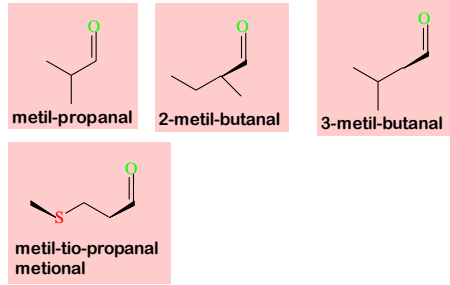
Malliard

Strecker





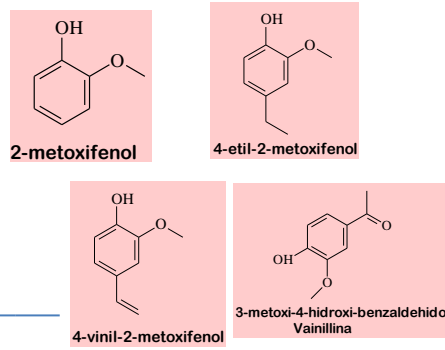
Proteínas
y aminoácidos



Degradación
oxidante

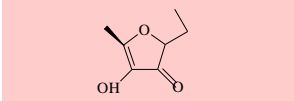


Ácidos
clorogénicos

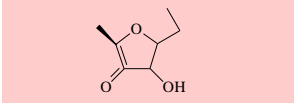




Carbohidratos



5-etil-3-hidroxi-4-metil-2[5H]-furanona

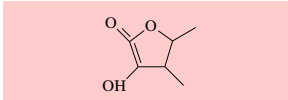


5-etil-4-hidroxi-2-metil-3[2H]-furanona

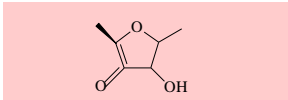
Caramelización



Carbohidratos



4,5-dimetil-3-hidroxi-2[5H]-furanona



2,5-dimetil-4-hidroxi-3[2H]-furanona

Caramelización



Fuente: Yeretzian, Jordan et al 2002; Ribeiro, Augusto et al (2009)

Según De María et al, 1999, la mayoría de compuestos volátiles se forman durante el proceso de tostado, pero por diferentes mecanismos, como las reacciones de Maillard, la degradación de Strecker y otros procesos de degradación y de rompimiento. Por ejemplo la Trigonellina, forma derivados por degradación como la piridina y pirrol. Las pirazinas se forman por degradación de los carbohidratos y los ácidos clorogénicos y son responsables de la formación de derivados fenólicos. Los derivados del Furano se forman a partir de los Glicinas y la sacarosa y los lípidos son la clase formadora de aldehídos, cetonas, alcoholes alifáticos y compuestos aromáticos. Durante el proceso de tostado el color del grano es relacionado directamente con el tiempo y temperatura final del tostado; a alta temperatura y mayor tiempo de exposición se da un oscurecimiento del café, así que el color puede ser usado para definir el punto final del proceso de tostado.

(Ribeiro et al, 2013)

Capacidad antioxidante:

La actividad antioxidante de los granos de café y bebidas de café ha sido conocida por un largo tiempo y ha sido evaluada usando diferentes métodos. Varios estudios indican que un contenido alto de polifenoles en el café juega un papel importante en una fuerte acción antioxidante. La concentración de polifenoles altamente activos en granos de café verde es influenciada por las especies y por su origen, en el caso de las bebidas de café depende del procedimiento de preparación. (Cämmerer, 2005)

Durante el tostado los compuestos fenólicos son parcialmente degradados y pueden enlazarse a estructuras poliméricas dependiendo de las condiciones del mismo. Una relación positiva pero no lineal fue encontrada entre la cantidad de ácidos clorogénicos que quedaban luego del tostado y la actividad antioxidante del grano. Las melanoidinas formadas durante el tostado por la reacción de Maillard son también conocidas como antioxidantes. Los mecanismos de la acción antioxidante de las melanoidinas son atribuidos principalmente a reacciones que involucran radicales, como, la captura de radicales hidroxilo, la habilidad para romper mecanismos en cadena de radicales o la captura de oxígeno. (Cämmerer, 2005)

Se ha demostrado, a través de evidencia experimental, que las bebidas a base de café o café preparado poseen altas propiedades antioxidantes y aunque durante el tostado de los granos de café se pierden muchos de los compuestos fenólicos propios del mismo, las propiedades antioxidantes del café preparado se mantienen o se mejoran debido al desarrollo de compuestos con estas características que son productos de la reacción de Maillard. (Anese, 2002)

Estudios epidemiológicos afirman que el consumo de alimentos con alto porcentaje de compuestos antioxidantes puede disminuir el riesgo de enfermedades crónicas. En una gran variedad de alimentos tratados con calor como el café, la capacidad antioxidante se debe a la contribución de los antioxidantes naturales del café y los inducidos por el tratamiento con calor. (Andueza, 2004)

Se le han atribuido propiedades antioxidantes fuertes a las bebidas a base de café debido a la presencia de compuestos fenólicos naturales y propios del café como los ácidos clorogénicos, ácido cafeico, ácido ferúlico y ácido cumárico. También se atribuye esto a las estructuras polifenólicas formadas a través de reacciones de pardeamiento no enzimático durante el proceso de tostado del café. Además de esto, la cafeína parece contribuir en la actividad antioxidante general del café. (Andueza, 2004)

En otros estudios se demostró que el café actúa como pro oxidante *in vitro*. Estos resultados aparentemente contradictorios pueden explicarse, considerando que dependiendo del grado de pardeamiento no enzimático, pueden formarse pro-oxidantes y los antioxidantes. En el caso de la reacción de Maillard, que es la más importante en el pardeamiento no enzimático, las etapas iniciales son las responsables de la formación de compuestos pro oxidantes, mientras que en las etapas avanzadas o finales los compuestos antioxidantes son los que prevalecen. En algunos estudios se atribuyó la actividad pro oxidante a la degradación térmica de los polifenoles, así como también se observó que la capacidad antioxidante y pro oxidante se ve influenciada por la variedad del café. El café verde contiene diferentes contenidos de ácidos clorogénicos y otros compuestos polifenólicos, los cuales actúan como potentes antioxidantes, dependiendo de la especie del café. Se han

hecho estudios de la influencia de la variedad del café en la capacidad antioxidante y se observaron diferencias entre las propiedades antioxidantes del café Arábica y Robusta. (Andueza, 2004)

Algunos estudios han sido llevados a cabo para evaluar la influencia de los procesos de tostado en la capacidad antioxidante. En el proceso de tostado el café se somete a una gran variedad de cambios y reacciones químicas. Los antioxidantes naturales son degradados con la aplicación de altas temperaturas, pero la actividad antioxidante puede ser mantenida debido a la formación de compuestos con propiedades antioxidantes, producto de una reacción de Maillard avanzada. Ya que el desarrollo de la reacción de Maillard parece jugar un papel clave para contrarrestar el efecto de la degradación térmica de los fenoles naturales del café, se espera que la capacidad antioxidante general del café tostado dependa estrictamente en el grado de desarrollo de la reacción de Maillard durante el tostado. (Andueza, 2004)

PARTE III

I. RESULTADOS

III.1 Discusión de Resultados

Luego de la realización de los análisis y el análisis de los resultados, se puede observar (por región).

Para el análisis de la capacidad antioxidante, se utilizó el reactivo de DPPH el cual es un radical libre que presenta una coloración morada intensa y al momento de reaccionar con el café va disminuyendo la tonalidad del mismo llegando hasta un color amarillento. Estos resultados se presentan como un valor de IC50 en unidades de $\mu\text{g/ml}$, y significa la cantidad de café que reduce la absorbancia de la solución DPPH en un 50%. Por lo tanto, mientras más bajo sea el valor de IC50, mayor será su capacidad antioxidante. Según el cuadro 3, se pudo encontrar que la región Cobán posee mayor capacidad antioxidante, seguido por Acatenango, Huehuetenango, Atitlán, Antigua, San Marcos, New Oriente y por último Fraijanes.

Cuadro 3: Resultados de Capacidad Antioxidante

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE		
No.	Región	IC50 ($\mu\text{g/ml}$) ($\pm\text{sd}$)
1	Huehuetenango	215.54 \pm 0.001
2	San Marcos	229.75 \pm 0.001
3	Fraijanes	317.63 \pm 0.001
4	New Oriente	248.94 \pm 0.001
5	Atitlán	222.98 \pm 0.001

6	Acatenango	191.34± 0.001
7	Cobán	159.60± 0.001
8	Antigua	224.90± 0.001

Mayor, Menor

Fuente: Proyecto FD 039-2011

En relación al tostado de los granos, algunos estudios han demostrado que a partir la reacción de Maillard se forman melanoidinas que poseen un alto peso molecular y estas moléculas no han sido estudiadas completamente a causa de su composición compleja, pero se ha determinado que gracias a la incorporación de ácidos clorogénicos posee actividad antioxidante. Además, se ha determinado que existe aproximadamente un 7% de ácidos clorogénicos en el grano verde y después del tostado únicamente quedan 0.2%. Esto no significa que se pierdan, simplemente se transforman en melanoidinas, en aroma, en polifenoles y en el sabor dándole la amargura característica al café, por lo cual se decidió tomar en cuenta estos compuestos aunque no estaban contemplados en el diseño inicial del estudio.

En el cuadro 4, podemos ver la región que presentó una mayor cantidad de ácidos clorogénicos fue la región de Antigua. En cuanto a la región con menor contenido de ácidos clorogénicos se encuentra Fraijanes con el menor porcentaje en peso. En la literatura se ha encontrado que la especie de café Arábico posee una concentración entre 0.9% a 1.5% de contenido de cafeína, y se puede observar que todos los cafés están dentro de este rango. Es importante mencionar, para cada una de las regiones existen diferentes condiciones climáticas, una variedad de altitudes, y tipos de suelo, entre otras, por lo que existen variaciones entre cada una de las regiones establecida.

Cuadro 4: Resultados de ácidos clorogénicos

ÁCIDOS CLOROGÉNICOS		
No.	Región	Concentración %(p/p) (±sd)
1	Huehuetenango	3.29±0.16
2	San Marcos	3.12±0.01
3	Fraijanes	2.89±0.02
4	NewOriente	3.46±0.02
5	Atitlán	2.92±0.06
6	Acatenango	3.10±0.06
7	Cobán	3.72±0.22
8	Antigua	4.07±0.009

Mayor, Menor

Fuente: Proyecto FD 039-2011

Otro de los análisis realizados fue la determinación de polifenoles presentes en cada una de las muestras de café y se utilizó el método de Folin-Ciocalteu. Este reactivo se utiliza para la determinación de antioxidantes fenólicos y funciona al medir la cantidad de sustancia analizada que se va a necesitar para inhibir la oxidación del reactivo. Según el Cuadro 5, se puede observar que el café que posee mayor cantidad de polifenoles es el de la región

de Fraijanes, seguido por Cobán, Acatenango, Atitlán, New Oriente, San Marcos, Huehuetenango y por último Antigua de ácidos clorogénicos mientras que en su concentración de polifenoles obtuvo el menor porcentaje. Se ha establecido que los compuestos fenólicos están presentes en el grano verde, pero después de su tostado se pueden degradar y enlazarse a otras estructuras poliméricas dependiendo de las condiciones del mismo. Algunos polifenoles se pueden convertir en cafeína, ácidos clorogénicos, antioxidantes, etc, pero aún no se ha podido determinar el porcentaje de cada uno.

Cuadro 5: Resultados de polifenoles

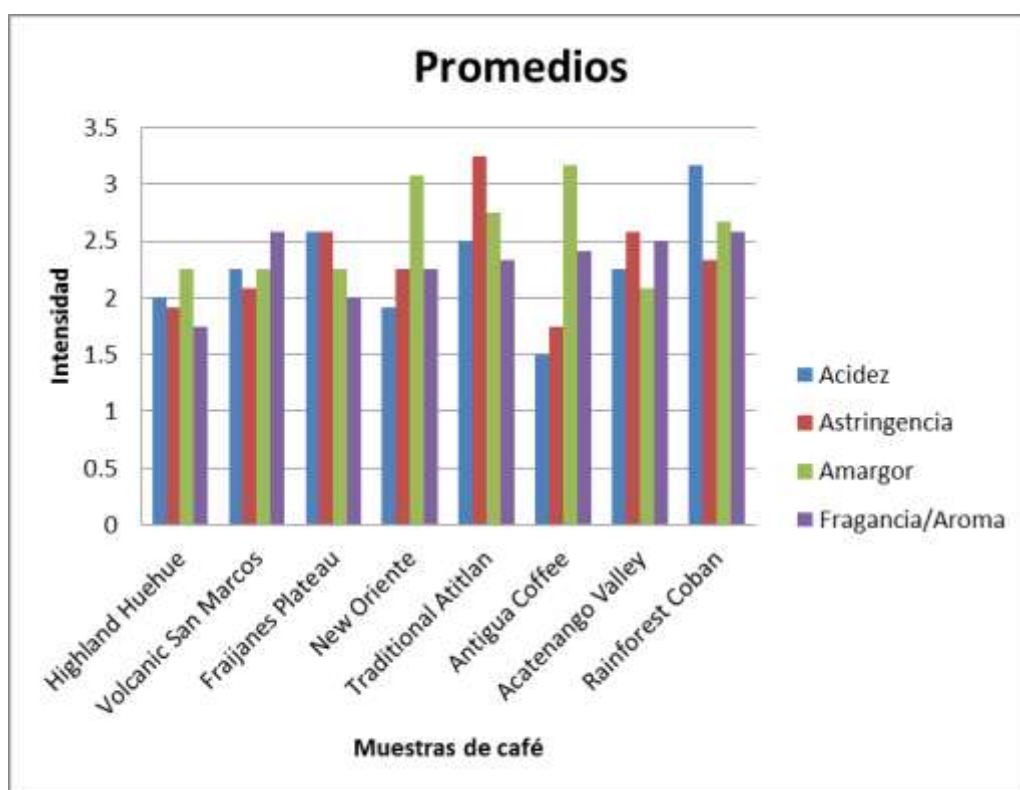
POLIFENOLES		
No.	Región	Concentración% (p/p) (±sd)
1	Huehuetenango	14.14 ±1.87
2	San Marcos	14.92 ±3.04
3	Fraijanes	17.46 ±0.21
4	New Oriente	15.74 ±1.46
5	Atitlán	16.00 ±0.68
6	Acatenango	16.39 ±0.98
7	Cobán	16.69 ±0.70
8	Antigua	8.59 ±1.85

Mayor, Menor

Fuente: Proyecto FD 039-2011

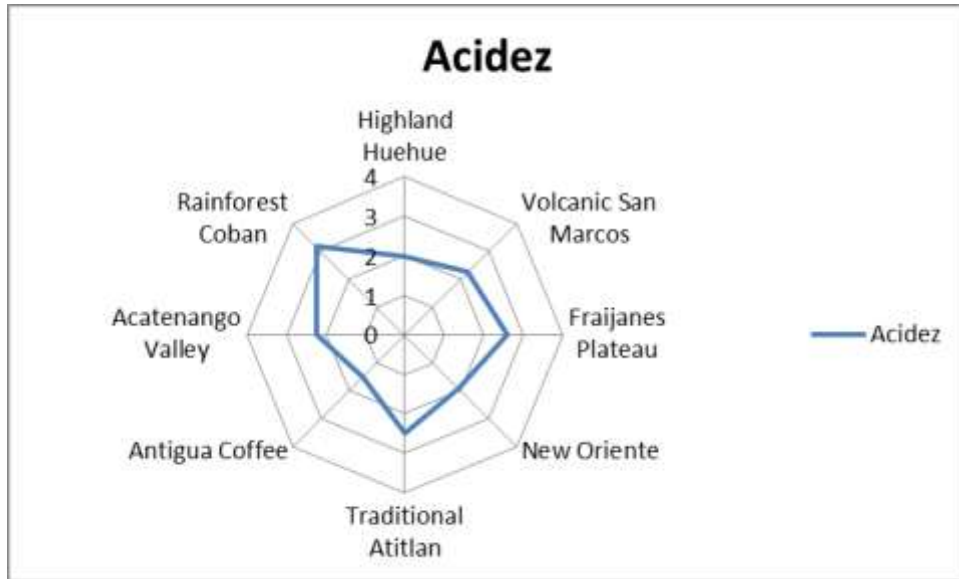
Para el análisis sensorial tenemos varias categorías, acidez, astringencia, amargor y fragancia/aroma. Estas características del café se evaluaron con un panel conformado por 6 personas previamente seleccionadas por su capacidad sensorial. Se realizaron varias sesiones durante las dos cosechas los dos años consecutivos y se tabularon los resultados del promedio de estas dos cataciones en la gráfica No. 4 donde podemos observar que la acidez se notó más en el café de Cobán, la astringencia predominó en el de Atitlán, el amargor fue muy similar entre Antigua y Nuevo Oriente, predominando en Antigua. Y por último fragancia/aroma gustaron más Cobán y San Marcos. Para mejor visualización de estos resultados se incluyen las gráficas 5 a la 5.

Gráfica 4: Promedio características de catación.



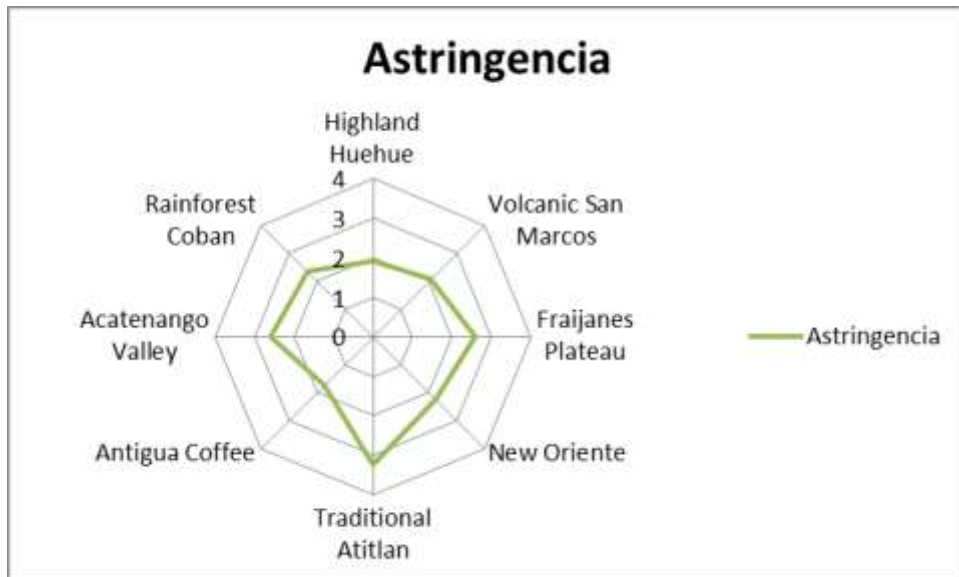
Fuente: Proyecto FD 039-2011

Gráfica 5: Acidez



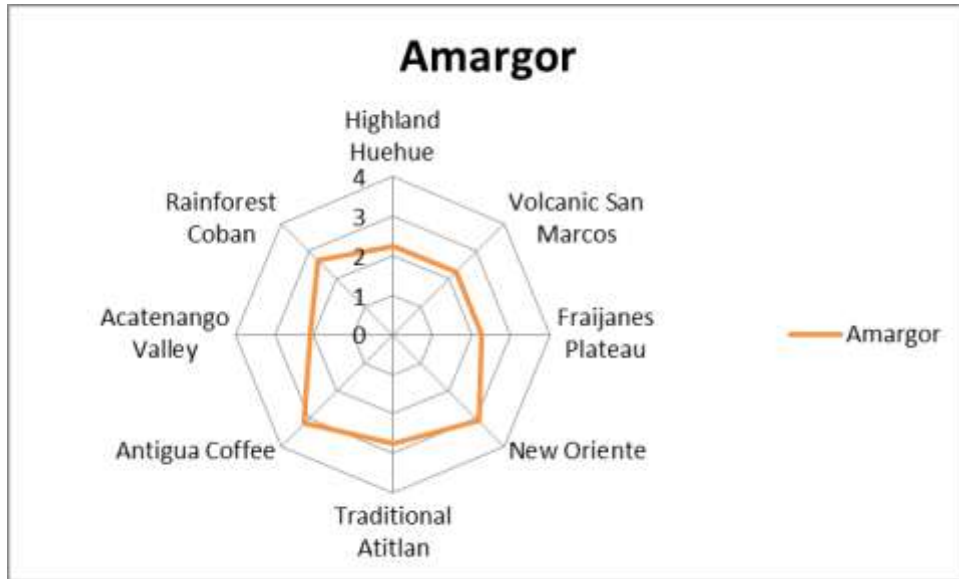
Fuente: Proyecto FD 039-2011

Gráfica 6: Astringencia



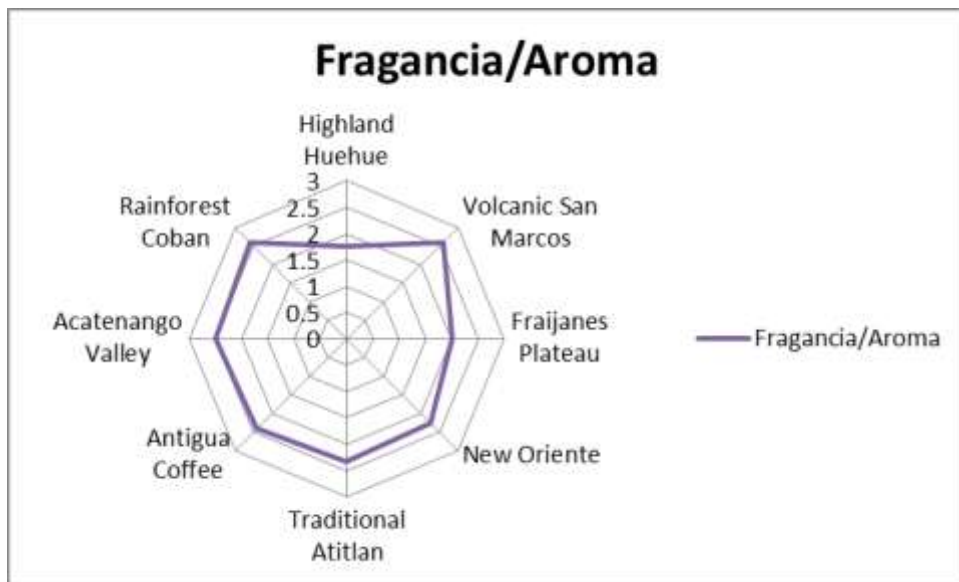
Fuente: Proyecto FD 039-2011

Gráfica 7: Amargor



Fuente: Proyecto FD 039-2011

Gráfica 8: Fragancia/Aroma



Fuente: Proyecto FD 039-2011

En el análisis químico del aroma, se trabajó con las ocho muestras colocadas en recipientes de vidrio con membrana PTFE/silicón, como se muestra en la foto No. 5

Foto 5: Cafés ocho regiones en viales



Fuente: Proyecto FD 039-2011

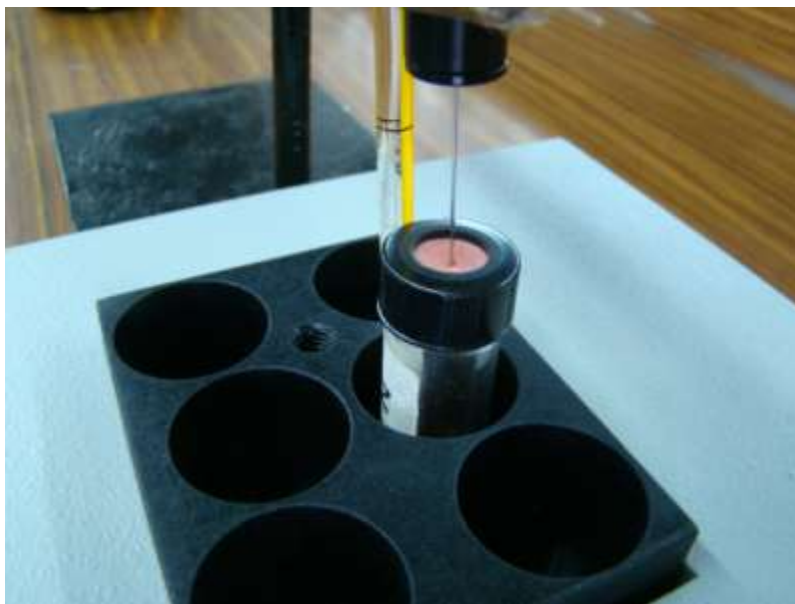
El sistema utilizado para la colección del aroma se puede ver en las fotos No. 6 y 7 donde está expuesta la fibra de extracción en fase sólida.

Fotografía 6: Sistema de adsorción de aroma



Fuente: Proyecto FD 039-2011

Foto 7: Vial y fibra



Fuente: Proyecto FD 039-2011

La primera fase del análisis de los datos cromatográficos obtenidos se base en nueve compuestos identificados en el aroma del café.

En esta primera fase se emplearon los datos de nueve compuestos seleccionados por su mayor abundancia relativa. Los compuestos se encuentran listados en el Cuadro 6.

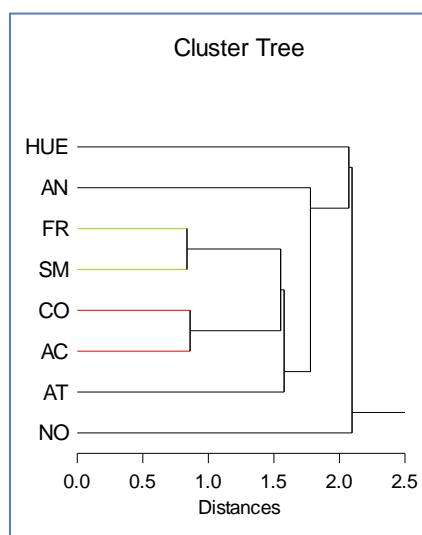
Cuadro 6: Selección de nueve compuestos

Identificación	Nombre químico	Tipo de compuesto	Referencia ¹
C1	1-Hidroxi-2-propanona	Cetona	R
P1	2-Metil pirazina	Pirazina	R
P2	2,5-Dimetilpirazina	Pirazina	R
P3	2,6-dimetilpirazina	Pirazina	R
PR1	Piridina	Piridina	R
PR2	4,6-Dimetil pirimidina	Piridina	R
FU1	5-Metil-2-furancarboxaldehido	Furano	R
FU2	2-Furanmetanol acetato	Furano	R
FU3	Furfural	Furano	R

Fuente: Proyecto FD 039-2011

Se procedió a efectuar un análisis de variables múltiples de grupos jerárquicos. Se empleó una métrica Euclidiana con un enlace simple y la matriz de los datos originales. El análisis se realizó, por un lado, con los datos de la cosecha 2011-2012 (Gráfica 9) y por el otro, con el promedio de dos determinaciones de las muestras de la cosecha 2012-2013 (Gráfica 10).

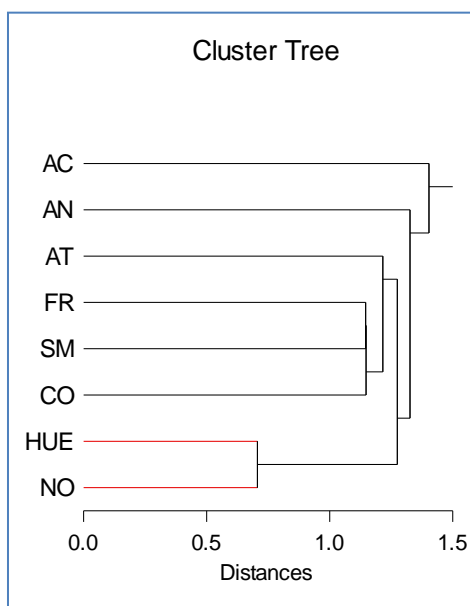
Gráfica 9: Análisis jerárquico de los datos (9 compuestos) de la cosecha 2011-2012



Fuente: Proyecto FD 039-2011

¹ R: reportado en la literatura

Gráfica 10: Análisis jerárquico de los datos (9 compuestos) de la cosecha 2012-2013



Fuente: Proyecto FD 039-2011

En la cosecha 2011-2012 el aroma de los cafés regionales de Huehuetenango, Nuevo Oriente y Antigua fue diferente del resto y entre sí. Fraijanes y San Marcos formaron un grupo y Cobán y Acatenango el otro. En la cosecha 2012-2013 el aroma de los cafés regionales de Acatenango, Antigua, y Atitlán fueron diferentes del resto. Fraijanes, San Marcos y Cobán formaron un grupo y Huehuetenango y Nuevo Oriente el otro.

La falta de consistencia en la agrupación entre los dos años de cosecha pareciera indicar que las muestras representativas no tenían el mismo origen de acuerdo con la concentración relativa de nueve compuestos en el aroma. El café de Antigua fue el único que resultó diferente en las dos cosechas.

En la segunda fase del análisis se evaluaron catorce y quince compuestos identificados en el aroma del café

En esta segunda fase se incorporaron a la lista de la cosecha 2011-2012 los datos de cinco compuestos adicionales y no se detectó la 2,6-Dimetilpirazina, presente en el listado anterior. El listado de los compuestos se encuentra en el Cuadro 7 en donde los cinco

compuestos adicionales están escritos en rojo. Dos cafés regionales, Acatenango y Nuevo Oriente, tuvieron todos los compuestos; a Antigua, Huehuetenango y San Marcos, les faltaron dos compuestos; a Atitlán, Cobán y Fraijanes, tres. A esos casos se les otorgó un valor relativo relativamente pequeño, por lo tanto, la matriz de los datos se transformó con el arco seno hiperbólico.

Cuadro 7: Selección de catorce compuestos (2011-2012)

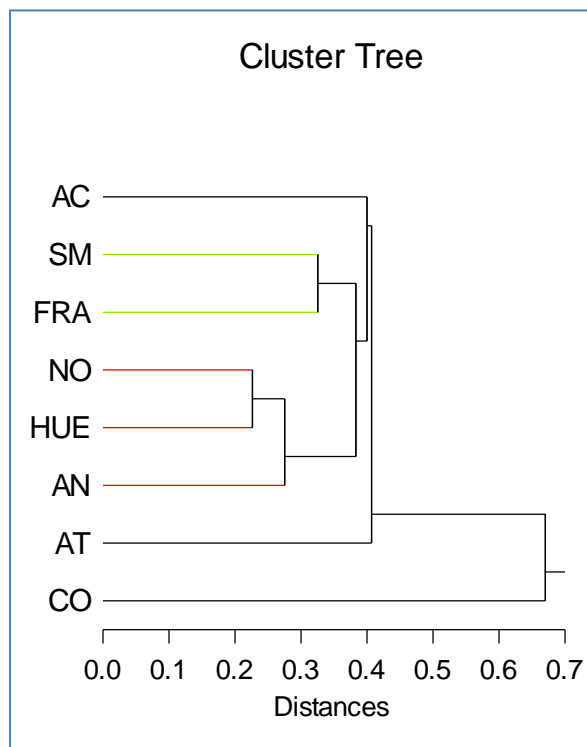
Identificación	Nombre químico	Tipo de compuesto	Referencia ²
C1	1-Hidroxi-2-propanona	Cetona	R
P1	2-Metil pirazina	Pirazina	R
P2	2,5-Dimetilpirazina	Pirazina	R
P3	2-3-5-Trimetilpirazina	Pirazina	R
P4	2-Etil-3,5-dimetilpirazina	Pirazina	R
P5	2-6-Dietilpirazina	Pirazina	R
PR1	Piridina	Piridina	R
PR2	4,6-Dimetil pirimidina	Piridina	R
FU1	5-Metil-2-furancarboxaldehido	Furano	R
FU2	2-Furanmetanol acetato	Furano	R
FU3	Furfural	Furano	R
FU4	Dihidro-2-metil-3(2H)-furanona	Furano	R
FU5	2-Furanmetanol	Furano	R
FU6	1-(2-Furanil-metil)-1H-pirrol	Furano	R

Fuente: Proyecto FD 039-2011

El análisis jerárquico se muestra en la Gráfica 11. Cobán, Atitlán y Acatenango son diferentes a los demás y entre sí. San Marcos y Fraijanes forman un grupo. Nuevo Oriente, Huehuetenango y Antigua el otro.

² R: reportado en la literatura, N: no reportado previamente

Gráfica 11: Análisis jerárquico de los datos (14 compuestos) de la cosecha 2011-2012



Fuente: Proyecto FD 039-2011

En las muestras de la cosecha 2012-2013 se detectaron dos compuestos adicionales y de nuevo no se detectó la 2,6-Dimetilpirazina. El listado de los compuestos se encuentra en el Cuadro 8 en donde los dos compuestos adicionales están escritos en rojo

Cuadro 8: Selección de quince compuestos (2012-2013)

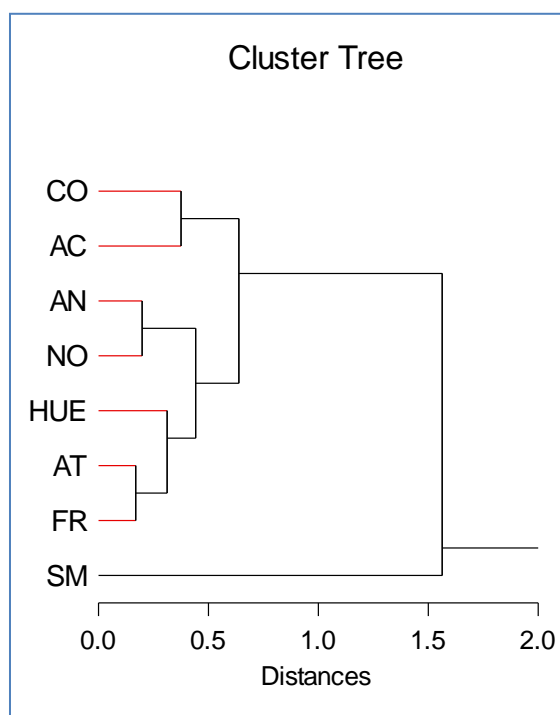
Identificación	Nombre químico	Tipo de compuesto	Referencia
C1	1-Hidroxi-2-propanona	Cetona	R
C2	1-Acetil-oxi-2-propanona	Cetona	N
C3	3-Metil-2-butanona	Cetona	N
P1	2-Metil pirazina	Pirazina	R
P2	2,5-Dimetilpirazina	Pirazina	R
P3	2-3-5-Trimetilpirazina	Pirazina	R

P4	2-Etil-3,5-dimetilpirazina	Pirazina	R
P5	2-6-Dietilpirazina	Pirazina	R
PR1	Piridina	Piridina	R
FU1	5-Metil-2-furancarboxaldehido	Furano	R
FU2	2-Furanmetanol acetato	Furano	R
FU3	Furfural	Furano	R
FU4	Dihidro-2-metil-3(2H)-furanona	Furano	R
FU5	2-Furanmetanol	Furano	R
FU6	1-(2-Furanil-metil)-1H-pirrol	Furano	R

Fuente: Proyecto FD 039-2011

El análisis jerárquico se muestra en la Gráfica 12. San Marcos se diferencia del resto. Luego Cobán y Acatenango forman un grupo. Luego Antigua y Nuevo Oriente. Huehuetenango está solo y Atilán y Fraijanes forman el último grupo. De nuevo se notan diferencias substanciales en los resultados de las dos cosechas.

Gráfica 12: Análisis jerárquico de los datos (15 compuestos) de la cosecha 2012-2013



Fuente: Proyecto FD 039-2011

La incorporación de otros compuestos a la matriz de aromas ocasiono una falta de consistencia en la agrupación, tanto entre los dos años de cosecha, como con las matrices de menor cantidad de compuestos aromáticos considerados. Lo anterior pareciera indicar que es conveniente emplear en el análisis el mayor número de compuestos aromáticos identificados.

En una tercera fase del análisis se trabajó con dieciocho compuestos identificados en el aroma del café

En las muestras de la cosecha 2011-2012 se detectaron los compuestos indicados en el cuadro 9.

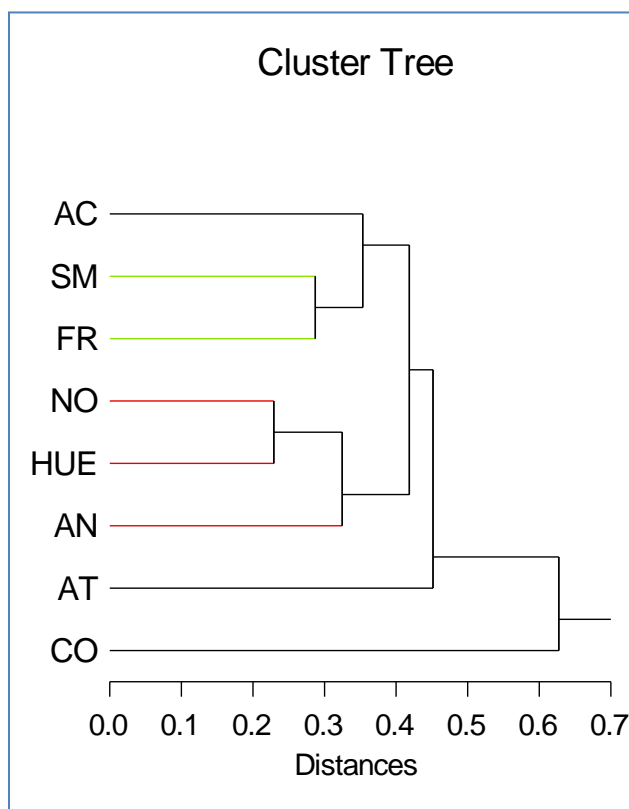
Cuadro 9: Selección de quince compuestos (2011-2012)

Identificación	Nombre químico	Tipo de compuesto	Referencia
C1	1-Hidroxi-2-propanona	Cetona	R
C2	1-acetil-oxi-2-propanona	Cetona	N
C3	3-metil-2-butanona	Cetona	N
C4	4-metil-2-pentanona	Cetona	N
C5	2-metil-ciclopentanona	Cetona	N
P1	2-Metil pirazina	Pirazina	R
P2	2,5-Dimetilpirazina	Pirazina	R
P3	Trimetilpirazina	Pirazina	R
P4	2-etil-3,5-dimetilpirazina	Pirazina	R
P5	2,6-Dietilpirazina	Pirazina	R
Pr1	Piridina	Piridina	R
Pr2	4,6-Dimetil pirimidina	Piridina	R
FU1	5-Metil-2-furancarboxaldehido	Furano	R
FU2	2-Furanmetanol acetato	Furano	R
FU3	Furfural	Furano	R
FU4	Dihidro-2-metil-3(2H)-furanona	Furano	R
FU5	2-Furanmetanol	Furano	R
FU6	1-(2-Furanmetil)-1H-pirrol	Furano	R

Fuente: Proyecto FD 039-2011

El análisis jerárquico se muestra en la Gráfica 13. Cobán se diferencia del resto. Seguido de Atitlán. Luego Acatenango de diferencia de los restantes. San Marcos y Fraijanes forman un grupo. El otro grupo conformado por Antigua, Huehuetenango y Nuevo Oriente.

Gráfica 13: Análisis jerárquico de los datos (18 compuestos) de la cosecha 2011-2012

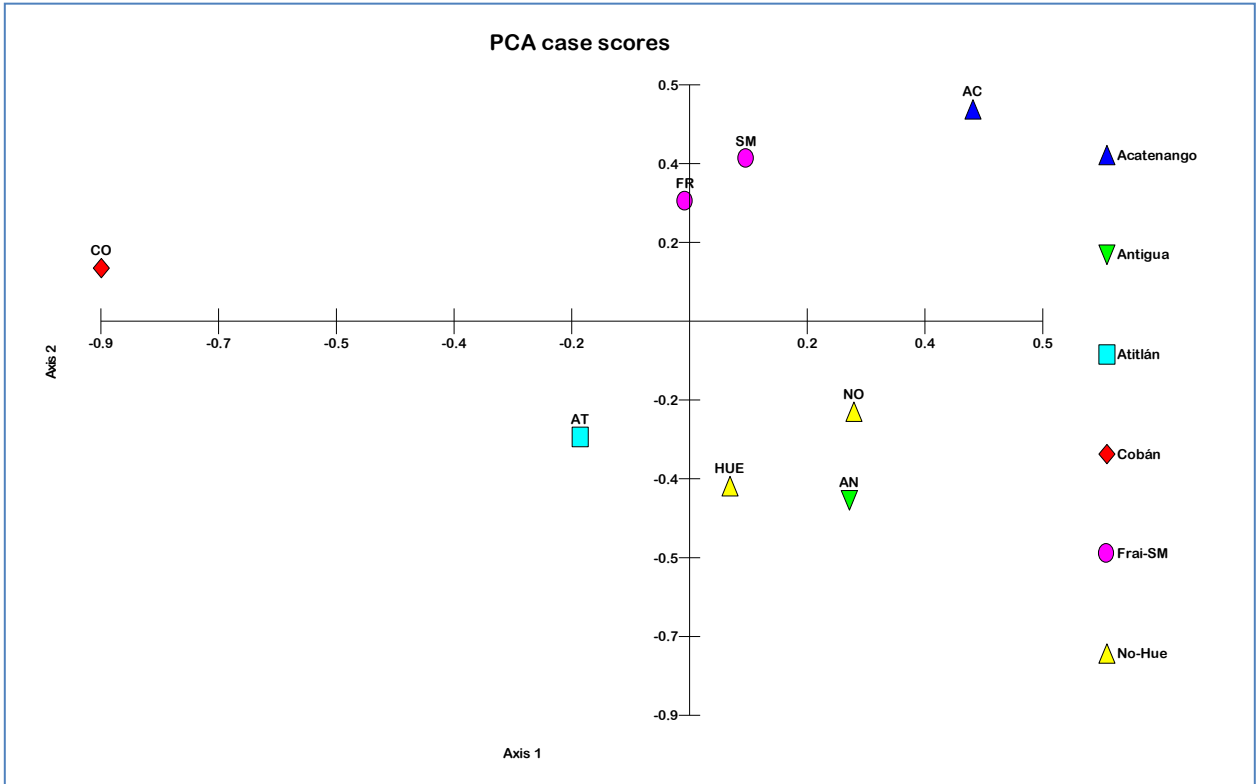


Fuente: Proyecto FD 039-2011

En la cuarta fase del análisis de componentes principales con dieciocho compuestos identificados en el aroma del café.

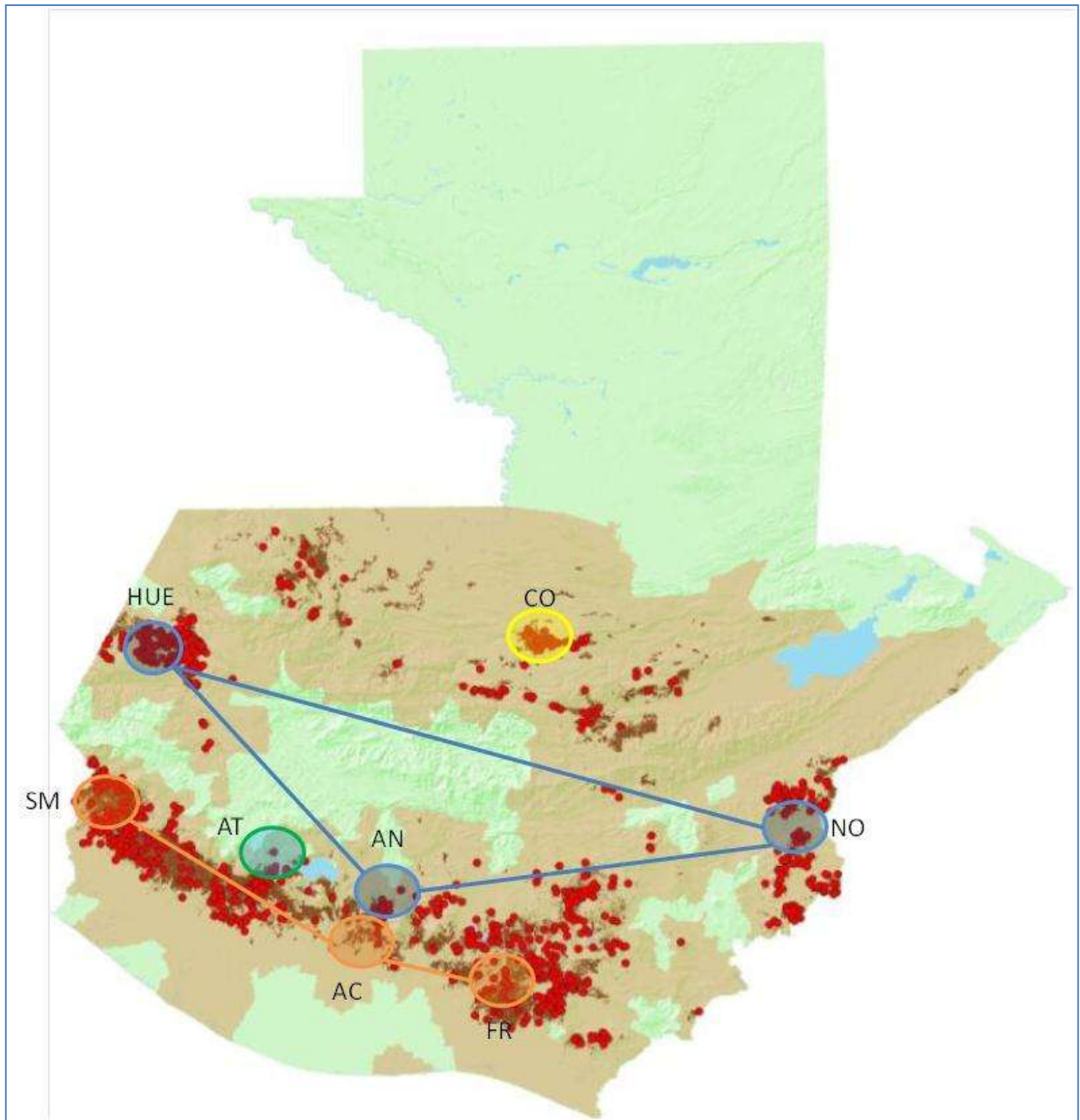
Se llevó a cabo un análisis de componentes principales con los dieciocho compuestos identificados en la cosecha 2011-2012. En la Gráfica 14 se presenta el resultado. El primer componente (Axis 1) divide verticalmente dos campos. El campo de la izquierda agrupa a los cafés regionales de Cobán y Atitlán. El campo de la derecha, el resto. El eje vertical explica un 41 % de la variación de los datos. El segundo componente (Axis 2) divide horizontalmente dos campos explicando un 32 % de la variación. Los dos ejes en conjunto empleando un 73 % de la variación agrupan los ocho cafés regionales en cuatro cuadrantes. Cobán en el cuadrante izquierdo superior. Atitlán en el cuadrante izquierdo inferior. Acatenango, San Marcos y Fraijanes en el cuadrante derecho superior. Antigua, Nuevo Oriente y Huehuetenango en el cuadrante derecho inferior.

Gráfica 14: Análisis de componentes principales (PCA) de los datos (18 compuestos) de la cosecha 2011-2012



Fuente: Proyecto FD 039-2011

Gráfica 15: *Aromagrama* de los datos (18 compuestos) de la cosecha 2011-2012



Fuente: Proyecto FD 039-2011

PARTE IV.

IV.1 CONCLUSIONES

1. Se logró identificar y evaluar los compuestos mayoritarios del aroma de café, utilizando absorción en fase sólida, y su relación con la capacidad antioxidante, desarrollando un mapa resumen (gráfica 15) y así se está contribuyendo a iniciar con la generación de datos de las regiones del país.
2. Se logró definir la calidad del café proveniente de las 8 zonas productoras de café clasificadas por Anacafé, conociendo los diferentes valores analíticos cuantificados en relación al aroma y a su capacidad antioxidante, generando una base de datos para estas regiones.
3. Se logró la caracterización y evaluación de los compuestos mayoritarios del aroma de 8 muestras de café logrando determinar el patrón de componentes, por el uso del método de micro-extracción en fase sólida acoplada a la cromatografía de gases, comparado con la metodología tradicional organoléptica por catación.
4. Se evaluó las ocho muestras de café simultáneamente por ensayos de catación organoléptica determinando los índices máximos de acidez en Rainforest Cobán, astringencia en Traditional Atitlan, amargor en Antigua Coffee y la fragancia/aroma con Volcanic San Marcos
5. Se comprobó y evaluó, con la ayuda del análisis multivariado, la correlación de la composición del aroma del café. Dando como resultado semejanza entre las características de cafés de New Oriente, Antigua Coffee y Highland Huehuetenango en un grupo y Volcanic San Marcos, Acatenango Valley y Fraijanes Plateau, quedando como regiones independientes Traditional Atitlan y Rainforest Cobán. Se observó que conforme se incluían compuestos del aroma en el análisis de variables múltiples la agrupación de los cafés regionales variaban
6. Se determinó por evaluación en espectroscopia visible, la capacidad antioxidante de las muestras evaluadas encontrándose que la que tiene un mayor valor fue Rainforest Coban y con una menor capacidad Fraijanes Plateau.

7. Se procederá a divulgar entre las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.
8. La variación del resultado del aroma también se observó entre los cafés regionales de las dos diferentes cosechas en años consecutivos, por lo tanto se seleccionó la agrupación lograda con la cosecha 2011-2012 con dieciocho compuestos incluidos.
9. El resultado final del análisis jerárquico y el de componentes principales fue el mismo, confirmado las agrupaciones encontradas.
10. Se construyó un aromagrama preliminar con este resultado, mostrado en la Gráfica 15.

IV.2 RECOMENDACIONES

1. Seguir ampliando la base de datos con los análisis de cafés de otras regiones del país, con el fin de lograr, ambiciosamente, tener un mapa organoléptico, químico del aroma de café y la capacidad organoléptica de todo el país.
2. Repetir los análisis aquí realizados para una mayor cantidad de cosechas, documentando los factores climáticos y de suelo respectivos a cada muestra, a fin de lograr una estandarización de la relación entre los compuestos encontrados y las condiciones de las plantas y un panorama más definido de la situación del café en el país a lo largo del tiempo.
3. Promover y apoyar a los pequeños caficultores en conocer las características del café de sus cultivos.

IV.3 REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

1. Andueza S et al (2002) *Influence of Water Pressure on the Final Quality of Arabica Espresso Coffee. Application of Multivariate Analysis* J Agric Food Chem **50**: 7426-7431
2. Andueza, S, et. al. (2004). *Comparison of Antioxidant and Pro-oxidant Activity in Coffee Beverages Prepared With Conventional and "Torrefacto" Coffee*. Departamento de Bromatología de Alimentos y Toxicología. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra. Pamplona, España.
3. Anese, M, C. Nicoli (2002). *Antioxidant Properties of Ready-to-Drink Coffee Brews*. Departamento de Ciencia de Alimentos. Universidad de Udine. Udine, Italia.
4. Bicchi C et al (2002) *Headspace Sorptive Extraction (HSSE), Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE), and Solid Phase Microextraction (SPME) Applied to the Analysis of Roasted Arabica Coffee and Coffee Brew* J Agric Food Chem **50**: 449-459
5. Bichi CP, Panero OM, Pellegrino GM & Vanni AC (1997) *Characterization of roasted coffee and coffee beverages by solid-phase microextraction-gas chromatography and principal component analysis* J Agric. Food Chem. **45**: 4680-4686
6. Cämmerer, B, L. Kroh. *Antioxidant Activity of Coffee Brews*. (2005). Eur Food. Tecnología de Alimentos. Suiza.
7. De-María CAB, RFA Moreira, LC Trugo (1999) *Volatile components in roasted coffee. Part I. Heterocyclic compounds* Quim Nova **22**: 209-217
8. O'Mahony M & Rousseau B (2003) *Discrimination testing: a few ideas, old and new* Food Quality Preference **14**: 157-164
9. Pérez-Jiménez, J. & Saura-Calixto, F (2007) *Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas*. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones: 1150-1160
10. Ribeiro JS (2009) *Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares* Anal Chim Acta **634**: 172-179
11. Ribeiro JS, RF Teófilo, TJG Salva, F Augusto, MMC Ferreira (2013) *Exploratory and discriminative studies of commercial processed Brazilian coffees with different degrees of roasting and decaffeinated*. Brazilian Journal of Food Technology **16**: 198-206
12. Semmelroch P, W Grosch (1996) *Studies on Character Impact Odorants of Coffee Brews* J Agric Food Chem **44**: 537-543
13. Yeretzián C et al (2002) *From the green bean to the cup of coffee: investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles* Eur Food Res Technol **214**: 92-104

REFERENCIAS DE CONSULTA

1. Agresti PDCM et al (2008) *Discrimination between defective and non-defective*

- Brazilian coffee beans by their volatile profile* Food Chem **106**: 787-796
2. Akiyama M et al (2008) *Characterization of Headspace Aroma Compounds of Freshly Brewed Arabica Coffees and Studies on a Characteristic Aroma Compound of Ethiopian Coffee* J Food Sci **73**: C335-C346
 3. Akiyama M et al (2007) *Analysis of the Headspace Volatiles of Freshly Brewed Arabica Coffee Using Solid-Phase Microextraction* J Food Sci **72**: C388-C396
 4. Akiyama M et al (2003) *Analysis of Volatile Compounds Released during the Grinding of Roasted Coffee Beans Using Solid-Phase Microextraction* J Agric Food Chem **51**: 1961-1969
 5. Andriot I, J-L Le Qura, E Guichard (2004) *Interactions between coffee melanoidins and flavour compounds: impact of freeze-drying (method and time) and roasting degree of coffee on melanoidins retention capacity* Food Chem **85**: 289-294
 6. Baggenstoss J, R Perren, F. Escher (2008) *Water content of roasted coffee: impact on grinding behaviour, extraction, and aroma retention* Eur Food Res Technol **227**: 1357-1365
 7. Baggenstoss J et al (2008) *Roasting and Aroma Formation: Effect of Initial Moisture Content and Steam Treatment* J Agric Food Chem **56**: 5847-5851
 8. Baggenstoss J et al (2008) *Coffee Roasting and Aroma Formation: Application of Different Time-Temperature Conditions* J Agric Food Chem **56**: 5836-5846
 9. Baggenstoss J et al (2007) *Influence of Water Quench Cooling on Degassing and Aroma Stability of Roasted Coffee* J Agric Food Chem **55**: 6685-6691
 10. Baggenstoss J et al (2010) *Aroma Recovery from Roasted Coffee by Wet Grinding* J Food Sci **75**: C697-C702
 11. Balasubramanian S, S Panigrahi (2011) *Solid-Phase Microextraction (SPME) Techniques for Quality Characterization of Food Products: A Review* Food Bioprocess Technol **4**: 1-26
 12. Bertrand B et al (2012) *Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality* Food Chem **135**: 2575-2583
 13. Bhumiratana N, K Adhikari, E Chambers (2011) *Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee* LWT - Food Sci Technol **44**: 2185-2192
 14. Bondarovich HA et al (1967) *Volatile Constituents of Coffee. Pyrazines and Other Compounds* J Agric Food Chem **15**: 1093-1099
 15. Bonnländer B et al (2006) *Analysis of enantiomeric linalool ratio in green and roasted coffee* Flavour Fragr J **21**: 637-641
 16. Brando, C. (2012) *Cumbre Latinoamericana del Café*. https://www.youtube.com/watch?v=hOJTD_xcaWM
 17. Bröhan M et al (2009) *Influence of storage conditions on aroma compounds in coffee pads using static headspace GC-MS* Food Chem **116**: 480-483
 18. Buffo RA, C Cardelli-Freire (2004) *Coffee flavour: an overview* Flavour Fragr J **19**: 99-104
 19. Caprioli G et al (2012) *Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME-GC/MS* Food Chem **135**: 1127-1133
 20. Charles-Bernard M et al (2005) *Interactions between Volatile and Nonvolatile Coffee Components. 1. Screening of Nonvolatile Components* J. Agric. Food Chem **53**: 4417-4425

21. Cheong MW et al (2013) *Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee* Food Res Internat **51**: 388-396
22. Costa Freitas AM, AI Mosca (1999) *Coffee geographic origin - an aid to coffee differentiation* Food Res Internat **32**: 565-573
23. Costa Freitas AM, C Parreira, L Vilas-Boas (2001) *The Use of an Electronic Aroma-sensing Device to Assess Coffee Differentiation - Comparison with SPME Gas Chromatography-Mass Spectrometry Aroma Patterns* J Food Compos Anal **14**: 513-522
24. Czerny M, W Grosch (2000) *Potent Odorants of Raw Arabica Coffee. Their Changes during Roasting* J Agric Food Chem **48**: 868-872
25. Czerny M, F Mayer, W Grosch (1999) *Sensory Study on the Character Impact Odorants of Roasted Arabica Coffee* J Agric Food Chem **47**: 695-699
26. Czerny M, R Wagner, W Grosch (1996) *Detection of Odor-Active Ethenylalkylpyrazines in Roasted Coffee* J Agric Food Chem **44**: 3268-3272
27. Fisk ID et al (2012) *Discrimination of roast and ground coffee aroma* Flavour **1**:
28. Geel L, M Kinnear, HLd Kock (2005) *Relating consumer preferences to sensory attributes of instant coffee* Food Qual Pref **16**: 237-244
29. Gonzalez-Rios O et al (2007) *Impact of "ecological" post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee* J Food Compos Anal **20**: 289-296
30. Gonzalez-Rios O et al (2007) *Impact of "ecological" post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee* J Food Compos Anal **20**: 297-307
31. Hofmann T, W Bors, K Stettmaier (1999) *Radical-Assisted Melanoidin Formation during Thermal Processing of Foods as well as under Physiological Conditions* J Agric Food Chem **47**: 391-396
32. Hofmann T, P Schieberle (2002) *Chemical Interactions between Odor-Active Thiols and Melanoidins Involved in the Aroma Staling of Coffee Beverages* J Agric Food Chem **50**: 319-326
33. Joët T et al (2010) *Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans* Food Chem **118**: 693-701
34. Karlsson HOE, G Trägårdh (1997) *Aroma recovery during beverage processing* J Food Eng **34**: 159-178
35. Korhonova M et al (2009) *Coffee aroma—Statistical analysis of compositional data* Talanta **80**: 710-715
36. Kumazawa K, H Masuda (2003) *Investigation of the Change in the Flavor of a Coffee Drink during Heat Processing* J Agric Food Chem **51**: 2674-2678
37. López-Darias J et al (2011) *Developing qualitative extraction profiles of coffee aromas utilizing polymeric ionic liquid sorbent coatings in headspace solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry* Anal Bioanal Chem **401**: 2965-2976
38. López-Galilea I (2006) *Changes in Headspace Volatile Concentrations of Coffee Brews Caused by the Roasting Process and the Brewing Procedure* J Agric Food Chem **54**: 8560-8566
39. Lyman DJ et al (2003) *FTIR-ATR Analysis of Brewed Coffee: Effect of Roasting Conditions* J Agric Food Chem **51**: 3268-3272
40. Maeztu L (2001) *Multivariate methods for characterization and classification of*

- espresso coffees from different botanical varieties and types of roast by foam, taste and mouthfeel* J Agric Food Chem **49**: 4743-4747
41. Maeztu L (2001) *Characterization of Espresso Coffee Aroma by Static Headspace GC-MS and Sensory Flavor Profile* J Agric Food Chem **49**: 5437-5444
 42. Mayer F, M Czerny, W Grosch (1999) *Influence of provenance and roast degree on the composition of potent odorants in Arabica coffees* Eur Food Res Technol **209**: 242-250
 43. Mayer F, M Czerny, W Grosch (2000) *Sensory study of the character impact aroma compounds of a coffee beverage* Eur Food Res Technol **211**: 272-276
 44. Mayer F, W Grosch (2001) *Aroma simulation on the basis of the odourant composition of roasted coffee headspace* Flavour Fragr J **16**: 180-190
 45. Merrit C et al (1963) *Mass Spectrometric Determination of the Volatile Components from Ground Coffee* J Agric Food Chem **11**: 152-155
 46. Meullenet JF, Xiong R, Hankins JA, Dias P, Zivanovic S, Monsoor MA, Bellman-Horner T, Liu Z & Fromm H (2003) *Modeling preference of commercial toasted white corn tortilla chips using proportional odds models* Food Quality Preference **14**: 603-614
 47. Mondello L (2004) *Comprehensive multidimensional GC for the characterization of roasted coffee beans* J Sep Sci **27**: 442-450
 48. Mondello L (2005) *Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry with the support of a dual-filter mass spectra library* J Sep Sci **28**: 1101-1109
 49. Moon J-K, T Shibamoto (2009) *Role of Roasting Conditions in the Profile of Volatile Flavor Chemicals Formed from Coffee Beans* J Agric Food Chem **57**: 5823-5831
 50. Murota A (1993) *Canonical discriminant analysis applied to the headspace GC profiles of coffee cultivars* Biosci Biotech Biochem **57**: 1043-1048
 51. Nebesny E (2007) *The effect of roasting method on headspace composition of robusta coffee bean aroma* Eur Food Res Technol, **225**: 9-19
 52. Pacetti D (2012) *Authentication of Italian Espresso coffee blends through the GC peak ratio between kahweol and 6-O-methylcafestol* Food Chem **135**: 1569-1574
 53. Pérez-Martínez M (2008) *Application of Multivariate Analysis to the Effects of Additives on Chemical and Sensory Quality of Stored Coffee Brew* J Agric Food Chem **56**: 11845-11853
 54. Pérez-Martínez M (2008) *Changes in Volatile Compounds and Overall Aroma Profile during Storage of Coffee Brews at 4 and 25 °C.* J Agric Food Chem **56**: 3145-3154
 55. Piccino S () *Aromatic composition and potent odorants of the “specialty coffee” brew “Bourbon Pointu” correlated to its three trade classifications* Food Res Internat
 56. Ramos E (1998) *Obtention of a Brewed Coffee Aroma Extract by an Optimized Supercritical CO₂-Based Process* J Agric Food Chem **46**: 4011-4016
 57. Ribeiro JS, MMC Ferreira, TJG Salva (2011) *Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy* Talanta **83**: 1352-1358
 58. Ribeiro JS (2010) *Simultaneous optimization of the microextraction of coffee*

- volatiles using response surface methodology and principal component analysis* Chemometrics Intell Lab Syst **102**: 45-52
59. Risticovic S, E Carasek, J. Pawliszyn (2008) *Headspace solid-phase microextraction–gas chromatographic–time-of-flight mass spectrometric methodology for geographical origin verification of coffee*. Anal Chim Acta **617**: 72-84
 60. Roberts DD, P Pollien, C Milo (2004) *Solid-Phase Microextraction Method Development for Headspace Analysis of Volatile Flavor Compounds* J Agric Food Chem **48**: 2430-2437
 61. Rocha S (2004) *Screening and distinction of coffee brews based on headspace solid phase microextraction/gas chromatography/principal component analysis* J Sci Food Agric **84**: 43-51
 62. Rubayiza AB, M Meurens (2005) *Chemical discrimination of arabica and robusta coffees by Fourier transform Raman spectroscopy* J Agric Food Chem **53**: 4654-4659
 63. Ruosi MR (2012) *A Further Tool To Monitor the Coffee Roasting Process: Aroma Composition and Chemical Indices* J Agric Food Chem **60**: 11263-11291
 64. Sanz C et al (2001) *Optimizing Headspace Temperature and Time Sampling for Identification of Volatile Compounds in Ground Roasted Arabica Coffee* J Agric Food Chem **49**: 1364-1369
 65. Sanz C et al (2002) *Comparison of potent odorants in a filtered coffee brew and in an instant coffee beverage by aroma extract dilution analysis (AEDA)* Eur Food Res Technol **214**: 299-302
 66. Sarrazin C et al (2000) *Representativeness of coffee aroma extracts: a comparison of different extraction methods* Food Chem **70**: 99-106
 67. Sarrazin C et al (2000) *Representativeness of coffee aroma extracts: a comparison of different extraction methods* Food Chem **70**: 99-106
 68. Schenker S et al (2002) *Impact of Roasting Conditions on the Formation of Aroma Compounds in Coffee Beans* J Food Sci **67**: 60-66
 69. Selmar D, G Bytof and SE Knopp (2008) *The Storage of Green Coffee (Coffea arabica): Decrease of Viability and Changes of Potential Aroma Precursors* Ann Bot **101**: 31-38
 70. Seo H-S et al (2009) *A novel method of descriptive analysis on hot brewed coffee: time scanning descriptive analysis* Eur Food Res Technol **228**: 931-938
 71. Souto UTCP et al (2010) *UV–Vis spectrometric classification of coffees by SPA–LDA* Food Chem **58**: 368–371
 72. Spadone J-C, G Takeoka, R Liardon (1990) *Analytical Investigation of Rio Off-Flavor in Green Coffee* J Agric Food Chem **38**: 226-233
 73. Stoffelsma J et al (1968) *New Volatile Components of Roasted Coffee* J Agric Food Chem **16**: 1000-1004
 74. Toci AT, A Farah (2014) *Volatile fingerprint of Brazilian defective coffee seeds: corroboration of potential marker compounds and identification of new low quality indicators* Food Chem **153**: 298-314.
 75. Tranchida, PQ et al (2009) *Enhanced resolution comprehensive two-dimensional gas chromatography applied to the analysis of roasted coffee volatiles* J Chromatog A **1216**: 7301–7306
 76. Variyar PS et al (2003) *Flavoring Components of Raw Monsooned Arabica Coffee*

- and Their Changes during Radiation Processing* J Agric Food Chem **51**: 7945-7950
77. Vitzthum OG, P Werkhoff (1975) *Cycloalkapyrazines in Coffee Aroma* J Agric Food Chem **23**:
78. Wada K et al (1987) *Classification of various trade varieties of coffees by coupling sensory data and multivariate analysis* Agric Biol Chem **51**: 1745-1752
79. Wagenstaller M, A Buettner (2013) *Coffee aroma constituents and odorant metabolites in human urine* Metabolomics 1-16
80. Wang N, Y Fu, L-T Lim (2011) *Feasibility Study on Chemometric Discrimination of Roasted Arabica Coffees by Solvent Extraction and Fourier Transform Infrared Spectroscopy* J Agric Food Chem **59**: 3220–3226
81. Wen X et al (2005) *Effect of Roasting on Properties of the Zinc-Chelating Substance in Coffee Brews* J Agric Food Chem **53**: 2684-2689
82. Zambonin CG et al (2005) *Solid-phase microextraction–gas chromatography mass spectrometry and multivariate analysis for the characterization of roasted coffees* Talanta **66**: 261-265

IV.4 ANEXOS

Cuadro 10: Características de origen de las muestras

Identificación en bolsa	Origen	Época de cosecha	Altitud (m)	Suelo	Influencia principal sobre el microclima	Temperatura promedio °C
Rainforest Cobán	Cobán	Diciembre-Marzo	1300-1500	Piedra caliza, arcilla	Océano Atlántico	15-20
Traditional Atitlán	Atitlán	Diciembre-Marzo	1500-1700	Volcánico	Lago grande en un cráter	20-23
Volcanic San Marcos	San Marcos	Diciembre-Marzo	1400-1800	Volcánico	Océano Pacífico	21-27
Antigua Coffee	Antigua	Enero-Marzo	1500-1700	Volcánica con piedra pómez	Valle encerrado	18-22
Fraijanes Plateau	Fraijanes	Diciembre-Febrero	1400-1800	Volcánica con piedra pómez	Planicies altas	12-26
Acatenango Valley	Acatenango	Diciembre-Marzo	1300-2000	Volcánica con piedra pómez	Volcanes Acatenango y Fuego	14-31
New Oriente	Nuevo Oriente	Diciembre-Marzo	1300-1700	Metamórfico y arcilloso	Océano Atlántico	18-25
Highland Huehue	Huehuetenango	Enero-Abril	1500-2000	Piedra caliza	Planicies de Tehuantepec	21-27

Fuente: ANACAFÉ , 2011

Cuadro 11: Descripción de cafés utilizados

Características de cafés												
Region	Descripción General	Epoca de cosecha	Altitud	Suelo	Influencia principal sobre el microclima	Precipitación anual	Temperatura promedio	Humedad relativa	Tipo de secado	Especie de sombra predominante	Variedad	
											Porte alto	Porte bajo
Rainforest Cobán	Es el más característico de los cafés regionales. Buen cuerpo con una acidez delicada y distinta. Es muy aromático y posee un suave y agradable toque frutoso	Diciembre-marzo	4,300-5,000 pies (1,300-1,500 mts)	Piedra caliza y arcilla	Océano Atlántico	120-160 plg (3,000-4,000 mm)	59-68°F (15-20°C)	85-95%	Secadora	Inga	Bourbón, Maragogype	Caturra, Catuai, Pache
Traditional Atitlán	Es el más intenso de los cafés regionales. Es deliciosamente aromático. Posee un cuerpo lleno, acidez pronunciada y defnida.	Diciembre-marzo	5,000-5,600 pies (1,500-1,700 mts)	Volcánico	Lago grande en un cráter	72-92 plg (1,800-2,300 mm)	68-73 °F (20-23°C)	75-85 %	Sol	Gravilea e Inga	Bourbón, Typica	Caturra, Catuai
Volcanic San Marcos	tiene acidez pronunciada, buen cuerpo y un delicado y tenue aroma floral	Diciembre-marzo	4,600-6,000 pies (1,400-1,800 mts)	Volcánico	Océano Pacífico	160-200 plg (4,000-5,000 mm)	70-81°F (21-27°C)	70-80%	Sol y secadora	Inga	Bourbón	Caturra, Catuai
Antigua Coffee	tiene cuerpo lleno y elegante, bien balanceado, aroma fino, pronunciada y fina acidez	Enero-marzo	5,000-5,600 pies (1,500-1,700 mts)	Volcánico con piedra pómez	Valle encerrado	32-48 plg (800-1,200 mm)	64-72°F (18-22°C)	65%	Sol	Gravilea	Bourbón	Caturra, Catuai
Fraijanes Plateau	tiene un aroma elegante, cuerpo generoso y lleno, acidez agradable y marcada	Diciembre-febrero	4,500-6,000 pies (1,400-1,800 mts)	Volcánico con piedra pómez	Planicies altas	60-120 plg (1,500-3,000 mm)	54-79°F (12-26°C)	70-90%	Sol	Inga	Bourbón	Caturra, Catuai, Pache
Acatenango Valley	es fragante, con una marcada acidez, cuerpo limpio y balanceado. Posee un postgusto persistente	Diciembre a mediados de marzo	4,300-6,500 pies (1,300-2,000 mts)	Volcánico con piedra pómez	Volcanes Acatenango y Fuego	48-72 plg (1,200-1,800 mm)	57-88°F (14-31°C)	70-80%	Sol	Gravilea e Inga	Bourbón	Caturra, Catuai
New Oriente	el más nuevo de los cafés regionales, es aromático, con acidez marcada y buen cuerpo	Diciembre a marzo	4,300-5,500 pies (1,300-1,700 mts)	Metamórfico y arcilloso	Océano Atlántico	72-80 plg (1,800-2,000 mm)	64-77°F (18-25°C)	70-80%	Sol y secadora	Inga	Bourbón	Caturra, Catuai, Pache
Highland Huehue*	Es la zona mas alta y seca, no volcanica, protegido de las heladas.		Arriba de 6,500 pies (2,000mts o mas)	No volcanico	Vientos secos y calurosos						Bourbón	Caturra, Catuai
* No se tienen todos los datos.												

Fuente: ANACAFÉ, 2011

BOLETA DE EVALUACIÓN DE PERFIL SENSORIAL.

Perfil Sensorial de Café

Instrucciones:

Se le van a presentar dos muestras, A y B. Califique la muestra A con bolígrafo Rojo y la B con bolígrafo negro, tratando de determinar si hay diferencias entre las muestras.

Atributos del Perfil:

Acidez

Menos Acido

Mas Acido

Astringencia

Menos astringente

Mas Astringente

Aroma

Débil

Profundo

Cuerpo

Menor

Mayor

Color

Menos oscuro

Más oscuro

Sabor Amargo

Menos amargo

Más amargo

Sabor quemado

Menos sabor a quemado

Mas sabor a quemado

Balance

No Equilibrado

Equilibrado

Perdurabilidad

No Permanece

Permanece

Sabor a nuez

No tiene

Se percibe

Otros sabores que perciba:

Fuente: Departamento de Alimentos UVG, 2011

PARTE V

V.1 INFORME FINANCIERO

Grupo		Empleos	Nombre del Gasto	Asignación Presupuestaria	TRANSFERENCIA		Ejecutado	Provisione de Ejecutar
				Meses (-)	Más (+)			
1			SERVICIOS NO PERSONALES					
	163		Mantenimiento y reparación de equipo médico-sanitario y de laboratorio	7,000.00			3,800.00	3,200.00
	181		Emasías, inversiones e proyectos de feasibility	147,000.00			102,625.00	44,375.00
2			MATERIALES Y SUMINISTROS					
	211		Alimentos para personas			3,797.63	3,797.63	
	215		Productos agropecuarios para comercialización			2,000.00	1,000.00	1,000.00
	243		Productos de papel o cartón			56.29	56.29	
	261		Elementos y componentes químicos	70,000.00	33,787.12		7,151.92	9,060.96
	268		Productos plásticos, nylon, vanil y pvc			632.20	632.20	
	272		Productos de vidrio	2,000.00			1,949.98	50.02
	295		Utiles manuales, médico-quirúrgicos y de laboratorio			23,295.00	23,295.00	
	297		Utiles, accesorios y materiales eléctricos			60.00	60.00	
	298		Accesorios y repuestos en general			14,346.00	14,346.00	
3			PROPIEDAD, PLANTA, EQUIPO E INTANGIBLES					
	323		Equipo médico-sanitario y de laboratorio			9,600.00	9,600.00	
	381		Activos Intangibles	70,000.00				70,000.00
				294,000.00	53,787.12	53,787.12	168,314.02	227,645.98

MONTO AUTORIZADO	Q	294,000.00
(+) EJECUTADO	Q	176,739.02
(-) SUBTOTAL	Q	119,260.98
(-) CAJA CHICA	Q	1,000.00
TOTAL POR EJECUTAR	Q	118,260.98

Disponibilidad	Q	118,260.98
----------------	---	------------