



TESIS DOCTORAL

**CARACTERIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE CAFÉS
MEDIANTE ANÁLISIS SENSORIAL**

José Gervasio Partida Sedas

PROGRAMA DE DOCTORADO CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
MEDIOAMBIENTALES

FACULTAD DE CIENCIAS, CAMPUS TERRA

LUGO

JUNIO, 2018



**AUTORIZACIÓN DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS
CARACTERIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE CAFÉS
MEDIANTE ANÁLISIS SESORIAL**

Dña. M^a Ángeles Romero Rodríguez, D. Emiliano Pérez Portilla y Dña. M^a Lourdes Vázquez Odériz

INFORMAN:

*Que la presente Tesis, corresponde con el trabajo realizado por D/Dña. **JOSÉ GERVASIO PARTIDA SEDAS**, bajo nuestra dirección, y autorizamos su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como directores de ésta no incurre en las causas de abstención establecidas en Ley 40/2015.*

En Lugo, 4 de junio de 2018



Fdo. M^a Ángeles Romero Rodríguez



Fdo. Emiliano Pérez Portilla



Fdo. M^a Lourdes Vázquez Odériz



DEDICATORIA

“En todo momento de mi vida hay una mujer que me lleva de la mano en las tinieblas de una realidad que las mujeres conocen mejor que los hombres y en las cuales se orientan mejor con menos luces”
Gabriel García Márquez

A mi madre
A mi padre(í)





AGRADECIMIENTOS

Durante estos 4 años de proceso doctoral muchas personas contribuyeron a cumplir la meta. A través de estas líneas agradezco a todas ellas su apoyo y ayuda tanto a nivel científico como personal.

A la Dra. Ma. Ángeles Romero Rodríguez, mi directora de tesis, por el esfuerzo y tiempo invertido, así como su dedicación, orientación y paciencia durante estos años de proceso doctoral.

A la maestra Nieves Muñoz Ferreiro, a pesar de su complicada agenda, le agradezco su gran apoyo brindado en el análisis estadístico.

A la Dra. Ma. Lourdes Vázquez Óderiz, codirectora de tesis, por su apoyo brindado.

Al Dr. Emiliano Pérez Portilla por sus sabios consejos, inagotable ayuda, amistad siempre incondicional y paciencia, con el que he compartido parte importante de mi vida profesional y personal.

A la Universidad Autónoma Chapingo por todo el apoyo brindado para mi formación, le estoy eternamente agradecido.

A la Universidad de Santiago de Compostela por la formación recibida, muchas gracias.

A la Fundación Carolina de España y a la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México por la beca otorgada. Muchísimas gracias.

Al Dr. Agustín Merino García, gracias a su apoyo fue posible esta aventura.

A Ángeles y Rosalba Fuentes Gallardo por su enorme capacidad de trabajo, esto no hubiera sido posible sin su colaboración, dedicación y apoyo en el laboratorio de Calidad de Café.

A los integrantes del panel de evaluación sensorial de café: Mariela Vázquez, Metztli Deyanira Contreras Martínez, Nora Edith Ysaías Lugo, Ruth Ávila Rodríguez, Alejandro Tébar Guzmán, Arturo Merino Rodríguez, Cristóbal Jesús Chapa Ignacio, Eduardo Reyna Sánchez, José Antonio Pérez Montiel y Sotero Espejo Zapata; por su apoyo incondicional, dedicación, motivación, esmero y esfuerzo demostrado durante el largo periodo de entrenamiento y cata de muestras.

A los directivos y técnicos del Comité de Sanidad Vegetal del Estado de Veracruz por su apoyo brindado en campo y la información proporcionada.

Al Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, por todo su apoyo brindado.

A los cafecultores que me impartieron cátedra de humildad y amabilidad en sus fincas y casas, proporcionándome todo su conocimiento y experiencia sobre el maravilloso cultivo del café, mi eterno agradecimiento.

Por último, pero sin duda en un lugar preferente, a mi familia: Iker, María José y Patricia; por su paciencia, apoyo y confianza, por su acompañamiento en este proceso. A mi madre y hermanos, así como a todos mis familiares y amigos que me han alentado en los momentos más duros.



RESUMEN

El trabajo de Tesis Doctoral “Caracterización y diferenciación de cafés mediante análisis sensorial” se basa en la aplicación de la técnica de análisis sensorial a la bebida de café y se presenta en capítulos.

En primer lugar, se entrena a un panel de catadores y, tras varias sesiones de cata, se realiza la validación del mismo comprobándose que presenta una buena capacidad discriminativa, buen consenso y alta repetibilidad y reproducibilidad.

Una vez validado, se procede a la aplicación del panel de catadores entrenado para evaluar diferentes muestras de café, comprobándose que es posible reconocer los diferentes orígenes; evaluar el efecto de las variables ambientales; caracterizar y diferenciar el café de una región; establecer la relación entre factores ambientales y culturales y evaluar el efecto de los procesos poscosecha sobre las características sensoriales de la bebida de café.

Los resultados demuestran que el análisis sensorial es una herramienta válida y objetiva para realizar la caracterización y diferenciación de cafés.

Palabras clave: café, análisis sensorial, cultivo, procesos poscosecha

RESUMO

O traballo de Tese Doutoral “Caracterización e diferenciación de cafés mediante análise sensorial” basease na aplicación da técnica de análise sensorial á bebida de café e preséntase en capítulos.

En primeiro lugar, adéstrase a un panel de catadores e tras varias sesións de cata, realízase a validación do mesmo comprobándose que presenta unha boa capacidade discriminativa, bo consenso e alta repetibilidade e reproducibilidade.

Unha vez validado, procédese á aplicación do panel de catadores adestrado para avaliar diferentes mostras de café, comprobándose que é posible recoñecer os diferentes orixes; avaliar o efecto das variables ambientais; caracterizar e diferenciar o café dunha rexión; establecer a relación entre factores ambientais e culturais e avaliar o efecto dos procesos poscolleita sobre as características sensoriais da bebida de café.

Os resultados demostran co análise sensorial é unha ferramenta válida e obxectiva para realizar a caracterización e diferenciación de cafés.

Palabras chave: café, análise sensorial, cultivo, procesos poscolleita

ABSTRACT

The work of Doctoral Thesis "Characterization and differentiation of coffees through sensory analysis" is based on the application of the sensory analysis technique to coffee drink and it is presented in chapters.

In the first place, a panel of tasters is trained and after several tasting sessions, the validation of the same is carried out, proving that it has a good discriminatory capacity, good consensus, high repeatability and reproducibility.

Once the panel has been validated, it is applied to evaluate different coffee samples, verifying that it is possible to recognize the different origins of the coffee; to evaluate the effect of environmental variables; characterize and differentiate coffee in a region; to establish the

relationship between environmental and cultural factors and to evaluate the effect of post-harvest processes on the sensory characteristics of coffee drink.

The results show that the sensory analysis is a valid and objective tool to perform the characterization and differentiation of coffees.

Keywords: coffee, sensory analysis, cultivation, post-harvest processes



ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABLAS	VI
RESUMEN EXTENSO	1
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DEL CAFÉ	5
1.1.1. El consumo de café llega al Medio Oriente	5
1.1.2. El consumo de café se adopta en Europa	7
1.2. BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ	8
1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ	8
1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA BEBIDA DE CAFÉ	9
1.5. LOS CAFÉS DE ESPECIALIDAD	10
1.5.1. Cafés diferenciados por sus características intrínsecas	11
1.5.1.1. Características físicas del grano	11
1.5.1.2. Características de la bebida	12
1.5.2. Cafés diferenciados por sus características simbólicas	13
1.5.2.1. Indicaciones geográficas de origen.....	13
1.5.2.2. Certificaciones de sostenibilidad.....	15
1.5.3. Café diferenciado debido a los servicios personalizados	16
1.6. STATUS QUÆSTIONIS DEL ANÁLISIS SENSORIAL EN CAFÉ	17
1.6.1. El análisis sensorial en el comercio del café	18
1.6.2. Investigaciones de análisis sensorial en café	19
1.6.2.1. Compuestos aromáticos del café	19
1.6.2.2. Análisis descriptivo del café.....	23
1.6.2.3. Análisis sensorial con consumidores de café.....	26
1.7. REFERENCIAS	29
2. OBJETIVOS	39
3. CONTROL DE LA EFICACIA DE UN PANEL DE CATADORES ENTRENADOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE CAFÉ	40
3.1. INTRODUCCIÓN	42
3.2. MATERIAL Y MÉTODOS	43
3.2.1. Panel de catadores	43
3.2.2. Atributos sensoriales	43
3.2.3. Muestras de café y preparación de la bebida	44
3.2.4. Análisis de datos	45
3.2.4.1. Atributos cuantitativos.....	45
3.2.4.2. Atributos cualitativos.....	45
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.3.1. Atributos cuantitativos	48
3.3.1.1. Poder de discriminación del panel.....	48
3.3.1.2. Poder de discriminación de cada juez.....	48
3.3.1.3. Consenso del panel	49
3.3.1.4. Acuerdo entre jueces	49
3.3.1.5. Reproducibilidad del panel.....	50
3.3.1.6. Repetibilidad de los jueces	50
3.3.2. Atributos cualitativos	51
3.3.2.1. Poder de discriminación del panel.....	51
3.3.2.2. Poder de discriminación de cada juez.....	52

3.3.2.3. Consenso del panel	54
3.3.2.4. Acuerdo entre jueces	55
3.3.2.5. Reproducibilidad del panel	55
3.3.2.6. Repetibilidad de los jueces	56
3.4. CONCLUSIONES	57
3.5. REFERENCIAS	58
4. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE CAFÉS DE DIFERENTES ORÍGENES	60
4.1. INTRODUCCIÓN	61
4.2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	61
4.2.1. Panel de evaluación sensorial de café	61
4.2.2. Muestras	61
4.2.3. Preparación de la bebida	62
4.2.4. Evaluación sensorial	62
4.2.5. Análisis de datos	63
4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.3.1. Eficacia del panel.....	63
4.3.2. Características sensoriales de las muestras de café de diferentes orígenes	64
4.3.2.1. Atributos cuantitativos.....	64
4.3.2.2. Atributos cualitativos.....	66
4.3.3. Integración de los atributos descriptivos cualitativos y cuantitativos de la evaluación sensorial.....	68
4.3.3.1. Comparación entre cafés de Guatemala	69
4.4. CONCLUSIONES	70
4.5. REFERENCIAS	71
5. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL CAFÉ “PLUMA” DE OAXACA EN EL CONTEXTO DE UNA DENOMINACIÓN DE ORIGEN Y EL MERCADO DE ESPECIALIDAD	73
5.1. INTRODUCCIÓN	74
5.2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	75
5.2.1. Área de estudio	75
5.2.2. Muestreo.....	75
5.2.3. Registro de datos.....	76
5.2.4. Muestras de café	77
5.2.5. Cálculo de la temperatura de cada granja	77
5.2.6. Evaluación física del grano	77
5.2.7. Evaluación sensorial de la bebida	78
5.2.8. Análisis de datos	78
5.2.9. Modelo cartográfico	78
5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
5.3.1. Características físicas de los granos de la región.....	78
5.3.2. Características sensoriales de la bebida de la región	80
5.3.3.1. Relación entre la temperatura y las características físicas del grano.....	84
5.3.3.2. Relación de la temperatura y las características sensoriales de la bebida	85
5.3.3.3. Categorización de la calidad del café en la región	89
5.4. CONCLUSIONES	91
5.5. REFERENCIAS	91

6.	EFFECTO TERROIR EN LOS PERFILES SENSORIALES DEL CAFÉ DE LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ, MÉXICO	95
6.1.	INTRODUCCIÓN.....	96
6.2.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	97
6.2.1.	Área de estudio.....	97
6.2.2.	Registro de variables ambientales.....	98
6.2.3.	Muestras de café.....	99
6.2.4.	Panel de catadores.....	99
6.2.5.	Atributos sensoriales.....	99
6.2.6.	Preparación de la bebida y evaluación sensorial.....	100
6.2.7.	Análisis de datos.....	100
6.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	100
6.3.1.	Terroirs de la región central de Veracruz.....	100
6.3.2.	Perfil sensorial de la bebida.....	103
6.3.2.1.	Características generales de la bebida de café de la región.....	103
6.3.2.2.	Perfiles sensoriales específicos.....	105
6.3.3.	Efecto terroir sobre las características sensoriales del café.....	109
6.3.3.1.	Efecto del terroir en el perfil sensorial de la bebida.....	109
6.3.3.2.	Efecto del terroir en el bouquet de la bebida.....	111
6.3.3.3.	Efecto del terroir en los sabores básicos de la bebida.....	112
6.3.3.4.	Efecto del terroir en la textura de la bebida.....	112
6.4.	CONCLUSIONES.....	113
6.5.	REFERENCIAS.....	114
7.	INFLUENCIA DEL PROCESADO POSCOSECHA DEL CAFÉ VARIEDAD “GARNICA” SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y LA ACEPTABILIDAD GLOBAL DE LA BEBIDA	116
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	117
7.2.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	117
7.2.1.	Muestras de café.....	117
7.2.2.	Caracterización de los procesos poscosecha.....	117
7.2.3.	Preparación de la bebida de café.....	118
7.2.4.	Análisis sensorial.....	118
7.2.5.	Estudio de consumidores.....	118
7.2.6.	Análisis de datos.....	118
7.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	119
7.3.1.	Caracterización de los procesos poscosecha.....	119
7.3.2.	Caracterización de la bebida por panel de evaluación sensorial.....	120
7.3.2.1.	Eficacia del panel.....	120
7.3.2.2.	Perfil sensorial de cada proceso.....	120
7.3.3.	Estudio de consumidores.....	123
7.3.4.	Relación de las valoraciones sensoriales del panel y las preferencias de los consumidores.....	124
7.4.	CONCLUSIONES.....	129
7.5.	REFERENCIAS.....	129
8.	CONCLUSIONES	133
9.	ANEXOS	135
9.1.	ARTÍCULOS ENVIADOS A REVISTAS JCR.....	137
9.2.	OTRAS PUBLICACIONES ACEPTADAS Y PATENTES.....	138



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Distribución de los países productores de café.	8
Figura 1.2. Consumo de café per cápita en 2014 en kg de café tostado por persona al año.	9
Figura 1.3. Norma para el grano de café arábica verde de especialidad emitida por la Specialty Coffee of America.	12
Figura 1.4. Sesión de cata de cafés de especialidad con catadores Q certificados en China.	13
Figura 1.5. Precio promedio en dólares por libra de venta al por menor de café de los orígenes con más reputación en el mercado de EE.UU.	14
Figura 1.6. Cafés que cumplen con las normas de especialidad, de origen y certificados de sustentabilidad que se ofertan en el mercado electrónico.	17
Figura 1.7. La rueda del flavor del café generado por la SCAA para el café de especialidad.	25
Figura 1.8. Diagrama de árbol del léxico “vivo” para el análisis sensorial descriptivo de la bebida de café.	26
Figura 3.1. Habilidad de discriminación del panel. Elipses de confianza de las muestras en las dos primeras dimensiones resultantes de un MFA para a) olor, b) flavor, c) regusto y d) textura.	52
Figura 3.2. Discriminación entre muestras por parte de cada juez para el atributo regusto.	54
Figura 3.3. Reproducibilidad del panel. Proyecciones de las nubes parciales de las muestras en las primeras dos dimensiones resultantes de un MFA para a) Olor, b) Flavor, c) Regusto y d) Textura.	56
Figura 3.4. Comparación gráfica resultante del MFA para el atributo regusto para la repetibilidad de los jueces.	57
Figura 4.1. Representación del PCA realizado sobre las valoraciones de los atributos sensoriales.	65
Figura 4.2. Representación del PCA de las muestras de café de diferente origen, en la que cada café está asociado con una elipse de confianza obtenida a partir de las valoraciones sensoriales.	65
Figura 4.3. Análisis de correspondencias entre las muestras de café y los grupos aromáticos presentes en el a) olor, b) flavor, c) regusto y d) la textura de la bebida.	67
Figura 4.4. Representación del MFA, incluyendo todos los atributos y tipos de café.	69
Figura 5.1. Mapa de ubicación de la región de estudio, Pluma Hidalgo, Oaxaca.	75
Figura 5.2. Relación de la temperatura y la puntuación final Q de la bebida de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.	89
Figura 5.3. Representación especial de las calidades de la bebida en la región de Pluma Hidalgo.	91
Figura 6.1. Configuración de los terroirs: a) Representación de los sitios y las variables agrupadas en el espacio resultante del PCA, b) Representación del dendrograma de los terroirs.	102
Figura 6.2. Valores promedio, máximo y mínimo de los atributos sensoriales de la bebida del café de la región centro de Veracruz determinada por el panel de evaluación sensorial.	105
Figura 6.3. Perfiles sensoriales regionales del café. a) Representación espacial de las muestras evaluadas por el panel y las 20 variables con mayor correlación a las dimensiones. b) Representación del dendrograma de la agrupación de las muestras en clústers (perfiles) sensoriales.	107

Figura 6.4. Representación espacial de las variables ambientales, grupo varietal de tolerancia a la roya y perfiles sensoriales de la bebida. a) Elipses de confianza que agrupan a los clústers ambientales (Env), perfiles sensoriales (SP) y grupo varietal de tolerancia a la roya (TR y SR), cada una en las primeras dos dimensiones del PCA. b) representación espacial de los perfiles sensoriales de las muestras y elipses de confianza de los clústers ambientales y tipos de variedad de café en las dos dimensiones resultantes del PCA.	110
Figura 6.5. Relaciones entre variables del terroir y los atributos sensoriales: a) intensidad de olor, b) intensidad de flavor, c) intensidad de regusto, d) olor a chocolate amargo, e) olor a flor de café, f) olor a caramelo, g) flavor a semillas de cilantro, h) regusto a almendras tostadas, i) acidez, j) dulzor, k) salado, l) amargor, m) textura aterciopelada, n) textura áspera, o) textura áspera y variedad y p) textura suave.....	113
Figura 7.1. Representación de los atributos sensoriales de la bebida (en gris) y de los procesos poscosecha (en negro) aplicados al café en las primeras dos dimensiones resultantes del PCA (L=lavado, F= fermentado, D= despulpado y N=natural).	122
Figura 7.2. Histograma con la valoración de la aceptación global de los diferentes cafés por parte de los consumidores.	124
Figura 7.3. Representación de los procesos poscosecha y de los atributos sensoriales en las dos primeras dimensiones resultantes del PCA sobre la aceptabilidad global de los consumidores (L=lavado, F= fermentado, D= despulpado, y N=natural).	125
Figura 7.4. (a). Representación de las dimensiones resultantes de los análisis separados sobre las dos primeras dimensiones obtenidas a partir de un MFA. (b) Representación de los procesos poscosecha (L=lavado, F= fermentado, D= despulpado y N=natural) y sus puntos parciales sobre las dos dimensiones obtenidas a partir de un MFA.	127
Figura 7.5. Representación de los cafés, de los procesos poscosecha: L=lavado, F= fermentado, D= despulpado y N=natural, en la superficie de respuesta sobre las dos primeras dimensiones obtenidas a partir de un MFA (PrefMFA) usando datos objetivos y hedónicos.....	128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Compuestos aromáticos importantes identificados en el café arábica.....	20
Tabla 1.2. Sistematización de las referencias aromáticas para describir el aroma del café del juego de esencias de Le Nez du Café.....	24
Tabla 1.3. Emociones básicas derivadas de las experiencias de consumo de café (ECD) en EE.UU.....	28
Tabla 3.1. Procedimiento seguido para evaluar la eficacia del panel y de los jueces del panel de evaluación sensorial de café.....	47
Tabla 3.2.- Valores de p del análisis de varianza de tres factores y sus interacciones de orden 2 aplicado a los juicios cuantitativos del panel de evaluación sensorial de café.	48
Tabla 3.3.- Valores de p de la prueba de F para el poder de discriminación de cada juez para cada atributo cuantitativo.	49
Tabla 3.4.- Valores de correlación de los jueces por atributo evaluado con respecto al panel.	50
Tabla 3.5. Desviaciones estándar de los residuales del modelo de ANOVA de cada juez en cada atributo.....	50
Tabla 3.6. Poder de discriminación de cada juez. Valores de coeficiente Lg para los jueces por atributo obtenidos a partir de un MFA.....	54
Tabla 3.7. Relación de inercia asociada al consenso del panel para cada atributo en las primeras dos dimensiones.....	55
Tabla 3.8. Valores de RV de cada juez con respecto al RV de la configuración para cada atributo.	55
Tabla 3.9. Repetibilidad de los jueces. Valores de inercia interna (%) del MFA entre la sesión 1 y la 2 para cada juez y atributo evaluado.....	57
Tabla 4.1. Definiciones de los atributos sensoriales evaluados en la bebida de café.	62
Tabla 4.2. p valores para los diferentes descriptores tras el análisis de varianza de tres factores (origen, juez y sesión) con sus interacciones.	63
Tabla 4.3. Valoraciones medias de los descriptores de los cafés evaluados por el panel de catadores y resultados del ANOVA de un factor (origen).....	64
Tabla 4.4. Definición de la bebida de café procedente de las tres zonas de Guatemala analizadas por parte del panel entrenado y por el GNCA.	70
Tabla 5.1.- Datos de localización y altitud de las fincas de café estudiadas en la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.	76
Tabla 5.2.- Características físicas del grano de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.	79
Tabla 5.3.- Valores de p de para cada factor y su interacción, resultantes del análisis de varianza de los juicios emitidos por el panel de evaluación sensorial de café.	80
Tabla 5.4. Resultados del panel de evaluación sensorial de la bebida de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca en el sistema Q (mercado de especialidad).	82
Tabla 5.5. Frecuencias relativas de los grupos aromáticos en el bouquet de la bebida de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.....	83
Tabla 5.6. Valores de correlación y de probabilidad entre las características físicas de los granos y la temperatura de cultivo del café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.	84
Tabla 5.7.- Coeficiente de correlación de Pearson (r) y su probabilidad de la relación de la temperatura y los atributos valorados en el sistema de cata Q de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.....	86

Tabla 5.8. Valores de la correlación de Pearson (r) ($p < 0.05$) entre la temperatura y la frecuencia relativa de los grupos aromáticos presentes en el olor, flavor y regusto de la bebida del café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.....	87
Tabla 6.1. Localidades y ubicación geográfica de las 33 fincas cafetaleras en la región centro de Veracruz.....	98
Tabla 6.2. Valores promedio de las variables ambientales de los terroirs definidos en la región cafetalera del centro de Veracruz, México*.....	102
Tabla 6.4. Valores promedio de las variables sensoriales valoradas por el panel para los perfiles sensoriales de la bebida del café de la zona centro de Veracruz, México.....	108
Tabla 7.1. Características de los procesos poscosecha de café obtenida a partir de las variables de mayor importancia obtenidas por PCA.	119
Tabla 7.2.- Resultados del ANOVA (valores de p , asociados con la prueba de F) para los efectos evaluados al panel de catadores expertos*.....	120
Tabla 7.3. Valores promedio de los atributos de la bebida para los diferentes procesos poscosecha de café aplicados.	121



RESUMEN EXTENSO

El café es una bebida popular, con un consumo mundial estimado de más de 2000 millones de tazas diarias. De acuerdo con la Organización Internacional del Café, la Unión Europea consumió 3.12×10^6 t de café en 2017. *Coffea arabica* L. fue domesticada por primera vez en Yemen, donde probablemente se ideó la técnica para tostar, moler y preparar los granos de café entre los siglos XIV y XV. A partir del siglo XVIII, el cultivo del café se extendió de Arabia a Asia Oriental y América Latina. De manera paralela el consumo se extendió desde África hasta el Medio Oriente, Europa, América del Norte, América Latina; desde mediados del siglo XX a Japón, Corea y Filipinas; y muy recientemente a China. Las dos especies cultivadas más importantes de café son *C. arabica* L. y *C. canephora* P., que representan el segundo lugar en el comercio global de mercancías. Los granos de café se producen en más de 60 países, lo que constituye una oportunidad importante de negocio para agricultores minifundistas. Sin embargo, sólo tres países (Brasil, Colombia y Vietnam) representan casi el 60% de la producción mundial de café en grano.

El consumo de café es impulsado por el disfrute sensorial debido a que la bebida es una fuente de satisfacción a través de la experiencia olfatogustativa, pero también por la estimulación psicofísica inducida por la cafeína. Además, el café es una bebida funcional que contiene ingredientes biológicamente activos. Una de las propiedades más importantes es su capacidad antioxidante debido a la cafeína, ácidos clorogénicos, ácidos hidroxicinámicos y melanoidinas. Es una bebida con mucha complejidad, no sólo desde el punto de vista químico sino también sensorial, fisiológico e incluso, psicosocial. Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados hasta hoy se enfocan en los componentes aromáticos. Las propiedades sensoriales, en especial sus componentes aromáticos, pueden verse afectadas por factores como la variedad, la zona de producción, las condiciones de cultivo, el método de procesado, el almacenamiento, el nivel de tostado, el grado de molienda y los métodos de elaboración de la bebida antes de consumirla. A pesar de los siglos de historia de la bebida, pocas investigaciones se han enfocado en el estudio de los factores que afectan a las características de la bebida.

Debido al incremento de la oferta de café en los últimos 40 años, los precios han disminuido. Como una alternativa para incrementar su valor surge la estrategia de diferenciarlo. Se distinguen tres tipos de diferenciación: por sus características intrínsecas, características simbólicas y los servicios personalizados. Un tipo de café diferenciado es el de especialidad, que se puede definir como un producto con unas características específicas de calidad, debido a su origen geográfico y/o certificado. Generalmente, su destino es la venta al por menor a un grupo de consumidores específico que lo reconoce, lo aprecia y que está dispuesto a pagar un sobreprecio. Actualmente, representa un mercado emergente con un crecimiento exponencial. Las exigencias de este tipo de mercado hacen necesaria la diferenciación por calidad y origen, por lo que la cata de la bebida es un proceso fundamental. Así el análisis sensorial es una herramienta con mucho potencial para la evaluación y puesta en valor de los cafés de especialidad.

Por tanto, el trabajo de Tesis Doctoral se basa en la aplicación de la técnica de análisis sensorial al café y se presenta en capítulos.

Tras la introducción general, que se recoge en el capítulo 1, y de los objetivos (generales y específicos), que se recogen en el capítulo 2, el capítulo 3 trata de responder a la siguiente cuestión: ¿el análisis sensorial es una herramienta fiable para diferenciar cafés? Se reconoce que la cata de café es un procedimiento fundamental para establecer calidades y precios que no ha cambiado desde hace más de 100 años. Este procedimiento se caracteriza por ser empírico y utilizar valoraciones subjetivas. Por tanto, se procedió a integrar un panel de catadores entrenado

en café para valorar objetivamente la bebida. Debido a que no existen investigaciones al respecto, se propuso un procedimiento que permite integrar variables cualitativas y cuantitativas para definir las características sensoriales de la bebida de café. Un modelo mixto de análisis de varianza y análisis factorial múltiple fue utilizado para la medición de la eficacia del panel. Los resultados obtenidos muestran que el panel de catadores entrenado es fiable debido a que tiene buen nivel de discriminación, buen consenso y es reproducible para la mayoría de los atributos cuantitativos y cualitativos de la bebida de café.

Dado que el origen geográfico es un elemento diferenciador del café en los mercados, en el capítulo 4 se plantea otra cuestión: ¿es posible reconocer los diferentes orígenes del café mediante análisis sensorial? Se comprobó la capacidad del panel de catadores entrenados para diferenciar, identificar y reconocer cafés de diferente origen geográfico. Se utilizó un análisis descriptivo cuantitativo para caracterizar y tipificar la bebida de café de diferentes orígenes geográficos (Guatemala, Colombia y Etiopía). Los resultados demuestran que el análisis sensorial es una herramienta válida y objetiva para establecer diferencias entre los cafés. Tras realizar un análisis factorial múltiple, integrando los resultados de las variables cuali y cuantitativas, se demuestra que el olor, flavor y regusto son los atributos fundamentales para diferenciar los orígenes y caracterizar la tipicidad de cada café. Los cafés de Guatemala son más intensos en acidez y dulzor y se diferencian por el bouquet; el de Atitlán es a caramelo, el de Cobán frutal-especiado y el de San Marcos floral-especiado. El café de Colombia es más intenso en regusto, amargor, salado y en textura y presenta un bouquet a chocolate amargo y nueces. El café de Etiopía presenta una mayor intensidad en regusto, dulzor y amargor; y un bouquet a caramelo-especias.

En los capítulos 5 y 6 se exploran las siguientes interrogantes: ¿es posible reconocer el efecto de las variables ambientales en las características sensoriales de la bebida de café mediante análisis sensorial? ¿Se puede caracterizar y diferenciar el café de una región? En este sentido se realizaron estudios en dos regiones de gran tradición de cultura cafetalera en México: Pluma Hidalgo, Oaxaca y región centro de Veracruz.

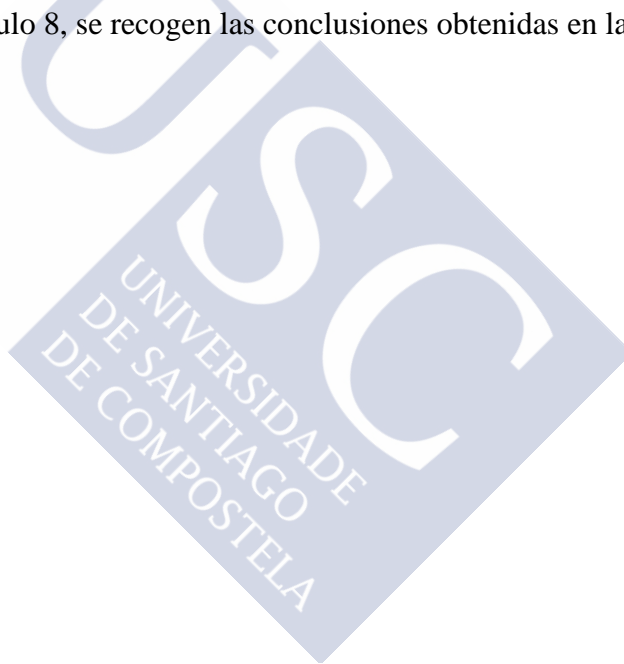
En el capítulo 5 se reconoce al Café "Pluma" como el café mexicano que cuenta con mayor reputación en el mercado internacional, se cultiva en condiciones excepcionales en la sierra de la región Costa del Estado de Oaxaca (México). Pese a su reputación, las características del grano y de la bebida de este café no habían sido estudiadas. En esta investigación fueron caracterizados los atributos físicos del grano y los sensoriales de la bebida del café "Pluma" en el contexto del mercado de cafés de especialidad. El estudio fue realizado en un transecto de la sierra para establecer la relación de causalidad entre las características del grano y la temperatura a la que se cultiva en las fincas cafetaleras. Los resultados indican que la temperatura influye significativamente en las características físicas de los granos y de la bebida. Las muestras de zonas de temperaturas más frías ($<21^{\circ}\text{C}$) tienen una mayor complejidad aromática, con la presencia de notas (grupos florales y afrutados) que son muy apreciadas en mercados especializados.

Por otra parte, en el capítulo 6, se da respuesta a las siguientes cuestiones: ¿existe relación entre factores ambientales y culturales de la región centro de Veracruz (México) con los perfiles sensoriales de la bebida de café? ¿es posible demarcar regiones con características similares? Por tanto, en este capítulo se planteó conocer el efecto terroir en las características de la bebida de café producido en la región central de Veracruz (México) como forma de diferenciación. Tras el análisis de las variables ambientales mediante análisis multivariado de componentes principales y de clústers, los terroirs presentes en la región fueron definidos. Por otra parte, las características organolépticas de la bebida fueron analizadas mediante un análisis de clústers. Los resultados demuestran la existencia de la relación entre los terroirs y los perfiles sensoriales de la bebida.

Los factores que más impactan en los perfiles sensoriales son la temperatura y humedad relativa presente durante el periodo de máximo desarrollo del fruto y el pH del suelo ($p < 0.05$).

Debido a la serie de procesos que tienen lugar en la transformación del café desde el campo hasta la taza, en el capítulo 7, surgen otras interrogantes: ¿Cómo afecta el proceso poscosecha a la bebida de café? ¿Es un elemento diferenciador? ¿Distingue este efecto el consumidor habitual de café? En este estudio cuatro procesos poscosecha (“natural”, “despulpado”, “fermentado” y “lavado”) fueron aplicados a frutos de café de la variedad “Garnica”. La bebida resultante de cada proceso fue evaluada sensorialmente por un panel para caracterizarla mediante análisis descriptivo y, paralelamente, por consumidores para conocer la aceptabilidad global. Se confirma que los procesos poscosecha modifican las características sensoriales de la bebida. El bouquet de la bebida a vino tinto, obtenida por el proceso “natural”, condiciona la aceptación global de los consumidores y la aceptación de los otros cafés está condicionada por el olor y la nota a limón. El “despulpado” y el “fermentado” representan opciones viables al café “lavado” con características sensoriales y aceptación general similares, pero con menor impacto ambiental. Mediante un mapa de aceptación, resultante de un análisis factorial múltiple a los datos sensoriales y hedónicos, se encontró que el proceso “despulpado” aplicado al café de la variedad Garnica representa una opción viable para reemplazar al café “lavado”.

Finalmente, en el capítulo 8, se recogen las conclusiones obtenidas en la Tesis Doctoral.





1. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos de mayor importancia económica a nivel global desde hace siglos y se ha convertido en una de las bebidas más populares en la actualidad. En este apartado, se hace un breve recorrido desde su origen como bebida en África y Medio Oriente hasta su expansión a Europa y a todo el mundo. Igualmente, se describen las propiedades de la bebida y los procesos de diferenciación en el mercado. Además, se realiza una revisión de la aplicación del análisis sensorial a la bebida del café.

1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DEL CAFÉ

En una revisión realizada por Topik (2009), para entender cómo el café ha llegado a ser una bebida socialmente aceptada, relata que la historia se inicia en Etiopía. El café era un producto sagrado usado por los pueblos indígenas para honrar al Dios *Waqqa* en las ceremonias comunales. Topik (2009) menciona que “el café también era una especie de medicina deportiva temprana, una píldora que tenía las ventajas duales de acceder a la energía a través de su cafeína y, también, de apaciguar las penas de hambre. Los hombres de las tribus que lo consumían eran cazadores que se marchaban durante largos días de caminata. Para los cazadores, el propósito del café era estimular la fortaleza individual, no la sociabilidad”.

Topik (2009) señala que “algunos africanos bebían café hecho con frutas frescas, otros freían los granos con mantequilla derretida o grasa y, en algunas regiones, se masticaban sin ningún tipo de preparación, no había un amplio uso tradicional local del café como alimento o bebida”. Aunque de acuerdo con Weiss (2003) en Tanzania, el café se convirtió en “un medio simbólico que permitió expresar el valor de diferentes objetos (ganado, esposa, dinero, etc.)”.

1.1.1. El consumo de café llega al Medio Oriente

Topik (2009) menciona que muchos años después de su descubrimiento el café se convirtió en una bebida de hospitalidad en África, cuando los musulmanes de Harrar (Etiopía), que consumían café, lo extendieron a sus compañeros musulmanes en Arabia. La expansión internacional del café fue tarea de los árabes, que eran los principales comerciantes del Mar Rojo y del Océano Índico. El punto de partida más probable para la difusión del café fue la mística orden religiosa musulmana Sufí en Yemen que, quizás, fue la primera en acoger el café como un ritual de devoción. El descubrimiento de la bebida no fue puramente accidental. Aunque tal vez, como dicen las leyendas, las cabras errantes fueron las primeras en mordisquear las cerezas de café y alebrestarse y que, en este momento, fue cuando los seres humanos reconocieron las virtudes de este efecto. Los Sufís buscaban elixires para producir visiones que dieran acceso a lo divino, deseaban permanecer despiertos en sus largos rituales de canto nocturno en los que intentaban despedirse de sus sentidos y lograr la felicidad. El objetivo inicial de beber café era trascender del mundo material y encontrar la paz, no para obtener beneficios o aumentar su capacidad para trabajar largas horas.

De acuerdo con Topik (2009), en las montañas del norte de Yemen, es probablemente donde *Coffea arabica* L. fue domesticada por primera vez. Menciona que un jeque de la orden Sufí, que vivió en la ciudad portuaria de Moka, pudo haber sido el primero en idear una técnica para tostar, moler y preparar los granos de café a finales del siglo XIV o principios del siglo XV. Esta es una de las razones por la que Tuchscherer (2003) menciona que durante dos siglos y medio el Yemen mantendría un monopolio mundial sobre la producción de café. Las propiedades del café lo convirtieron en el “licor” ideal para las sectas islámicas más importantes. El café también encaja

bien en la celebración musulmana del Ramadán, ayudando a sus consumidores a ayunar en el día y permanecer despierto por la noche.

En 1500, la bebida se generalizó en la península árabe (Tuchscherer, 2003). Los sufíes fueron probablemente responsables de difundir el consumo de café a El Cairo, Damasco y La Meca. La bebida se integró en sus rituales. Otros musulmanes también lo adoptaron en su adoración. En El Cairo, la mezquita principal concentraba el consumo de café en la plaza. En 1510, hay informes de que se bebía café en la Mezquita Sagrada de La Meca. De hecho, se asoció con el cumpleaños de Mahoma. Varias leyendas atribuyeron los orígenes del café a Mahoma quien, a través del arcángel Gabriel, lo trajo al hombre para reemplazar el vino que el Islam prohibió. Ciertamente, los musulmanes contribuyeron a difundir la bebida en todo el mundo islámico hasta la India e Indonesia, ya que los devotos trajeron los granos de vuelta de sus peregrinaciones a La Meca (Becker et al., 1979). De todas formas, la demanda era todavía tan moderada que Yemen pudo abastecerla durante dos siglos.

El café también se relacionó íntimamente con el crecimiento de la sociedad secular. Los sufíes no solo eran místicos, sino que también eran comerciantes por lo que difundieron su gusto por la bebida en el mundo de los negocios. La bebida, cuyo nombre proviene probablemente del *qahwah* árabe, un epíteto de "vino", reemplazó al vino alcohólico prohibido. El café se convirtió rápidamente en respetable y legal en el Medio Oriente. La bebida gruesa, oscura, caliente se hizo popular probablemente más debido a sus efectos y la sociabilidad que al gusto por el café. Además, se le atribuyeron propiedades medicinales, como la de curar la sarna, la gota y los problemas intestinales lo que contribuyó a incrementar su popularidad (Topik, 2009).

A pesar del hecho de que el azúcar había sido cultivado en el Medio Oriente durante cientos de años antes de la llegada del café, parece haber sido raramente añadido a la bebida. No se añadía leche ya que se pensaba que la combinación con el café causaba lepra. El cardamomo, el anís y el jengibre eran las únicas especias añadidas, aunque en algunos lugares el opio y el hachís aparentemente también se añadían para producir una experiencia espiritual extática.

Probablemente, la tecnología de hacer café - tostar y moler los granos y añadir al agua hirviendo - hizo que la bebida se asociara con un sitio más que casi cualquier otro producto. Así, el café (como lugar físico para degustar la bebida) nació en el Medio Oriente. No fue sólo coincidencia que en muchos idiomas la palabra café fuera la misma para el sitio y la bebida. Hattox (1985) sugiere que los primeros comerciantes, como los sirios que introdujeron el café de Egipto y Siria a Estambul en 1555, utilizaron el café como lugar de comercialización. Para familiarizar a los nuevos consumidores con la bebida, tenía que ser presentada a ellos caliente y correctamente elaborada. Por lo tanto, estos mercaderes sirios, y muchos otros del Levante, abrieron cafés. Encontraron un nicho desocupado en la sociedad de Medio Oriente porque los restaurantes eran casi desconocidos y las tabernas estaban prohibidas a los devotos musulmanes. Los cafés se convirtieron en uno de los pocos lugares públicos de reunión seculares en tierras musulmanas constituyendo una de las únicas posibilidades sociales para la vida nocturna. Eran lugares baratos que permitían ofrecer entretenimiento y hospitalidad a los amigos sin llevarlos a la casa.

Las cafeterías desempeñaron un papel importante en la mercantilización del entretenimiento, que anteriormente era un asunto doméstico en gran parte privado. Los cafés de El Cairo, Estambul, Damasco y Argel se convirtieron en centros de intriga política y de vicio carnal (Carlier, 1990). Algunos *coffee houses* se convirtieron en jardines lujosos del placer para los ricos. El aspecto social de esta bebida y las posibilidades políticamente subversivas de las cafeterías constituyeron una amenaza para los gobernantes de Oriente Medio. Ciertamente, el sultán otomano Murat IV, preocupado por los efectos políticos de las 600 cafeterías de Estambul,

estableció castigos para los dueños como una manera de reprimirlos y controlarlos. Sin embargo, no logró poner fin al hábito de consumir café. Así, hasta en la actualidad, el "café turco" se convirtió en el nombre genérico de una bebida espesa.

El Oriente Medio y el Sur de Asia fueron las principales zonas de consumo de café del mundo hasta probablemente a mediados del siglo XVIII (Topik, 2009).

1.1.2. El consumo de café se adopta en Europa

En Europa, el fervor del café se elevó en el siglo XVII junto con la aparición del capitalismo comercial. En el hemisferio medieval del Oriente Medio, el café se convirtió en una mercancía. Los primeros informes de los viajeros europeos al Oriente Medio pusieron de relieve sus poderes curativos (Schnyder-von Waldkirch, 1988). Los primeros proveedores de café lo consideraban un medicamento que podía curar los ojos doloridos, la hidropesía, la gota y el escorbuto, por lo que se vendía en farmacias. El papel del café en la sociabilidad y la aristocracia fue realzado por la llegada de emisarios lujosamente vestidos del sultán otomano a Francia y Austria en 1665-66. El "Oriente" en esos días representaba la riqueza. El prestigio, la distinción y el aura exótica del café fueron favorecidos por el uso de novedosos materiales introducidos en Europa en el ritual del café. Las tazas de porcelana de China, las latas de plata de Perú, el tabaco de América y el azúcar de las islas africanas y Brasil eran los compañeros atractivos de esta bebida. Los turcos otomanos, que sitiaron Viena en 1683, fueron un vehículo involuntario para propagarlo. Los ejércitos siguieron desempeñando un papel importante en la popularización del consumo de café. Además, armenios, griegos, libaneses y otros comerciantes cristianos del Levante crearon nuevos mercados para la bebida en puertos y ciudades. Los europeos del norte se convirtieron en los consumidores más importantes, probablemente relacionando el calor que proporcionaba la bebida caliente de café y que permitía afrontar el clima frío de estos países. En Inglaterra, el café estaba íntimamente relacionado con la vida académica desde que el primer café del país lo abrió un comerciante griego en Oxford en 1637. Desde entonces, ha estado estrechamente vinculado a la vida universitaria. Los cafés servían de "universidades de peniques", ya que difundían las últimas noticias, se utilizaban como bibliotecas de lectura y representaban los primeros clubes masculinos y el lugar de trabajo de gigantes literarios como Daniel Defoe, John Dryden y Alexander Pope. También se utilizaban como zoológicos, teatros y museos (Cowan, 2005). En el continente europeo, los cafés llegaron a simbolizar y a servir a los beneficiarios de la prosperidad capitalista, que constituían la nueva clase de ocio. Pero los europeos rápidamente se impacientaron con los altos precios exigidos por el monopolio islámico del café y, a finales del siglo XVI, robaron plántulas para exportar a sus propias colonias y establecer plantaciones esclavistas (Ruzich, 2008). Posteriormente, los europeos tuvieron que superar las políticas mercantilistas del siglo XVIII, en las que tenían que abonar impuestos a los reyes gobernantes para poder consumir café. Pese a esto, en las capitales los cafés prosperaron ya que, al beber café, en contraste con el alcohol, se estimulaba el cuerpo mientras se limpiaba la mente. Algunos cafés, como el Procope de París, sirvieron de centros de vida intelectual y artística donde hombres como Voltaire desvelaron las debilidades aristocráticas. El Café Heinrichhof de Viena inspiró a Brahms y a otros grandes compositores. Los "speakeasies"¹ del café estaban íntimamente involucrados en el nacimiento de la sociedad civil, el espacio público y la democratización de una aristocracia semi feudal. Así, en el Café Foy de París, Camille Desmoulins se sentó el 13 de julio de 1789 a planear el asalto a la Bastilla, decisión que, según algunos historiadores, condujo al mundo moderno (Oliveira, 1984). A partir de aquí, los cafés seguirían estando asociados con la

¹ Un "speakeasy" era un establecimiento que vendía de manera ilegal bebidas, un sinónimo de "bares clandestinos". En este caso se refiere a "cafés clandestinos" donde se reunían los líderes a planear los movimientos sociales de la época.

subversión y en el siglo XIX, los preparativos para las revoluciones de 1848 se hicieron en los cafés de Berlín, Budapest y Venecia. Al igual que el café en Europa ayudó a la lucha de la clase media por la democracia, el café mismo se democratizó cada vez más en los países consumidores. Aunque los impuestos mantuvieron el precio alto, el café se convirtió en la bebida de desayuno de elección para la clase obrera urbana del continente.

1.2. BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ

Los cafetos (*Coffea*) son un género de la familia de las Rubiáceas que comprende 124 especies y se produce naturalmente en África, Madagascar, las Islas Comoras, las Islas Mascarenas, el subcontinente indio, el sur de Asia tropical, el sudeste asiático y Australasia (Davis et al., 2011).

Las dos especies productoras más importantes de café son *C. arabica* L. y *C. canephora* P. La producción de café de estas especies representaba el segundo lugar en el comercio global, tan sólo después del petróleo, por un valor estimado de 15400 millones de dólares en el ciclo productivo 2009/10 (Razafinarivo et al., 2012). *C. arabica* L. comprendía aproximadamente el 60-70% de la producción mundial de café debido a su calidad superior, mientras que el *C. canephora* P. representaba el 30-40% de la producción mundial (International Trade Center, 2011). Esta especie tiene el doble de cafeína, es más resistente a las enfermedades, resiste mejor las temperaturas de crecimiento y tiene un sabor más amargo que *C. arabica* L. (Smith, 2007).

La utilización de *C. arabica* L. es más antigua que *C. canephora* P., probablemente más de 1500 años, y sigue siendo la especie más cultivada en todo el mundo (Weldemichael et al., 2017). El café se cultiva principalmente en las regiones intertropicales del mundo debido a que la planta sólo puede sobrevivir en un estrecho rango de temperatura que no sea demasiado calientes ni demasiado frías (figura 1.1). Sin embargo, puede crecer en una amplia gama de tipos de suelos con diferentes requerimientos de agua (Carr, 2001). La planta de café como cultivo se originó en probablemente en Etiopía y Yemen (Oestreich-Janzen, 2010; Thurston et al., 2013).



Figura 1.1. Distribución de los países productores de café, en amarillo los diez principales (Hayes-Bohanan, 2012).

1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ

Desde finales del siglo XVIII, el cultivo del café se extendió de África a Arabia, Asia Oriental y América Latina. De manera paralela el consumo también se extendió por todo el mundo desde África hasta el Medio Oriente, Europa, América del Norte, América Latina y, desde mediados del siglo XX, a Japón, Corea y Filipinas (Topik, 2009).

Los granos de café se producen en más de 60 países y esto representa una oportunidad importante de negocio para los agricultores y pequeños productores familiares. Sin embargo, sólo tres países (Brasil, Colombia y Vietnam) representan casi el 60% de la producción mundial de café en grano. En la cosecha del año 2016-17, el total de exportaciones presentó una cifra récord de 120.35 millones de sacos de 60 kg (ICO, 2017).

Así, el café es la bebida más consumida en el mundo (Figura 1.2), con un consumo estimado de 2000 millones de tazas diarias. De acuerdo con la Organización Internacional del Café, la Unión Europea consumió 3.12×10^6 toneladas de café en 2017 (ICO, 2017). En los últimos años, ha habido una gran demanda de café de buena calidad en países como Brasil, India y China y ahora compiten con Estados Unidos para comprar granos de café gourmet (SCAA, 2012a).

Esto resalta la importancia económica que tiene el cultivo de café a nivel mundial. Su comercio en volumen es regulado por la bolsa de Nueva York para los lotes comercializados de *C. arabica* L y la bolsa de Londres para los *C. canephora* P., en donde se negocian los contratos de compra venta de café que pone a circular el dinero de los grandes capitales de las empresas transnacionales (ICO, 2017).

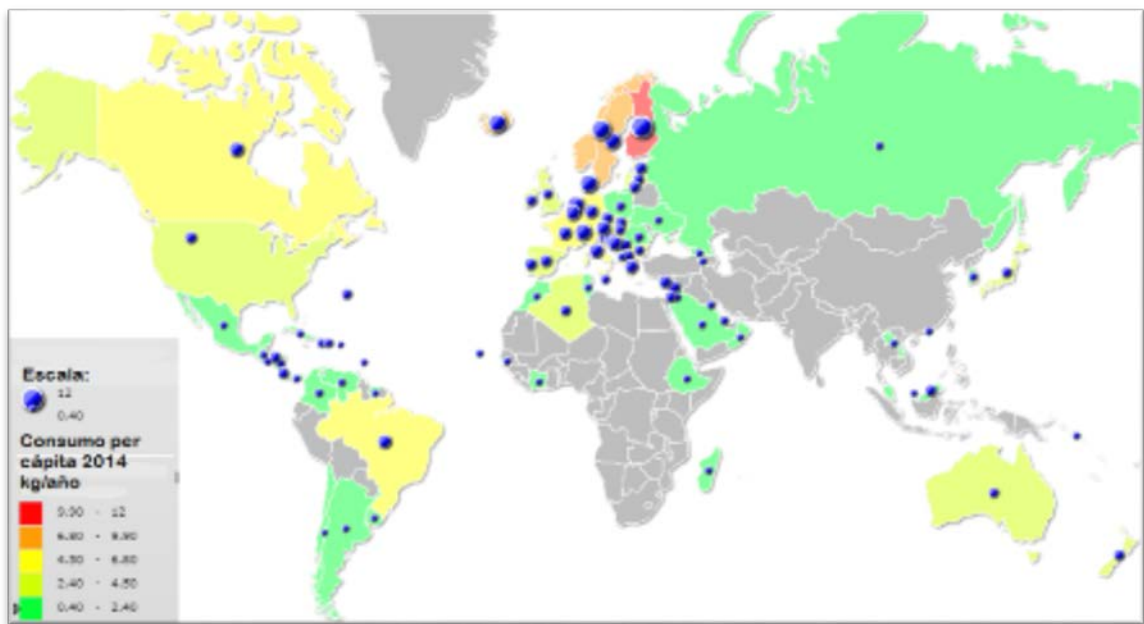


Figura 1.2. Consumo de café per cápita en 2014 en kg de café tostado por persona al año. Elaboración propia con datos de la ICO (2017).

1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA BEBIDA DE CAFÉ

En la actualidad el café ha llegado a ser una de las bebidas más populares, con el consiguiente éxito económico; sin embargo, es necesario explorar las características de la bebida para conocer cuáles son las motivaciones que llevan a su consumo en el mundo. Hsu y Hung (2005) establecen que el consumo de café es impulsado por diferentes motivaciones como el disfrute sensorial proporcionado por el sabor del café y la estimulación psicofísica inducida por la cafeína. Esto coincide con Desmet y Schifferstein (2008) que definen a la bebida como una fuente de satisfacción a través de la experiencia olfativa y del gusto que provoca la estimulación de su consumo. La infusión de café se prepara usando varias técnicas, todas ellas básicamente involucrando granos de café tostados y molidos en agua en ebullición o vertiendo agua caliente, goteando o rociando a través de café tostado molido y luego filtrando. Independientemente del método de elaboración, el café tostado y la bebida comparten la mayoría de los compuestos, con ligeros cambios en el aroma debido a cambios en la concentración de las sustancias aromáticas durante la elaboración de la bebida (Belitz et al., 2009).

En primera instancia, la principal motivación del consumo del café es la experiencia sensorial que resulta de su compleja composición aromática; sin embargo, existen cada vez más

estudios que respaldan que la bebida puede ser considerada como un alimento funcional. Un estudio desarrollado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) y el Imperial College de Londres, con 521300 personas mayores de 35 años en 10 países de la UE, concluye que beber tres o más tazas de café al día, independientemente que sea con o sin cafeína, reduce el riesgo de muerte prematura en un 18% en hombres y en un 8% en mujeres (GCiencia 2017).

Cada vez existen más estudios que argumentan los beneficios sobre la salud del consumo frecuente de café. Por tanto, aparte de las características sensoriales de la bebida existen otras características que hacen del café una bebida funcional y que hacen atractivo su consumo. La infusión de café contiene muchos de los ingredientes funcionales importantes biológicamente activos conocidos como flavonoides (catequinas y antocianinas), ácido cafeico y ferúlico, ácido nicotínico, trigonelina, ácido quinolínico, ácido tánico, ácido pirogalínico y cafeína (Manach et al., 2004; Minamisawa et al., 2004; Meletis, 2006). Una de las propiedades más importantes de la bebida es su capacidad antioxidante debido a la cafeína, ácidos clorogénicos, ácidos hidroxicinámicos y melanoidinas (Fujioka y Shibamoto, 2006; Rufián-Henares y de la Cueva, 2009, Wang y Ho, 2009; Vignoli et al., 2011). Así, la capacidad antioxidante del café se asocia a la presencia tanto de compuestos naturales como de sustancias desarrolladas durante el tostado (Vignoli et al., 2011).

De acuerdo con Dórea y da Costa (2005), otros resultados beneficiosos asociados al consumo de café son los efectos estimulantes observados en el tracto gastrointestinal y el hígado, probablemente debidos a la cafeína, los ácidos clorogénicos y cafeicos, la inhibición del inicio de la cirrosis hepática y la pancreatitis asociada al alcohol, la reducción de las probabilidades de tener síntomas de asma y prevención de manifestaciones clínicas del asma bronquial. Además, la reducción del nivel de glucosa plasmática, la asociación inversa a la prevalencia de hiperglucemia de ayuno y el menor riesgo de diabetes clínica de tipo 2 se han asociado al aumento del consumo de café. El café también ha mostrado actividad antiviral in vitro, relacionada, hasta cierto punto, con la cafeína, pero con la participación de otros componentes, aún no identificados, (Utsunomiya et al., 2008).

En cuanto a otros compuestos presentes en la bebida, se ha observado que los carbohidratos, además de mejorar el carácter de la infusión final de café, tienen diversas actividades biológicas, como disminuir el riesgo de cáncer de colon, lo que puede deberse a que la infusión de café podría ser una fuente de fibra dietética (Arya y Rao, 2007). Díaz-Rubio y Saura-Calixto (2007) encontraron que la infusión de café contenía mayor cantidad de fibra dietética soluble (0.47- 0.75 g/100 mL) que otras bebidas, con fenólicos antioxidantes asociados. Además, el consumo de café parece aumentar la población de *Bifidobacterium spp.* y su actividad metabólica, lo que indica que su consumo podría tener algunos efectos prebióticos (Jaquet et al., 2009).

Por su parte, da Silveira et al. (2007) mencionan que algunas aminos bioactivas, presentes en la infusión de café, parecen ser necesarias para el desarrollo y crecimiento normales, la respuesta al estrés, la inhibición de la peroxidación lipídica, la estabilización de las membranas, la maduración del tracto gastrointestinal, así como efectos vasoactivos o psicoactivos.

1.5. LOS CAFÉS DE ESPECIALIDAD

En este subcapítulo se pone en contexto la investigación realizada en un segmento del mercado que valora precisamente a la bebida como una fuente de satisfacción a través de la experiencia olfativa y del gusto, en concordancia con lo establecido por Desmet y Schifferstein (2008). Desde la perspectiva del mercado del café, Kolk (2012) distingue dos tipos: el mercado "fuera del hogar", que incluye el consumo en restaurantes, cafeterías, máquinas expendedoras y

oficinas; y el comercio al por menor que se realiza en super/hipermercados y en tiendas especializadas (café, tiendas especializadas, comercio justo y tiendas orgánicas) para consumo en el hogar. Por tanto, el café de especialidad se debe entender en un segmento de consumo de comercio al por menor.

El concepto de cafés de especialidad está en constante evolución desde hace 40 años. Rinehart (2009) atribuye el concepto inicial de "café especial" a Erna Knutsen en 1978, definiéndolo como los granos de café con perfiles de sabor únicos producidos en microclimas geográficos especiales. A pesar de no haber consenso, en la actualidad se considera como café de especialidad a los cafés que están diferenciados y que, además, son capaces de merecer un premio (Ponte, 2002; Kwast, 2010).

La diferenciación en el mercado ocurre cuando un producto ofrecido es diferenciado por el consumidor de su competidor en alguna característica física o no física, incluyendo el precio (Dickson y Ginter, 1987; Clause, 2003). En síntesis, un café de especialidad se puede definir como un producto diferenciado, por su calidad y/o por su origen geográfico y/o certificado, para su venta al por menor a un grupo de consumidores específico que lo reconoce y que está dispuesto a pagar un sobreprecio. En relación con esta definición se detallan las características de los cafés de especialidad por su tipo de diferenciación.

Daviron y Ponte (2005) distinguen tres tipos de diferenciación del café en base a: (i) las características intrínsecas del producto, (ii) las características simbólicas y (iii) los servicios personalizados².

1.5.1. Cafés diferenciados por sus características intrínsecas

Para Sepúlveda (2016), el sabor es uno de los aspectos intrínsecos más importantes del café de especialidad, sin embargo, las características intrínsecas de acuerdo con las normas de la Asociación de Cafés de Especialidad³ se establecen tanto para el grano como para la bebida. En la figura 1.3 se muestra la carta de las especificaciones físicas del grano y sensoriales de la bebida que definen al café de especialidad.

1.5.1.1. Características físicas del grano

Las características físicas del grano de café de especialidad se definen en el protocolo de la SCAA (2009). De acuerdo a éste, para determinar si es un café de especialidad se evalúa una submuestra de 350 g de café verde (figura 1.3) y se valora si cumple los siguientes parámetros: estar libre de olores extraños, el color del grano debe estar entre amarillo pálido y azul-verde dependiendo del origen, tipo de proceso o añejamiento; la humedad del grano debe estar entre el 10 y el 12%, la masa de café debe tener un 95% de tamaño uniforme de acuerdo a un rango de tamaño de grano acordado entre comprador y vendedor. Debe incluir un máximo de 5 granos con defectos secundarios, sin granos vanos al tueste.

² Los servicios personalizados se refieren a aquellos servicios que prestan y proporcionan las empresas que comercializan café a sus clientes para comunicarse directamente y hacer sugerencias, ampliar la información sobre el producto o servicio en cuestión, solicitar información adicional y/o solicitar servicio técnico.

³ En la actualidad esta organización se denomina Asociación de Cafés de Especialidad (SCA por sus siglas en inglés) y se refiere a la fusión de la Asociación Americana de Cafés de Especialidad y la Asociación de Cafés de Especialidad de Europa (SCAE por sus siglas en inglés).

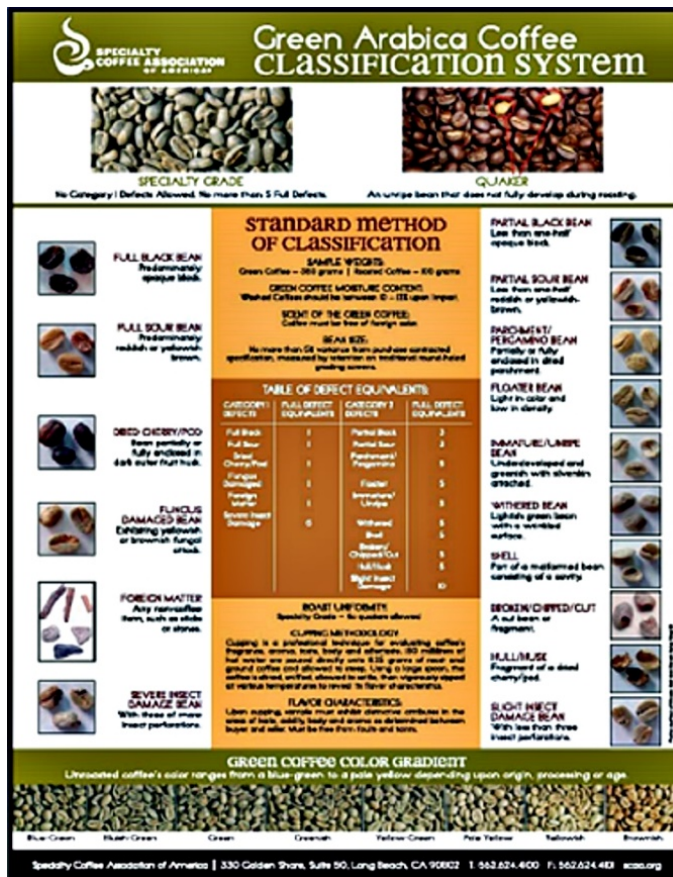


Figura 1.3. Norma para el grano de café arábica verde de especialidad emitida por la Specialty Coffee of America. Tomado de: Kopikopen (2018).

1.5.1.2. Características de la bebida

Las características de la bebida la definen jueces expertos certificados “Q grader” por el Instituto de la Calidad del Café (CQI por siglas en inglés) de EE.UU. Para la determinación de las características de la bebida el procedimiento que se aplica es el protocolo Q de la SCAA (SCAA, 2015). Para definir si la bebida es de especialidad el catador valora 12 atributos: fragancia/aroma⁴, sabor, regusto, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzor, defectos (cuyo valor se resta), más la puntuación general del catador. En el sistema Q, cada atributo se valora en una escala de dieciséis (16) unidades que representan los niveles de calidad con intervalos de 0.25 (un cuarto de punto) entre los valores de "6" y "9". Para los cafés considerados buenos, el rango está entre 6.00 y 6.75; Muy bueno, 7.00 a 7.75; Excelente, 8.00 y 8.75; y excepcional, entre 9.00 y 9.75 puntos. Al final de la evaluación, los 12 atributos calificados se suman para obtener una puntuación final cuyo máximo valor es de 100 puntos. La puntuación final de las muestras, o puntuación Q, es un valor que sintetiza la estimación de la intensidad de los atributos, la calidad y frecuencia de las notas aromáticas mediante el registro de preferencias establecidas por un grupo de expertos (del CQI) en el mercado de especialidad. La evaluación global se basa en la memoria sensorial que tiene un catador, siempre refiriéndose

⁴ Técnicamente de acuerdo con la norma ISO 5492 (2010) el término correcto sería olor para la evaluación por el órgano olfativo de forma directa y aroma para la evaluación por vía retronasal. De acuerdo con Meilgaard et al. (1999) consideran la fragancia como el olor de un perfume o cosmético. Sin embargo, en el protocolo de la SCAA la fragancia se distingue del aroma, la primera corresponde al olor del polvo del café y la segunda el olor de la infusión antes de tragarse.

a los cafés del mismo origen y naturaleza (SCAA, 2015). La calidad del café se clasifica de acuerdo con la puntuación final, un café de especialidad debe reunir como mínimo 80 puntos. Además de la puntuación de las variables medidas en el protocolo Q, se describe el perfil aromático presente en la fragancia/aroma, flavor y regusto de la bebida (bouquet) usando como referencia las esencias de Le Nez du Café (Lenoir, 2008). Así, la bebida del café de especialidad de acuerdo con SCAA (2015) “debe exhibir atributos distintivos en el sabor, acidez, cuerpo y aroma determinados entre el comprador y el vendedor, así como de estar libre de contaminaciones y defectos” (figura 1.4).



Figura 1.4. Sesión de cata de cafés de especialidad con catadores Q certificados en China. Fuente: COI (2018).

1.5.2. Cafés diferenciados por sus características simbólicas

Para Sepúlveda et al. (2016) las características extrínsecas están vinculadas a los sistemas de producción. Se entiende que los sistemas de producción tienen una connotación geográfica, es decir, se circunscriben en un espacio territorial, aunque los procesos agrícolas y agroindustriales pueden ser objeto también de una certificación. Sin embargo, Niederhauser et al. (2008) especifican que las características de calidad simbólicas están normalmente asociadas con un área de producción en particular, sistema de producción o contexto social. Para Vellemaa et al. (2015) los atributos simbólicos son creados a través de indicaciones de origen geográficas o etiquetas de sostenibilidad.

1.5.2.1. Indicaciones geográficas de origen

El origen del café es un atributo diferenciador que siempre ha existido en el mercado desde sus inicios. El uso de las protecciones legales, como las Denominaciones de Origen o Marcas Certificadas, en la actualidad es una tendencia creciente en este tipo de diferenciación (SCAA, 2006; Neilson, 2007; Suh y MacPherson, 2007; Bowen, 2010; Kireeva y O'Connor, 2010; Teuber, 2010; Oberthür et al., 2012; Teuber y Herrmann, 2012; Wilson et al., 2012). Así, "Jamaica Blue Mountain" han sido registrado como una marca certificada en los Estados Unidos desde 1986 y el café no sólo debe provenir de un área legalmente definida, sino que sólo cuatro empresas pueden procesar y vender el café legalmente con la marca.

Un problema de los cafés de origen es que su regulación y protección es inexistente o bastante laxa, por lo que es muy común que exista mal uso de los nombres de los orígenes en el mercado, motivados por los precios que pagan los consumidores por éstos. A este respecto,

Teuber (2010) mostró las diferencias en precios entre los diferentes orígenes, donde los de mayor valor en los EE.UU. son el café Jamaica Blue Mountain y Kona de Hawai (figura 1.5). Por tanto, puede presentarse usurpación de los nombres de origen motivados por fallos en el control de las indicaciones geográficas en cada país consumidor. Por ejemplo, Ferguson (2001) referencia casos de fraude con designaciones de origen como Moka de Yemen o Java de Indonesia. Incluso, describe el caso emblemático y bien documentado de una empresa que en 1996 fue sorprendida etiquetando bolsas que contenían 87% de café verde de Centroamérica como "Pure Kona" de Hawai lo que marcó un precedente para su protección legal en los EE.UU. Este autor, también señala que cada año más de 50 millones de libras de café etiquetado como Antigua de Guatemala se venden en el mundo, sin embargo, la región de Antigua no produce más de 6 millones de libras anuales, por los que los miembros de la Asociación de Productores de Café Antigua (APCA) señalan que este exceso de "falsa" Antigua en el mercado es una de las razones por las que reciben precios que no reflejan el verdadero valor de su café. Otro caso lo documenta la SCAA (2006) para los cafés de Etiopía y el uso que se hace de los nombres de origen para su café por parte de empresas distribuidoras.

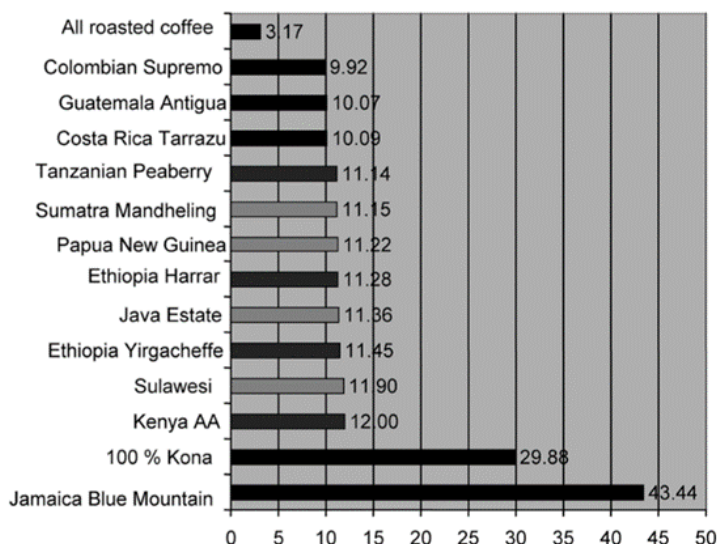


Figura 1.5. Precio promedio en dólares por libra de venta al por menor de café de los orígenes con más reputación en el mercado de EE.UU. (Teuber, 2010).

Existe la necesidad de proteger legalmente los orígenes como el ejemplo del café de Hawai que ha obtenido una marca de certificada "100% Kona Coffee" por parte del Departamento de Agricultura del Estado de Hawai. Como este caso se han protegido cafés de otros orígenes mediante Denominaciones de Origen como el Café Veracruz de México, el Café de Colombia y otros que están en proceso (Teuber, 2010). Sin embargo, lo importante es conocer las características que tienen estos cafés que lo hacen diferentes unos de otros. Por tanto, también existe la necesidad de realizar los estudios que vincule las características del café debidas al lugar de origen con instrumentos de protección legal como pueden ser las marcas certificadas (MC) o las Denominaciones de Origen (Teuber, 2010; Oberthür et al., 2011).

1.5.2.2. Certificaciones de sostenibilidad

El café diferenciado con base en alguna clase de certificación o etiqueta se refiere siempre como café sostenible (Raynolds, 2009; Kolk, 2012). Elder et al. (2014) mencionan que los primeros sistemas de certificación del café sostenible (comercio justo y ecológico) surgieron de amplios movimientos de la sociedad civil dirigidos a combatir la pobreza y las adversas condiciones ambientales y sociales de los agricultores de los países productores. El movimiento del comercio justo en café comenzó hace más de 40 años, promovido por organizaciones no gubernamentales, en Norteamérica y Europa. El Comité Central Menonita, la Iglesia de los Hermanos y, más tarde, Oxfam, Cáritas, Twin Trading y otras organizaciones trabajaron para generar mercados en los países ricos para productos (principalmente artesanales al principio) producidos por personas de escasos recursos y/o marginadas en países en desarrollo (Jaffee, 2007). En 1972, se estableció la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) para unir los diversos movimientos (IFOAM, 2011). En los años 70's y 80's, el café procedente del comercio justo y de producción ecológica se vendieron en América del Norte y Europa en tiendas especializadas con el objetivo de crear un sistema de "comercio alternativo" al mercado principal para desafiar la economía mundial capitalista. Las ventas de café a través de tiendas alternativas crecieron rápidamente; sin embargo, el volumen de ventas no fue lo suficientemente importante para modificar sustancialmente la vida de los agricultores (Jaffee, 2007).

El etiquetado de cafés sostenibles se inició como una forma de introducirlos en los principales mercados y que pudiesen competir con los cafés convencionales. En 1989, la agencia de desarrollo holandesa Solidaridad inició la primera etiqueta de café de comercio justo, Max Havelaar, para intentar aumentar el volumen de ventas de café de comercio justo y, por tanto, el impacto en los agricultores. Varias organizaciones en Europa y América del Norte siguieron el ejemplo, creando etiquetas de comercio justo a finales de los años ochenta y principios de los noventa. Estas iniciativas de etiquetado se unieron en 1997 con el Fairtrade Labelling Organizations International (FLO, ahora llamado Fairtrade International) para crear un sistema estandarizado de certificación Fairtrade en todo el mundo. La etiqueta asegura a los consumidores que los productores y comerciantes de café cumplen con los estándares sociales, ambientales y económicos de producción y comercio justo (Raynolds, 2002).

En 1995, la IFOAM lanzó normas de etiquetado ecológico para el café, formalizando la regulación de las condiciones ambientales de la producción de café (Coffee Coalition, 2006). La Rainforest Alliance, una ONG formada con el objetivo de prevenir la destrucción de la selva tropical, también comenzó a certificar fincas de café en 1995 como una forma de promover la conservación de la biodiversidad y el desarrollo social (Giovannucci y Potts, 2008). Un año más tarde, el Smithsonian Migratory Bird Center creó la etiqueta Bird Friendly, comercializando el café cultivado de acuerdo con los estándares ecológicos y bajo una cubierta de sombra como una manera de proteger el hábitat de las aves en las áreas de cultivo de café (Smithsonian Migratory Bird Center, 2011). Antes de 2000, estos "cafés sostenibles" se vendían casi exclusivamente por empresas dedicadas a la sostenibilidad y a mejorar las condiciones de los agricultores (Elder et al., 2014).

Elder et al. (2014) mencionan que las ONG's en respuesta a la presión y la demanda de los consumidores, los principales tostadores y distribuidores, comenzaron a vender cafés sostenibles certificados a principios de los años 2000. Starbucks fue la primera gran empresa en aceptar la venta de café certificado Fairtrade (en abril de 2000), bajo la presión de una campaña de ONG liderada por Global Exchange. En 2003, Global Exchange, Oxfam America, Coop America, Interfaith Fair Trade Initiative y los accionistas de la compañía impulsaron a Procter & Gamble

a ofrecer café certificado Fairtrade a través de su división Millstone. Ese mismo año, la Coalición para el Café (un grupo de siete organizaciones de desarrollo y dos sindicatos) presionó a Sara Lee para que vendiera café Fairtrade mediante el lanzamiento de una campaña de concienciación de los consumidores.

A medida que la certificación del café creció en popularidad, también lo hizo el mercado del café especializado y, por tanto, las empresas multinacionales de tostado comenzaron a desarrollar iniciativas privadas para mejorar tanto su reputación como su calidad. Las empresas de tostado como Kraft y Nestlé comenzaron a reconocer que las diversas marcas etiquetadas Fairtrade o como ecológicas habían creado "problemas importantes de imagen para la industria tradicional del café en su conjunto" y que los bajos precios no sólo eran malos para los agricultores sino también malos para su negocio (Oxfam, 2002). La empresa multinacional de café Ahold fundó en 1997 el sistema de certificación Utz en colaboración con los cafetaleros guatemaltecos para alentar a las empresas de café convencionales a cumplir con las pautas de prácticas agrícolas del EuropGAP, así como otras normas sociales. En 2002, la Fundación Utz Kapeh fue creada para ejecutar Utz Certified como una tercera certificación independiente de Ahold. En el mismo año, Kraft, Nestlé y Sara Lee formaron la Asociación 4C con grupos de productores y ONGs para desarrollar un código de conducta para fomentar prácticas sostenibles en la producción de café a través de la industria. Las empresas mismas verifican el código de conducta de 4C a través de un sistema de control interno integrado en su modelo de negocio, a diferencia de sistemas de etiquetado como Fairtrade y ecológicos que utilizan la certificación de estándares de terceros (Elder et al., 2014). Además, mencionan que cada vez son más las cadenas internacionales (Walmart, Costco, Starbucks, McDonald's y Dunkin' Donuts) que están impulsando el mercado de café especial de grado superior, particularmente el café que cumple con los estándares voluntarios de producción sostenible (incluyendo Fairtrade, Organic, Rainforest Alliance, Utz Certified y CAFÉ Practices).

1.5.3. Café diferenciado debido a los servicios personalizados

Esta diferenciación del café de especialidad, que considera el valor de los servicios personalizados, únicamente puede ser creada en el punto de consumo, a través de la interacción entre el proveedor y el consumidor y entre consumidores. Al respecto no se encontraron investigaciones relevantes realizadas para estudiar este tipo de diferenciación, solo se puede comentar que la SCA ha rediseñado su organización para prestar servicios de formación y asistencia técnica a pequeñas empresas que se inician en el negocio del café de especialidad para profesionalizar los servicios de las barras de café. Por tanto, la SCA ofrece formación de baristas certificados (profesionales en la preparación del café) para que se eduque al consumidor y se mejore la experiencia del consumo de este tipo de café, sobre todo, en el reconocimiento del bouquet de la bebida de los diferentes orígenes (figura 1.6).

Finalmente, los cafés de especialidad representan una oportunidad de mercado, pero también una sofisticación tecnológica. Esto, por una parte, contribuye a que el consumidor pueda reconocer y diferenciar estos cafés, lo que ha supuesto que la demanda en los últimos años haya crecido más que la producción. Por otra parte, implica la diferenciación de la producción y transformación del café en los lugares donde se originan, lo cual implica todo un reto tecnológico que permite la transformación de los caficultores y la incorporación de nuevos que conozcan las exigencias de este mercado y reconozcan las características de su café.



Figura 1.6. Cafés que cumplen con las normas de especialidad, de origen y certificados de sostenibilidad que se ofertan en el mercado electrónico (Fotografía de Boulder Organic Coffee, 2018).

1.6. STATUS QUÆSTIONIS DEL ANÁLISIS SENSORIAL EN CAFÉ

La norma ISO 5492 (2008) define el análisis sensorial como la “ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos”. Stone y Sidel (2004) consideran a la evaluación sensorial como un método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar aquellas respuestas a los productos percibidas a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído. A estas definiciones es necesario incorporar la complejidad que implican las respuestas a los estímulos, sobre todo, cuando se trata de estudios con consumidores. Iannario et al. (2012) incorporan una versión subjetiva ya que precisan que el análisis sensorial expresa preferencias y reacciones con respecto a las características de los alimentos y bebidas. Señalan que la respuesta expresada es el resultado de una decisión humana e indican que hay que asumir que este proceso es el resultado de complejas interacciones condicionadas por la historia personal, variables ambientales, covariables subjetivas y características de los alimentos, que también interactúan con la modalidad de la encuesta o estudio que se realice. Por tanto, el análisis sensorial comprende el estudio de las respuestas humanas (de jueces sensoriales y/o consumidores) para caracterizar, clasificar, categorizar, seleccionar, aceptar y/o elegir los productos mediante la percepción sensorial.

El análisis sensorial ayuda a determinar objetivamente las características organolépticas de los alimentos (utilizando un panel de catadores entrenado), a conocer las reacciones subjetivas de los consumidores y a conocer las relaciones existentes entre ambas respuestas (objetivas y subjetivas). Por tanto, el análisis sensorial es una herramienta básica que se aplica desde la producción del alimento, durante el procesado y conservación, en el desarrollo de productos y hasta su distribución para asegurar que las propiedades sensoriales de los alimentos sean las que los consumidores prefieren. Las empresas agroalimentarias más exitosas incorporan el análisis sensorial dentro de su estructura lo que garantiza la calidad de los productos que ofrecen.

Iannario et al. (2012) mencionan que el análisis sensorial es una de las herramientas que puede utilizar la industria alimentaria para entender el mercado objetivo de un producto, identificar las características organolépticas más importantes, reducir tiempos durante el desarrollo del producto, incrementar la vida útil, comparar con productos de otras marcas y tratar de incrementar la vida útil. Resaltan que una medida cuantitativa de la apariencia, aroma, sabor y textura de un producto alimenticio es crítica para establecer estándares de calidad y evaluar posibles cambios de la misma. Por tanto, estos autores señalan que las decisiones de marketing pueden aprovecharse de la evaluación sensorial hecha tanto por consumidores/clientes como por expertos; en el primer caso, porque se pueden conocer las preferencias del mercado y, en el segundo caso, porque los expertos permiten identificar las características de los alimentos que explican las preferencias de los consumidores. Dzung et al. (2004) también enfatizan que el análisis sensorial funciona como un mecanismo de reducción de riesgos tanto para investigadores como para las personas responsables del marketing.

1.6.1. El análisis sensorial en el comercio del café

Existen diferentes normas que se aplican para comercializar el café, desde las que se usan a nivel regional, nacional y hasta las que rigen los principales mercados internacionales, como las emitidas por la bolsa de Londres o de Nueva York para los cafés convencionales, o como las de la Asociación de Cafés de Especialidad (SCA) que rigen los mercados de los cafés de especialidad. En la mayoría de las normas, la prueba de cata es la que define el grado de calidad y es dictaminada por “catadores expertos”. Este procedimiento se utiliza desde los inicios del siglo XX, según reporta Ukers (1922), y no ha cambiado respecto al que se utiliza actualmente. Feria-Morales (2002) establece que los catadores de café usan la opinión personal y la experiencia acumulada en años de degustación, están entrenados para distinguir pequeñas diferencias entre las muestras de café y para describir una amplia variedad de café. En el comercio del café la calificación de la calidad tiene una base empírica y subjetiva, tal y como se observa en las principales normas y protocolos de cata de café vigentes en los mercados más importantes (Di Donfrancesco, 2014; Ribeiro et al., 2017).

Con respecto al uso de catadores expertos como método de control de calidad, Costell (2002) menciona que el problema es asignar un nivel de calidad a un producto utilizando como referencia un estándar determinado por un grupo de catadores expertos. Señala que la crítica se basa principalmente en dos aspectos: la posible falta de concordancia entre los expertos y la falacia de suponer que la opinión de los expertos representa la de los consumidores. Por tanto, es necesario incorporar procedimientos más sistemáticos y objetivos como los que se establecen en las normas ISO 5492 (2008), ISO 3972 (2011) e ISO 8586 (2012). Para que el patrón aplicable esté fundamentado en referencias claras, los catadores deben demostrar alta sensibilidad sensorial, deben ser entrenados y evaluados para determinar su eficacia para valorar los productos. Por tanto, el control de la calidad del café debe fundamentarse en el análisis sensorial y debe determinarse mediante un panel de jueces entrenados. En las investigaciones más recientes sobre café, jueces experimentados y entrenados utilizan la metodología del análisis descriptivo cuantitativo (Bhumiratana et al., 2011; Kreuml et al., 2013; Sanchez y Chambers, 2015; y Chambers et al., 2016). Es de esperar que estas experiencias permitirán a medio plazo incorporar en la industria y el comercio el análisis sensorial. Aun así, es necesario realizar más estudios y definir protocolos *ad hoc*, para cambiar las normas y la forma en que se realiza la gestión de la calidad en la red de suministro y en el consumo de café.

1.6.2. Investigaciones de análisis sensorial en café

El café es una bebida con mucha complejidad, no sólo desde el punto de vista químico sino también sensorial, fisiológico e, incluso, psicosocial. Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados hasta hoy, donde son aplicadas técnicas de análisis sensorial, se enfocan en los componentes aromáticos que son particularmente importantes en las bebidas de café. De acuerdo con Illy y Viani (2005), las propiedades sensoriales, en especial sus componentes aromáticos, pueden ser afectadas por factores como la variedad, la zona de producción, las condiciones de cultivo, el método de procesado, el almacenamiento, el nivel de tostado, el grado de molienda y los métodos de elaboración de la bebida antes de consumirla.

1.6.2.1. Compuestos aromáticos del café

Desde principios de 1900 se han llevado a cabo estudios para descubrir los compuestos volátiles responsables del aroma y sabor del café en el grano tostado, el café molido y el café elaborado (Sarrazin et al., 2000). Sin embargo, encontrar la relación entre el contenido de los cientos de compuestos volátiles presentes en el café y su complejo aroma no es una tarea fácil (Nebesny y Budryn, 2006). Algunos estudios han relacionado los compuestos no volátiles con algunos atributos sensoriales como el amargor, acidez, dulzor y la textura sensorial de la bebida (Clifford, 2000; Ginz et al., 2000; Bradbury, 2001; Ginz y Engelhardt, 2001; Speer y Kölling-Speer, 2001; Buffo y Cardelli-Freire, 2004; Farah et al., 2005; Maier, 2005; Savonitti, 2005; Farah et al., 2006; Higdon y Frei, 2006; Oestreich-Janzen, 2010; Liu y Kitts, 2011; Lean y Crozier, 2012).

Por tanto, el aspecto más complejo desde el punto de vista sensorial lo constituye el perfil aromático de la bebida debido a los compuestos volátiles (Sunarharuma et al., 2014). Se han identificado más de 1000 compuestos volátiles, aunque se ha encontrado que tan solo unos 20-30 compuestos pueden ser importantes para el aroma de cualquier tipo de café. Los compuestos volátiles de café provienen de numerosos precursores encontrados en el grano y de reacciones químicas que ocurren particularmente durante el tostado (Czerny y Grosch, 2000, Grosch et al., 2000; Mayer et al., 2000; Mayer y Grosch, 2001; Grosch, 2001; Sanz et al., 2002; Akiyama et al., 2003; Kumazawa y Masuda, 2003; Buffo y Cardelli-Freire, 2004; Kuballa et al., 2005; Akiyama et al., 2007; Crews y Castle, 2007; Huang et al., 2007; Scheidig et al., 2007; Czerny et al., 2008; Risticvic et al., 2008; Toci y Farah, 2008; Belitz et al., 2009; Ribeiro et al., 2009; Burdock, 2010; Michishita et al., 2010, Ribeiro et al., 2010; Cheong et al., 2011; , Ribeiro et al., 2012; Yeretizian et al., 2012; Borém et al., 2013; Cheong et al., 2013).

Sunarharuma et al. (2014) discuten la correlación de los datos de composición química con los atributos sensoriales y resaltan el hecho de que existen pocos estudios que correlacionan los atributos fisicoquímicos y sensoriales para entender el flavor del café. Mencionan que el análisis estadístico multivariante está ayudando a discriminar con éxito las características aromáticas del café como lo demuestran las investigaciones realizadas por Pérez-Martínez et al., 2008; Bhumiratana et al., 2011 y Ribeiro et al., 2012. Por otra parte, mencionan que los pocos estudios (Akiyama et al., 2008; Pérez Martínez et al., 2008; Ribeiro et al., 2009; Bhumiratana et al., 2011 y Ribeiro et al., 2012) que han correlacionado datos fisicoquímicos y sensoriales analizan una gama limitada de tipos de café

Sunarharuma et al. (2014) hacen una revisión de los componentes químicos volátiles y no volátiles identificados en el café arábica, que se cree que contribuyen a las diversas propiedades aromáticas y sensoriales de este tipo de café en todo el mundo (tabla 1.1).

Tabla 1.1. Compuestos aromáticos importantes identificados en el café arábica (Sunarharuma et al., 2014).

Olores claves identificados	Concentración in café	Descripción del olor**	Umbral sensorial
<i>Aldehidos</i>			
2-metilbutanal ¹⁻⁴	20,700 ²	–	1.3 ²⁶
2-metilpropanal ⁵	–	mantecoso, aceitoso ²⁷	–
3-metilbutanal ^{1-4,6,7}	18,600 ²	maltoso ¹¹	0.35 ²⁶
(E)-2-nonenal ^{8,9}	19 ¹⁴	–	0.08 ²⁷
3-metilpropanal ¹⁰	–	–	–
acetaldehido ^{1,2,4}	139,000 ²	–	0.7 ^{a,28}
metilpropanal ^{1,2,4,7}	32,300 ²	–	0.7 ²⁶
p-anisaldehido ¹¹	–	menta ¹¹	27 ^{b,29}
fenilacetaldehido ^{12,13}	–	frutal dulce ¹²	–
propanal ^{1,2}	17,400 ²	–	10 ²⁶
<i>Acidos</i>			
ácido 2-metilbutírico ^{11,12}	25,000 ⁴	sudor ¹⁴	10 ²⁸
ácido 3-metilbutírico ^{3,8}	18,060–32,180 ^{4,15}	sudor ¹¹	700 ^{c,30}
<i>Ésteres</i>			
etil-2-metilbutirato ¹⁴	3.9 ¹⁴	frutal ¹⁴	0.5 ^{d,14}
etil-3-metilbutirato ¹⁴	14 ¹⁴	frutal ¹⁴	0.6 ^{d,14}
<i>Furanos</i>			
furfural ^{10,15}	5880–19,370 ¹⁵	–	280 ^{a,28}
2-((metiltio)metil)furano ¹²	–	humo–tostado ¹²	–
acetato 2-furanometanol ¹⁰	24,520–40,040 ¹⁵	–	–
2-metilfurano ¹⁰	–	–	–
5-metil-2-furancarboxialdehido ^{10,12}	–	–	6,000 ^{a,28}
furfurilformiato ¹³	–	–	–
furfurilmetil eter ¹³	–	–	–
furfurilformato ¹⁰	4060–6,420 ¹⁵	–	–
furfurildisulfido ¹³	–	–	–
<i>Compuesto que contienen azufre</i>			
dimetil trisulfido ¹²	28 ¹⁹	repollo ²⁸	0.001 ²⁷
bis(2-metil-3-furil)disulfido ¹¹	–	cárnico ¹¹	0.00076 ^{b,29}
metional ^{3,11,16,17}	213–240 ^{14,22}	patata hervida ¹¹	0.2 ¹⁶
<i>Tioles</i>			
3-mercapto-3-metilbutilformato ^{3,7,11,12,16,17}	130 ¹⁶	grosella verde ¹²	0.0035 ⁵
2-furfuriltiol ^{1-5,8,11,12,14,16,17}	1080–5,080 ^{9,15,16}	tostado (como café	0.01 ¹⁶
2-metil-3-furantiol ^{1,11}	60–68 ^{2,4}	cárnico, cocido ¹¹	0.007 ²⁷
3-mercapto-3-metilbutilacetato ¹⁸	7.518	tostado ¹⁸	–
3-metil-2-buten-1-tiol ^{3,19}	13 ⁴	como amina ¹⁹	0.0003 ⁵
metanetiol ^{7,16}	4,550 ²³	–	0.02 ²⁷
<i>Tiofeno</i>			
3-metiltiofeno ¹⁰	–	–	–
<i>Tiazol</i>			
2,4-dimetil-5-etiltiazol ¹¹	–	terroso,tostado ¹¹	–

Olores claves identificados	Concentración in café	Descripción del olor**	Umbral sensorial
dihidro-2-metil-3(2H)-furanona ^{13,19}	7580-30,000 ^{15,24,25}	–	0.005 ^{e,31}
2-etil-4-hidroxi-5-metil-3(2H)-furanona ^{2,3}	16,800 ²	dulce de caramelo ¹³	20 ⁷
3-Hidroxi-4,5-dimetil-2(5H)-furanona	1.1–1,470 ^{2,14,16}	dulce de caramelo ¹³	20 ¹⁶
4-Hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona	10,930–112,000 ^{2,15,16}	dulce de caramelo ¹²	10 ¹⁶
5-Etil-3-hidroxi-4-metil-2(5H)-furanona	104–160 ^{2,16}	condimento, caramelo ¹¹	7.5 ¹⁶
5-etil-4-hidroxi-2-metil-3(2H)-furanona ¹⁶	17,300 ¹⁶	dulce de caramelo	1.15 ¹⁶
<i>Cetona</i>			
1-octen-3-ona ¹²	–	hongos ²⁸	0.0036 ^{b,29}
2,3-hexadiona ¹³	–	–	–
2,3-butanediona ^{3,4,5}	48,400–50,800 ^{2,7}	mantecoso, aceitoso ¹²	0.3 ^{a,28}
2,3-pentanediona ^{3,4,5,6}	3540–39,600 ^{2,15,7}	mantecoso, aceitoso ¹²	20 ^{a,28}
3,4-dimetilciclopentenol-1-ona ¹⁹	–	caramelo, dulce ¹¹	–
4-(4'-hidroxifenil)-2-butanona ^{12,20}	1 ²⁰	frutal dulce ¹² (frambuesa)	1–10 ³²
1-(2-furanyl)-2-butanona ¹⁰	–	–	–
<i>Norisoprenoides</i>			
(E)-β-damascenona ^{3,7,11,14,16}	195–255 ^{2,14,16}	miel, frutal ¹¹	0.00075 ¹⁶
<i>Compuestos fenólicos</i>			
guayacol ^{2,11,16,17,19}	2000–17,970 ^{2,15,16,25}	fenólico, quemado ¹¹	2.5 ¹⁶
4-etilguayacol ^{10-12,14,16,17,19}	800–24,800 ^{2,14,15,16,25}	especias ¹¹	25 ^{a,28}
4-vinilguayacol ^{1-3,11,12,14,16,19}	8000–64,800 ^{2,15,16,25}	especias ¹¹	0.75 ^{a,28}
vainillina ^{11,12,14,16,17}	2290–4,800 ^{2,14,16}	vainilla ¹⁴	25 ¹⁶
<i>Pirazinas</i>			
2,3-dimetilpirazina ¹⁵	2580–6,100 ¹⁵	–	800 ^{a,28}
2,5-dimetilpirazina ¹⁵	4550–11,730 ¹⁵	–	80 ^{a,28}
2,3-dietil-5-metilpirazina ^{1-3,11,12,16,17,19}	73–95 ^{2,16}	nueces tostadas ¹²	0.09 ^{a,28}
2-etenil-3,5-dimetilpirazina ^{1,2,17,21}	52 ²	terroso ²¹	0.000012 ^{f,21}
2-etenil-3-etil-5-metilpirazina ^{2,21}	18 ²	terroso ²¹	0.000014 ^{f,21}
2-etil-3,5-dimetilpirazina ^{1-4,10,11,12,16}	55-330 ^{2,4,16}	nueces tostadas ¹²	0.04 ³³
2-etil-3,6-dimetilpirazina ¹⁰	2570-5,980 ¹⁵	–	8.633
2-metoxi-3,5-dimetilpirazina ¹⁴	1.1 ²³	terroso	0.006 ^{f,14}
2-metoxi-3,2-metilpropilpirazina ^{3,12}	–	tierra, herbal ¹²	–
2-metoxi-3-isopropilpirazina ^{11,19}	2.4 ²³	tierra, tostado ¹¹	0.002 ^{a,28}
3-etenil-2-etil-5-metilpirazina ²¹	–	–	–
3-isobutil-2-metoxipirazina ^{2,11,14,17}	59-97 ^{2,14,16}	guisante ¹⁴	0.002 ²⁷
6,7-dihidro-5-metil-5H-etilpirazina ¹³	–	nueces tostadas ²⁷	–
	–	–	4,000 ^{a,28}
<i>Piridina</i>			
piridina ¹³	21,280–65,520 ¹⁵	–	77 ¹⁶
<i>Piroles</i>			
1-metil pirol ¹³	–	notas negativas–granos	–
<i>Terpenos</i>			
linalol ^{11,12}	–	floral ¹¹	0.17 ^{b,14}
limoneno ¹¹	–	–	4 ^{a,28}
geraniol ^{12,20}	–	–	1.1 ²⁹

Compuestos identificados como contribuyentes importantes, concentración medida y/o la descripción del aroma y el umbral sensorial proporcionados en las literaturas: ¹(Grosch, et al., 2000); ²(Czerny et al., 1999); ³(Akiyama et al., 2003); ⁴(Mayer y Grosch, 2001); ⁵(Holscher y Steinhart, 1992); ⁶(Ribeiro et al., 2010); ⁷(Semmelroch y Grosch, 1996); ⁸(Michishita, et al., 2010); ⁹(Tressl y Silwar, 1981); ¹⁰(Ribeiro et al., 2009); ¹¹(Blank et al., 1992);

¹²(Akiyama et al., 2007); ¹³(Ribeiro et al., 2012); ¹⁴(Czerny y Grosch, 2000); ¹⁵(Cheong et al., 2013); ¹⁶(Semmelroch y Grosch, 1995); ¹⁷(Mayer et al., 2000); ¹⁸(Kumazawa y Masuda, 2003); ¹⁹(Blank et al., 1991); ²⁰(Akiyama et al., 2008); ²¹(Czerny et al., 1996); ²²(Clarke y Vitzhum, 2001); ²³(Grosch, 2001); ²⁴(Gianturco et al., 1964); ²⁵(Silwar et al., 1987); ²⁶(Milo y Grosch, unpublished); ²⁷(Belitz et al., 2009); ²⁸(Burdock, 2010); ²⁹(Czerny et al., 2008); ³⁰(Salo, 1970); ³¹(Barrett, Halsey y Peppard, 1983); ³²(Larsen y Poll, 1992); ³³(Buttery y Ling, 1997).

*Los autores reportan las concentraciones de compuestos dentro del rango indicado, estas concentraciones se relacionan con polvo o granos de café arábica tostado (peso/peso) (no con infusión de café). En los casos en que no se menciona ninguna concentración, no se pudo encontrar en la literatura.

**Descripción del aroma procedente únicamente de la literatura sobre el café

***Cuando se encontraron dos o más umbrales de detección sensorial, se presenta la más baja. Todos los umbrales sensoriales se determinaron en agua excepto: ^amatriz desconocida; ^bumbral medido por compuestos diluidos en etanol primero a una concentración definida y luego disuelto en agua, para el linalol como R-linalool; ^cen solución de etanol 9,5%; ^dumbral en celulosa; ^een ale; ^fen el aire.

En esta revisión establecen que el conocimiento sobre la composición química del flavor del café es importante, pero la medición fiable y la clasificación de los componentes del aroma en el café en ausencia de información sensorial de buena calidad no permite describir efectivamente la importancia o la naturaleza de la contribución de componentes individuales o de grupos de flavor en el café. Además, mencionan que la propia matriz del café interactúa con los volátiles y tiene un gran impacto en el flavor percibido, evaluado a nivel sensorial. Por lo tanto, relacionar todos los componentes del café y la calidad sensorial conducirá a una comprensión más profunda del flavor del café. Por ejemplo, elucidar qué compuestos causan el aroma a nuez, cacao, caramelo, afrutado, etc. o cuales son los procesos individuales implicados en su formación. Este conocimiento ayudará a la industria del café a obtener el flavor deseado modificando el procesado o la técnica de manejo de la finca (Sunarharuma et al., 2014).

Así, el análisis sensorial es una herramienta útil para la evaluación de la calidad de los granos de café y la bebida y conocer los factores que la condicionan. Existen pocos estudios que evalúen atributos sensoriales y el efecto del ambiente, de las formas de cultivo, la variedad, los métodos poscosecha, de tostado y de almacenamiento en los países donde se produce (Maeztu et al., 2001; Decazy et al., 2003; Marcone, 2004; Avelino et al., 2005; Da Silva et al., 2005; Pérez et al., 2005; Teixeira et al., 2005; Bertrand et al., 2006; Nebesny y Budryn, 2006; Donnet, Weatherspoon y Hoehn, 2008; Bosselmann et al., 2009; Joët et al., 2010; Duarte et al., 2010; Bhumiratana et al., 2011; Marcone, 2011; Poltronieri et al., 2011; Bertrand et al., 2012; Ongo et al., 2012; Bicho et al., 2013; Galtier et al., 2013; y Wilson y Wilson, 2014).

La mayoría de las investigaciones se concentran en la fase final de la industria y el consumo, dirigidas a conocer el efecto del proceso de tostado, almacenamiento y preparación de la bebida en la composición química de los aromas. Esto se debe a que el tostado es responsable del desarrollo del aroma y es un proceso altamente complejo dependiente de la temperatura, en el cual cientos de reacciones químicas y cambios ocurren simultáneamente. Estos cambios incluyen las reacciones de Maillard y Strecker, degradación de polisacáridos, proteínas, trigonelina y ácidos clorogénicos. La mayoría del flavor y aroma del café en el grano se desarrolla en la pirólisis (tostado), pero también otros compuestos aromáticos durante el almacenamiento del producto (tostado y/o molido) y durante la preparación de la bebida se desarrollan como lo demuestran las investigaciones de Czerny et al., 1999; Mayer et al., 1999; Casal et al., 2000, Ky et al. 2001; Eggers y Pietsch, 2001; Petracco, 2001; Schenker et al., 2002, Yeretzián et al., 2002, Ahmad et al., 2003; Akiyama et al., 2003; Andueza et al., 2003; Buffo y Cardelli-Freire, 2004; Mazzafera y Padilha Purcino, 2004; Illy y Viani, 2005; Farah et al., 2006; Ross et al., 2006; Baggenstoss et al., 2008, Keast 2008, Manzocco y Lagazio 2009; Bhumiratana et al., 2011; Makri et al., 2011; Esquivel y Jiménez, 2012; Borém et al., 2013; Gloess et al. 2013; Toci et al., 2013; Kreuml, et al., 2013 y Sanchez y Chambers, 2015.

1.6.2.2. Análisis descriptivo del café

Una tendencia importante en las investigaciones recientes sobre café se enfoca en el análisis para describir las características sensoriales específicas. En la búsqueda de información sensorial más fiable que permita la descripción precisa de los atributos sensoriales, una de las líneas de investigación es en el desarrollo de un léxico. Varios investigadores de diferentes países han llevado a cabo una serie de evaluaciones sensoriales sobre la bebida de café utilizando sus propios descriptores sensoriales, por ejemplo, para el café preparado por filtración (Narain et al., 2003, Nebesny y Budryn 2006), para el café instantáneo (Geel et al., 2005) y para el café espresso (Maeztu et al., 2001, Navarini et al., 2004, Masi et al., 2013). Uno de los primeros esfuerzos por sistematizar los descriptores de la bebida para su uso universal fue realizado por la Organización Internacional del Café (ICO, 2016), que desarrolló un total de 25 descriptores para la bebida de café, 18 descriptores para aroma, 5 descriptores para sabor y 2 descriptores para "sensación de boca". En contraposición, existe una corriente de investigadores que desarrollan descriptores regionales, como Seo et al. (2009) que desarrollaron un vocabulario consistente en 74 descriptores para el café de Corea que incluyó 16 atributos sensoriales únicos, especialmente influenciados por la cultura y el lenguaje coreanos. Por su parte Hayakawa et al. (2010) analizaron el problema de la barrera de comunicación de las sensaciones sensoriales que produce la bebida entre expertos y consumidores. Establecieron la necesidad de desarrollar un léxico para café que permita a los investigadores realizar análisis sensoriales precisos, pero también que permita la comunicación sin ambigüedad entre los que comercian el grano y la bebida, así como también sirva para educar al consumidor. Hayakawa et al. (2010) mencionan que no hay un consenso mundial en un léxico para describir el café y confirma que los descriptores sensoriales se ven afectados por la cultura y el lenguaje.

Otro caso interesante es el mercado de café de especialidad en EE.UU. desarrollado hace más de 40 años. La Asociación de Cafés de Especialidad de América (SCAA, por sus siglas en inglés) desarrolla su propio léxico que lo sintetiza en la rueda del flavor (figura 5) y está compuesto por 94 términos que se aplican a la bebida de café. Pese a que este léxico sólo se aplica al café de especialidad y, en específico, al mercado de Norteamérica, es de los más avanzados y el que se ha venido implementando en investigaciones recientes que implican el análisis sensorial (Kathurima et al., 2008; Thurston et al., 2013; Di Donfrancesco et al., 2014; Taveira et al., 2014; Tolessa et al., 2016; Pereira et al., 2017; Ribeiro et al., 2017). A diferencia del léxico generado por el ICO, uno de los avances más notables es el uso de las esencias aromáticas de Le Nez du Café (Lenoir, 2008) como referencia para descriptores de fragancia/aroma, flavor y regusto del café. Otras de las ventajas con respecto a otros léxicos, es que los descriptores se encuentran sistematizadas en una serie de láminas del "arte de la percepción del aroma del café" editadas por la SCAA. La nariz del café consta de 36 esencias aromáticas que se clasifican en grupos y subgrupos como se muestran en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Sistematización de las referencias aromáticas para describir el aroma del café del juego de esencias de Le Nez du Café.

Grupo de aromas enzimáticos	Grupo de aromas de la caramelización de azúcares	Grupo de aromas de la destilación seca	Grupo de aromas defectuosos
Subgrupo floral	Subgrupo caramelo	Subgrupo especias	Subgrupo terroso
Flor de café	Caramelo	Pimienta	Tierra
Té de rosas	Mantequilla fresca	Clavo	Cuero
Miel	Cacahuets tostados	Semillas de cilantro	Paja
Subgrupo frutal	Subgrupo nueces	Subgrupo resinoso	Subgrupo fermento
Limón	Avellanas tostadas	Jarabe de maple	Pulpa de café
Manzana	Almendras tostadas	Grosella negra	Arroz basmati
Albaricoque	Nueces	Cedro	Medicinal
Subgrupo herbal	Subgrupo chocolate	Subgrupo pirolítico	Subgrupo fenólico
Guisante	Chocolate negro	Malta	Caucho
Patata	Vainilla	Café tostado	Bistec cocido
Pepino	Tostado	Tabaco de pipa	Humo

Fuente: Elaboración propia a partir de las láminas del “arte de la percepción del café”.

Por sus características este léxico permite el entrenamiento para formar jueces expertos y sentar las bases de la investigación en análisis sensorial descriptivo en café. Si bien éstos descriptores se usan en el ámbito de los cafés de especialidad y del mercado americano, constituye un avance importante para describir el olor, flavor y regusto de la bebida. Pese a que los descriptores están en inglés y refieren a olores conocidos en el ámbito norteamericano y europeo, es posible su reconocimiento en el ámbito local y se pueden relacionar con olores conocidos en países donde se produce el café con otros nombres locales. Estas esencias se usan en el proceso de entrenamiento y certificación de catadores de café de especialidad. En la rueda del flavor del café (figura 1.7), en la mitad derecha del círculo se puede ir de lo general a lo específico del centro del círculo a la periferia, este es un recurso didáctico que facilita la comunicación entre expertos y consumidores con poca experiencia en el consumo de cafés de especialidad.

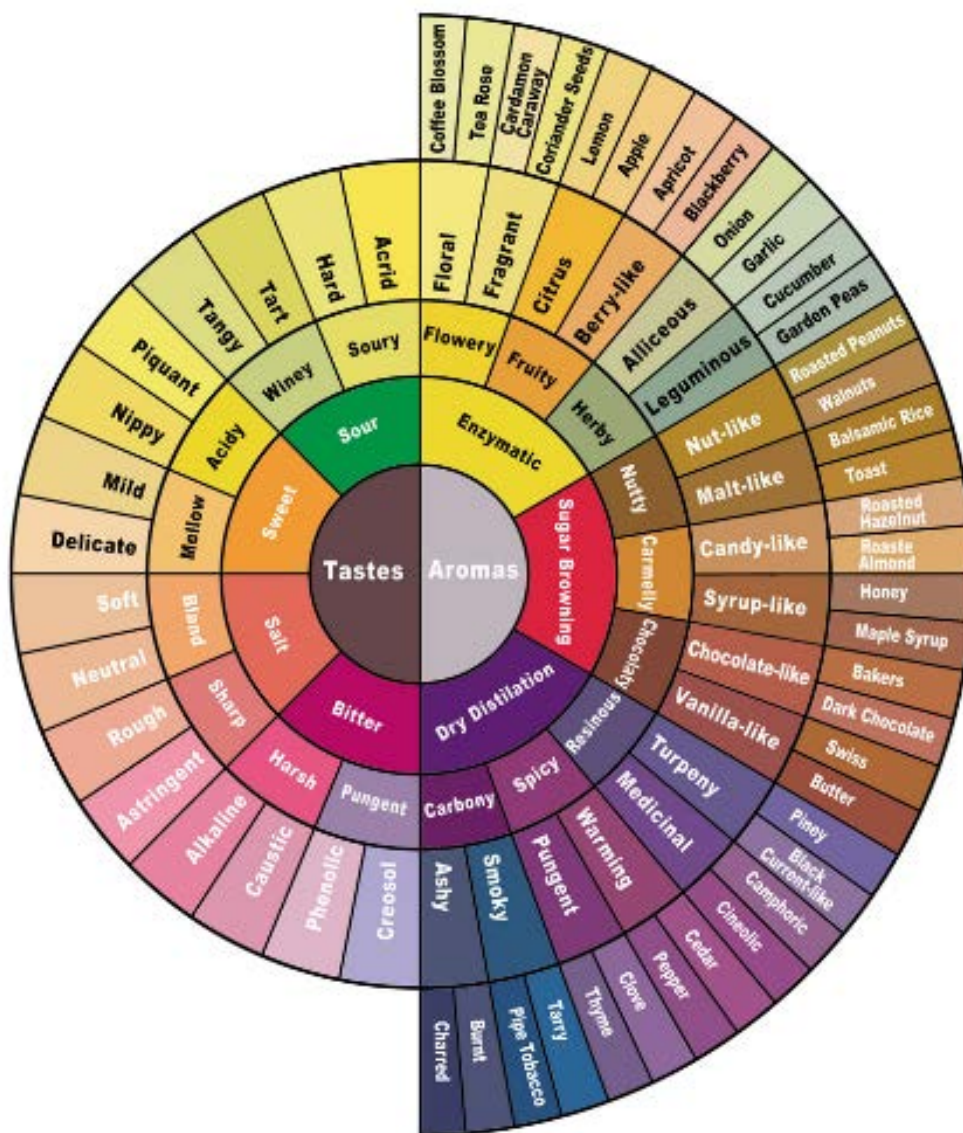


Figura 1.7. La rueda del flavor del café generado por la SCAA para el café de especialidad. Tomada de Coffee Snobs (2018).

No obstante, se puede ser aún más específico. Recientemente, Chambers et al. (2016) desarrollaron un extenso léxico que incluye atributos, referencias e intensidades para la evaluación sensorial del café. La versión final del léxico incluye 110 atributos individuales, aunque algunos son útiles tanto para el aroma como para el flavor. Los investigadores reconocen que es necesario limitar este léxico a fin de disponer de descriptores apropiados para definir sensorialmente el café en función de la variedad, del proceso aplicado, de la fermentación, del grado de tostado e, incluso, de las diferentes preparaciones del café (americano, espresso o cappuccino), además de poder describir los defectos del café. En la figura 1.8 se muestra el diagrama de árbol del léxico “vivo” que muestra las relaciones entre atributos. La base del árbol representa los atributos fundamentales asociados a todas las muestras de café, las ramas principales representan las categorías importantes de atributos, las ramas y tallos más pequeños representan progresivamente a categorías más pequeñas y algunas que son menos frecuentes en las muestras de café.

1.6.2.3. Análisis sensorial con consumidores de café

El análisis sensorial con consumidores de café es una línea de investigación en la cual no se ha publicado mucho. Quizá una de las razones es que esta información es generada por las empresas insertas en la competencia por el mercado del café y tiene carácter confidencial. Aun así, se reportan algunas investigaciones interesantes como la de Odello y Lavaroni (2009) que estudiaron el consumo de cafés de origen y mostraron evidencia de que los consumidores están interesados en café "puro" o de un solo origen pero que eran incapaces de distinguir las mezclas de los cafés de un solo origen. Sin embargo, estos autores señalan que para entender si esta tendencia de consumo de cafés de un solo origen se basa en diferencias reales en los aspectos sensoriales de los cafés o si está más relacionada con otras cuestiones de percepción, se requiere investigar más.

Iannario et al. (2012) consideraron estudiar conjuntamente las características y atributos sensoriales del café con satisfacción de los consumidores. En este sentido proponen una metodología aplicada al consumo de café espresso, que es una combinación estructurada de técnicas estadísticas aplicadas al análisis sensorial para obtener índices de satisfacción sensorial, que pueden ser utilizados inmediatamente para el desarrollo y comercialización de productos.

Otra línea de investigación que está emergiendo es la de estudiar las emociones relacionadas con la preferencia del producto. Para Labbe et al. (2015), el café puede considerarse como un bien hedónico cuando la satisfacción del consumidor está relacionada con la experiencia multisensorial y como un bien útil cuando los consumidores esperan una consecuencia (la estimulación) después del consumo. Algunos investigadores como Lindstrom, 2005; Brakus et al., 2009 y Krishna, 2012; mencionan que el impacto de las emociones y la percepción sensorial relacionadas a la experiencia de tomar café tiene importantes implicaciones con el diseño de la experiencia de una marca en la comercialización.

Bhumiratana et al. (2014) establecen que es necesaria una mejor comprensión de los consumidores de café y sus comportamientos de consumo y que es fundamental explorar las emociones provocadas por las diferentes características sensoriales de las distintas bebidas de café. Por lo tanto, las emociones que se producen al tomar café deben ser identificadas y medidas. Bhumiratana et al. (2014) lograron el desarrollo de un léxico emocional provocado por el consumo de café y una de las conclusiones de su trabajo fue que cada café valorado generó respuestas emocionales diferentes para diferentes grupos de consumidores. Los términos emocionales derivados de la experiencia de beber café parecían ser representados por dos dimensiones principales: las emociones positivas y negativas; y las emociones altas y bajas. En el estudio revelaron un grupo adicional de emociones que describen el estado mental activo y orientado a tareas (por ejemplo: mente clara, motivado, productivo) durante el consumo de café. Según los teóricos psico-evolucionistas, estas emociones pueden clasificarse como emociones de excitación alta, ya que estimulan respuestas adaptativas a dimensiones de energía. Demostraron que los bebedores de café no sólo tenían diferentes preferencias para los diferentes cafés, sino que también buscaban diferentes experiencias emocionales en la bebida. Algunos preferían la experiencia de beber para provocar sentimientos de energía positiva-baja, otros por las emociones positivas de alta energía, y algunos deseaban sentimientos de un estado mental enfocado. La reducida lista de emociones del consumidor de café demostró caracterizar con éxito diferentes experiencias de consumo de 94 bebedores de café caracterizados en seis grupos. Esta lista de emociones podría ser aplicada a futuras investigaciones en diferentes culturas y perfiles demográficos para identificar las influencias de estos factores en la percepción del café.

En la tabla 1.3 se muestra el léxico desarrollado por Bhumiratana et al. (2014) para consumidores de café de EE.UU. y los descriptores fueron traducidos al español tratando de buscar el término equivalente a la emoción reportada en inglés.

Tabla 1.3. Emociones básicas derivadas de las experiencias de consumo de café (ECD) en EE.UU. (Bhumiratana et al., 2014).

Emociones significativas de todo el conjunto de datos	Emociones significativas en al menos 3 grupos de consumidores	Emociones significativas en al menos 3 muestras de café	44 emociones ECD
Irritación		Activo ^a Irritación	Activo ^a Irritación
Balance	Alerta		Alerta
Estimulación		Balance	Balance
	Aburrición ^a	Aburrición ^a	Estimulación Aburrición ^a
	Claridad mental		Claridad mental
Comodidad		Comodidad	Comodidad
Contento			Contento
Curiosidad			Curiosidad
Decepción			Decepción
Disgusto ^a		Disgusto ^a	Disgusto ^a
Empoderamiento		Culto	Culto
	Energía ^a		Empoderamiento Energía ^a
	Libertad ^a	Libertad ^a	Libertad ^a
	Realización	Realización	Realización
		Divertido	Divertido
		Bien ^a	Bien ^a
Malhumor		Malhumor	Malhumor
Culpabilidad ^a			Culpabilidad ^a
Control			Control
Despierto		Jubiloso ^a	Despierto Jubiloso ^a
Impulsado			Impulsado
Alegre ^a		Alegre ^a	Alegre ^a
		Motivado	Motivado
	Nervios		Nervios
Desbalanceado		Desbalanceado	Desbalanceado
Paz ^a			Paz ^a
		Agradable ^a	Agradable ^a
Encantado ^a			Encantado ^a
		Productivo	Productivo
		Relajado	Relajado
Descanso			Descanso
		Recompensado	Recompensado
Satisfacción ^a	Satisfacción ^a	Satisfacción ^a	Satisfacción ^a
Sociabilidad			Sociabilidad
Calma		Calma	Calma
	Especial	Especial	Especial
Comprensión ^a			Comprensión ^a

Emociones significativas de todo el conjunto de datos	Emociones significativas en al menos 3 grupos de consumidores	Emociones significativas en al menos 3 muestras de café	44 emociones ECD
Cálida ^a Salvaje ^a	Inquieto ^a	Cálida ^a Inquieto ^a	Cálida ^a Salvaje ^a Inquieto ^a

^aTérminos emocionales también presentes en ESP.

Para Labbe et al. (2015), la experiencia del consumo de café probablemente se asocia tanto a la estimulación como al placer sensorial a través de la exposición que se repite en nuestra vida diaria. En su investigación midieron el impacto de diferentes motivaciones para beber café y, así, los participantes que bebían café para ser estimulados encontraron la experiencia menos agradable que los participantes que lo bebían para el disfrute sensorial. Sin embargo, después de beber la taza, el nivel de agrado y su estado emocional se asemejó a los participantes motivados por el disfrute sensorial. La importancia y la satisfacción de las sensaciones olfativas y gustativas fueron mayores para los participantes motivados por el disfrute sensorial. Los participantes que tomaron café para la estimularse parecen considerar la experiencia como funcional, es decir, impulsada por la absorción de cafeína para obtener el impulso de energía mental esperado y el momento clave es tomar la taza. Como era de esperarse, el sentido del olfato y el gusto fueron clave durante la preparación y el consumo, mientras que la visión desempeñó un papel clave a lo largo de toda la experiencia del producto. Finalmente, se validó que los diferentes tipos de motivaciones para una bebida de café impactan a la agradable experiencia, al estado emocional del participante y a las percepciones sensoriales. Labbe et al. (2015) recomiendan que para futuras investigaciones debe considerarse y controlarse la motivación del consumo debido a su impacto en la respuesta del consumidor.

Por tanto, en este trabajo de Tesis Doctoral, y puesto que el análisis sensorial va a ser utilizado como técnica de medida, se evalúa la eficacia de un panel de catadores previamente entrenado, mediante la utilización de técnicas estadísticas adecuadas en base a aplicación de las normas ISO establecidas a tal fin. En los subsiguientes capítulos se presentan los resultados de la aplicación del análisis sensorial para caracterizar cafés de origen, un nicho de mercado de café diferenciado en expansión. Se utiliza el léxico de los cafés de especialidad, que es el de mayor consenso en la actualidad, para describir los atributos de la bebida y soportados por diferentes técnicas de análisis estadístico. Finalmente, otra visión de la complejidad de la bebida de café se analiza desde la perspectiva de los consumidores, que como hemos visto el café se puede considera un producto hedónico o un bien útil. Así el análisis sensorial es una herramienta con mucho potencial para el desarrollo de los cafés de especialidad pues empieza a descubrirse su utilidad para el estudio de las motivaciones para consumir este tipo de cafés, pero también permite explorar las emociones relacionadas al consumo que pueden ser utilizadas en las estrategias de comercialización. Una de las aplicaciones del análisis sensorial desde el enfoque de los consumidores se aborda en el último capítulo.

1.7. REFERENCIAS

- Ahmad, R., Tharappan, B. y Bongirwar, D. R. (2003). Impact of gamma irradiation on the monsooning of coffee beans. *Journal of Stored Products Research*, 39(2), 149-157. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/s0022-474x\(01\)00043-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0022-474x(01)00043-1)
- Akiyama, M., Murakami, K., Ohtani, N., Iwatsuki, K., Sotoyama, K., Wada, A., et al. (2003). Analysis of volatile compounds released during the grinding of roasted coffee beans using solid-phase

- microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1961-1969. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf020724p>
- Akiyama, M., Murakami, K., Ikeda, M., Iwatsuki, K., Wada, A., Tokuno, K., et al. (2007). Analysis of the headspace volatiles of freshly brewed arabica coffee using solid phase microextraction. *Journal of Food Science*, 72(7), C388-C396. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00447.x>
- Akiyama, M., Murakami, K., Hirano, Y., Ikeda, M., Iwatsuki, K., Wada, A., et al. (2008). Characterization of headspace odor compounds of freshly brewed arabica coffees and studies on a characteristic odor compound of Ethiopian coffee. *Journal of Food Science*, 73(5), C335-C346. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00752.x>
- Andueza, S., de Peña, M. P. y Cid, C. (2003). Chemical and sensorial characteristics of espresso coffee as affected by grinding and torrefacto roast. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24), 7034-7039. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf034628f>
- Arya, M., y Rao, L. J. M. (2007). An impression of coffee carbohydrates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 51-67.
- Avelino, J., Barboza, B., Araya, J. C., Fonseca, C., Davrieux, F., Guyot, B. y Cilas, C. (2005). Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1869-1876. doi: 10.1002/jsfa.2188
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R. y Escher, F. (2008). Coffee roasting and odor formation: application of different time-temperature conditions. *J Agric Food Chem.*, 56(14), 5836-5846. doi: 10.1021/jf800327j
- Barrett, J., Halsey, S. A. y Peppard, T. L. (1983). Flavour stability of ales brewed using hydrolysed maize syrup. Sensory and analytical aspects. *Journal of the Institute of Brewing*, 89(5), 356-360.
- Becker, H., Volker Hoehfeld y Horst Kopp (1979). Kaffee aus Arabien: Der Bedeutungswandel eines Welt-Wirtschaftsgutes und seine Siedlungsgeographische Konsequenz an der Trockengrenze der Okumere. Wiesbaden, Germany: Franz Steiner Verlag.
- Belitz, H. -D., Grosch, W. y Schieberle, P. (2009). Odor compounds (Chapter 21). En: *Food Chemistry* (4th ed.). (pp. 340-402). Berlin Heidelberg: Springer.
- Bertrand, B., Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F. y Charmetant, P. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, 26(9), 1239-1248. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/26.9.1239>
- Bertrand, B., Boulanger, R., Dussert, S., Ribeyre, F., Berthiot, L., Descroix, F., et al. (2012). Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. *Food Chemistry*, 135(4), 2575-2583. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.060>
- Bhumiratana, N., Adhikari, K. y Chambers, E. (2011). Evolution of sensory odor attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2185-2192. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>
- Bicho, N. C., Leitão, A. E., Ramalho, J. C., de Alvarenga, N. B. y Lidon, F. C. (2013). Impact of roasting time on the sensory profile of Arabica and Robusta coffee. *Ecology of Food and Nutrition*, 52(2), 163-177. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/03670244.2012.706061>
- Blank, I., Sen, A. y Grosch, W. (1991). Odor impact compounds of Arabica and Robusta coffee. Qualitative and quantitative investigations. Paper presented at the 14th ASIC Colloquium, San Francisco.
- Blank, I., Sen, A. y Grosch, W. (1992). Potent odorants of the roasted powder and brew of Arabica coffee. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 195(3), 239-245. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/bf01202802>
- Borém, F. M., Ribeiro, F. C., Figueiredo, L. P., Giomo, G. S., Fortunato, V. A. e Isquierdo, E. P. (2013). Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. *Journal of Stored Products Research*, 52(0), 1-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2012.08.004>
- Bosselmann, A. S., Dons, K., Oberthur, T., Olsen, C. S., Ræbild, A. y Usma, H. (2009). The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia.

- Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(1-3), 253-260. doi., <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.004>
- Boulder Organic Coffee (2018). Coffee of the Month - Single Origin Coffee. Disponible en: <https://www.boulderorganiccoffee.com/products/coffee-of-the-month-single-origin>
- Bradbury, A.G.W. (2001). Chapter 1. Chemistry I:Non-volatile compounds. In R. J. Clarke, & O. G. Vitzhum (Eds.), *Coffee - Recent Developments* (pp. 1-17). Oxford: Blackwell Science.
- Brakus, J. J., Schmitt, B. H. y Zarantonello, L. (2009) Brand Experience: What Is It? How Is It Measured? Does It Affect Loyalty?. *Journal of Marketing*, 73 (3), 52-68. doi:10.1509/jmkg.73.3.52
- Buffo, R. A. y Cardelli-Freire, C. (2004). Coffee flavour: An overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 99-104. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/ffj.1325>
- Burdock, G. A. (2010). *Fenaroli's handbook of flavor ingredients* (6th ed.). Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.
- Buttery, R. G., y Ling, L. C. (1997). 2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine and 2-ethyl-3,6-dimethylpyrazine: Odor thresholds in water solution. *LWT - Food Science and Technology*, 30(1), 109-110. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/fstl.1996.0139>
- Carlier, O. (1990). Le café maure. Sociabilité masculine et effervescence citoyenne (Alerie xvii-xx siècle). *Annales E.S.C.*, 45, 975-1003.
- Carr, M. K. V. (2001). The water relations and irrigation requirements of coffee. *Experimental Agriculture*, 37, 1-36.
- Casal S, Oliveira MB, Alves MR y Ferreira MA (2000) Discriminate analysis of roasted coffee varieties for trigonelline, nicotinic acid, and caffeine content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3420-3424.
- Chambers, E.; Sanchez, K.; Phan, U. X. T.; Miller, R.; Civille, G. V. y Di Donfrancesco, B. (2016). Development of a "living" lexicon for descriptive sensory analysis of brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 31, 465-480. DOI 10.1111/joss.12237
- Cheong, M. W., Tong, K. H., Ong, J. J. M., Liu, S. Q., Curran, P. y Yu, B. (2013). Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. *Food Research International*, 51(1), 388-396. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.058>
- Clarke, R. J. y Vitzhum, O. G. (2001). *Coffee - Recent developments*. Oxford: Blackwell Science.
- Clifford, M. N. (2000). Chlorogenic acids and other cinnamates - Nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1033-1043. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0010\(20000515\)80:7<1033::aid-jsfa595N3.0.co;2-t](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1097-0010(20000515)80:7<1033::aid-jsfa595N3.0.co;2-t)
- Coffee Quality Institute(CQI). (2018). China delivers successful 1st Specialty Coffee Expo and Forum. Disponible en: <http://www.coffeeinstitute.org/china-delivers-successful-1st-specialty-coffee-expo-forum/>
- Coffee Snobs (2018). Coffee flavor wheel. Disponible en:(<http://coffeesnobs.com.au/cup-tasting-room/30590-coffee-flavour-wheel.html>)
- Cowan, Brian (2005). *The Social Life of Coffee: The Emergence of the British Coffehouse*. New Haven, Conn.: Yale University Press.
- Crews, C. y Castle, L. (2007). A review of the occurrence, formation and analysis of furan in heat-processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 18(7), 365-372. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.006>
- Czerny, M., Wagner, R. y Grosch, W. (1996). Detection of odor-active ethenyl alkyl pyrazines in roasted coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(10), 3268-3272. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf9600824>
- Czerny, M., Mayer, F. y Grosch, W. (1999). Sensory study on the character impact odorants of roasted Arabica coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(2), 695-699. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf980759i>
- Czerny, M. y Grosch, W. (2000). Potent odorants of raw Arabica coffee. Their changes during roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 868-872. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf990609n>
- Czerny, M., Christlbauer, M., Christlbauer, M., Fischer, A., Granvogl, M., Hammer, M., et al. (2008). Re-investigation on odour thresholds of key food odor compounds and development of an odor language

- based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions. *European Food Research and Technology*, 228(2), 265-273. doi: [http:// dx.doi.org/10.1007/s00217-008-0931-x](http://dx.doi.org/10.1007/s00217-008-0931-x)
- Da Silva, E.; Mazzafera, P., Brunini, O., Sakai, E., Arruda, F., Mattoso, L., Carvalho, C. y Pires, R. (2005). The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. *Braz. J. Plant Physiol.* 17(2): 229-238. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202005000200006>
- da Silveira, T. M. L., Tavares, E. y Glória, M. B. A. (2007). Profile and levels of bioactive amines in instant coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 451-457.
- Davis, A.P., Tosh, J, Ruch, N. y Fay, M. (2011). Growing coffee: Psilanthus (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of Coffea. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167, 357-377.
- Decazy, F., Avelino, J., Guyot, B., Perriot, J.J., Pineda, C. y Cilas, C. (2003). Quality of Different Honduran Coffees in Relation to Several Environments. *Journal of Food Science*, 68 (7), 2356-2361. doi: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05772.x
- Desmet P.M. y Schifferstein, H.N. (2008). Sources of positive and negative emotions in food experience. *Appetite*, 50(2-3), 290-301. doi: 10.1016/j.appet.2007.08.003.
- Di Donfrancesco, B., Gutierrez Guzman, N. y Chambers, E. (2014). Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 29, 301-311.
- Díaz-Rubio, M. E. y Saura-Calixto, F. (2007). Dietary fiber in brewed coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1999-2003.
- Donnet, M. L., Weatherspoon, D. D. y Hoehn, J. P. (2008). Price determinants in top-quality e-auctioned specialty coffees. *Agricultural Economics* 38,267-276. doi:10.1111/j.1574-0862.2008.00298.x
- Dórea, J. G. y da Costa, T. H. M. (2005). Is coffee a functional food? *British Journal of Nutrition*, 93, 773-782.
- Duarte, G. S., Pereira, A. A. y Farah, A. (2010). Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. *Food Chemistry*, 118(3), 851-855. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.042>
- Dzung, N.H.; Dzuang, L. y Tu, 2004. The role of sensory evaluation in food quality control, food research and development: a case of coffee study. Disponible en: <http://www4.hcmut.edu.vn/~dzung/Sensoryrole.pdf>.
- Eggers, R. y Pietsch, A. (2001). Technology I: Roasting. In R. Clarke, & O. Vitzthum (Eds.), *Coffee recent developments* (pp. 90-107). Oxford: Blackwell Science.
- Elder, Lister y Dauvergne. (2014). Big retail and sustainable coffee: A new development studies research agenda. *Progress in Development Studies*, 14, 1: 77-90.
- Esquivel, P. y Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee byproducts. *Food Research International*, 46(2), 488-495. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>
- Farah, A., de Paulis, T., Trugo, L. C y Martin, P. R. (2005). Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1505-1513, <http://dx.doi.org/10.1021/jf048701t>
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S. y Trugo, L. C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98(2), 373-380, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>
- Feria-Morales, A. M. (2002). Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. *Food Quality and Preference*, 13, 355-367.
- Fujioka, K. y Shibamoto, T. (2006). Quantitation of volatiles and nonvolatile acids in an extract from coffee beverages: Correlation with antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 6054-6058.
- Galtier, F., Belletti, G. y Marescotti, A. (2013). Factors constraining building effective and fair geographical indications for coffee: Insights from Dominican case study. *Development Policy Review* 31 (5), 597-615. doi:10.1111/dpr.12027
- GCiencia (2017). Tres tazas de café ao día reducen o risco de morrer novo. O Portal da Ciencia Galega. Disponible en: <http://www.gciencia.com/tolociencia/tres-tazas-cafe-dia-reducen-risco-morrer-novo/>.

- Geel, L., Kinnear, M. y De Kock, H.L. 2005. Relating consumer preferences to sensory attributes of instant coffee. *Food Quality and Preference*, 16, 237-244.
- Gianturco, M. A., Friedel, P. y Giammarino, A. S. (1964). The volatile constituents of coffee - III : The structures of two heterocyclic compounds and the synthesis of tetrahydrofuranones. *Tetrahedron*, 20(7), 1763-1772. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)99177-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-4020(01)99177-X)
- Ginz, M., Balzer, H. H., Bradbury, A. G. W. y Maier, H. G. (2000). Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. *European Food Research and Technology*, 211(6), 404-410. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s002170000215>
- Ginz, M., y Engelhardt, U. (2001). Identification of new diketopiperazines in roasted coffee. *European Food Research and Technology*, 213(1), 8-11. doi: <http://dx.doi.org/10>
- Giovanucci D. y Potts J. (2008). Seeking sustainability: COSA preliminary analysis of sustainability initiatives in the coffee sector. IISD.
- Gloess, A.N., Scheonbeachler, B., Klopprogge, B., D'Ambrosio, L., Chatelain, K., Bongartz, A., Strittmatter, A., Rast M. y Yeretzi, C. (2013). Comparison of nine common coffee extraction methods: Instrumental and sensory analysis *European Food Research and Technology*, 236, 607-627.
- Grosch, W., Czerny, M., Mayer, F. y Moors, A. (2000). Sensory studies on the key odorants of roasted coffee. En *Caffeinated beverages*, Vol. 754. (pp. 202-209). American Chemical Society.
- Grosch, W. (2001). Chemistry III: Volatile compounds. In R. J. Clarke, & O. G. Vitzthum (Eds.), *Coffee: Recent developments* (pp. 68-89). Oxford: Blackwell Science.
- Hattox, R. (1985). *Coffee and Coffeehouses: The Origins of a Social Beverage in the Medieval Near East*. Seattle: University of Washington Press.
- Hayakawa, F., Kazami, Y., Wakayama, H., Oboshi, R., Tanaka, H., Maeda, G. O. U., et al. (2010). Sensory lexicon of brewed coffee for Japanese consumers, untrained coffee professionals and trained coffee tasters. *Journal of Sensory Studies*, 25(6), 917-939. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00313.x>
- Hayes-Bohanan, J. (2012). Geography of coffee. Recuperado de: <http://webhost.bridgew.edu/jhayesboh/coffee/coffeegeog.htm>.
- Heise, Ulla (1987). *Coffee and Coffee-Houses*, trans. Paul Roper. West Chester, Pa.: Schiffer.
- Higdon, J. V., & Frei, B. (2006). Coffee and health: A review of recent human research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 101-123. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10408390500400009>
- Holscher, W. y Steinhart, H. (1992). Investigation of roasted coffee freshness with an improved headspace technique. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 195(1), 33-38, <http://dx.doi.org/10.1007/bf01197836>
- Hsu y Hung, 2005. Packed coffee drink consumption and product attribute preferences of young adults in Taiwan. *Food Quality and Preference*, 16, 361-367. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.06.004>.
- Huang, L. F., Wu, M. J., Zhong, K. J., Sun, X. J., Liang, Y. Z., Dai, Y. H., et al. (2007). Fingerprint developing of coffee flavor by gas chromatography-mass spectrometry and combined chemometrics methods. *Analytica Chimica Acta*, 588(2), 216-223. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2007.02.013>
- Iannario, M.; Manisera, M.; Piccolo, D. y Zuccolotto, P. (2012). Sensory analysis in the food industry as a tool for marketing decisions. *Adv Data Anal Classif*, 6, 303-321. doi: 10.1007/s11634-012-0120-4
- Illy, A. y Viani, R. (2005). *Espresso Coffee: The Science of Quality*. London, U.K. Ed. Academic Press.
- International Coffee Organization (ICO). 2016. Vocabulario del café orientado al consumidor. Disponible en : http://www.ico.org/ES/vocab_c.asp?section=Acerca_del_caf%E9/(Consultada 15.06.2016).
- International Coffee Organization (ICO). (2017). Statistics. Disponible en: http://www.ico.org/trade_statistics.asp.
- ISO 5492 (2008). Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- ISO 3972 (2011). Sensory analysis - Methodology - Method of investigating sensitivity of taste, International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- ISO 8586 (2012). Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- International Trade Centre. (2011). *The coffee exporter's guide: Export impact for good* (3rd ed.). Geneva, Switzerland: International Trade Centre.

- Jaffee D. (2007): *Brewing justice: Fair trade coffee, sustainability, and survival*. University of California Press.
- Jaquet, M., Rochat, I., Moulin, J., Cavin, C. y Bibiloni, R. (2009). Impact of coffee consumption on the gut microbiota: A human volunteer study. *International Journal of Food Microbiology*, 130, 117-121.
- Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doubeau, S., Bertrand, B., de Kochko, A. y Dussert, S. (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green arabica coffee beans. *Food Chemistry*, 118, 693-701. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>
- Kathurima, C., Gichimu, B., Kenji, G. y Renaud, B. (2008). Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. *African Journal of Food Science*, 3(11), 365-371. Disponible en: <http://www.acadjourn.org/ajfs>
- Keast, R. S. J. (2008). Modification of the bitterness of caffeine. *Food Qual. Prefer.*, 19, 465-472.
- Kolk, A. (2012). Towards a sustainable coffee market: paradoxes faced by a multinational company. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 19, 79-89. doi:10.1002/csr.289.
- Kopikopen (2018). Green arabica coffee: classification system. Disponible en: (<https://i0.wp.com/kopikopen.com/wp-content/uploads/2015/07/SCAA-Poster-Green-Defect.jpg>).
- Krishna, A. (2012), An integrative review of sensory marketing: Engaging the senses to affect perception, judgment and behavior. *Journal of Consumer Psychology*, 22, 332-351. doi:10.1016/j.jcps.2011.08.003
- Kreuml, M. T. L.; Majchrzak, D.; Ploederl, B. y Koenig, J. 2013. Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Science & Nutrition* 1(4): 267- 272. doi: 10.1002/fsn3.35
- Kuballa, T., Stier, S., y Strichow, N. (2005). Furan concentrations in coffee and coffee beverages. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 101(6), 229-235.
- Kumazawa, K. y Masuda, H. (2003). Identification of odor-active 3-mercapto-3methylbutyl acetate in volatile fraction of roasted coffee brew isolated by steam distillation under reduced pressure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 3079-3082. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf021190v>
- Ky, C.-L., J. Louarn, S. Dussert, B. Guyot, S. Hamon y M. Noiro. 2001. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. *Food Chemistry*, 75, 223-230.
- Labbe, Ferrage, Rytz, Pace y Martin (2015). Pleasantness, emotions and perceptions induced by coffee beverage experience depend on the consumption motivation (hedonic or utilitarian). *Food Quality and Preference*, 44, 56-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.017>
- Larsen, M. y Poll, L. (1992). Odour thresholds of some important odor compounds in strawberries. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 195(2), 120-123, <http://dx.doi.org/10.1007/bf01201770>
- Lean, M. E. y Crozier, A. (2012). Coffee, caffeine and health: What's in your cup?. *Maturitas*, 72(3), 171-172. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2012.04.005>
- Lenoir, J. (2008). *Le nez du café*. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica: Ed. Jean Lenoir.
- Lindstrom, M. (2005) "Broad sensory branding". *Journal of Product & Brand Management*, 14 (2), 84-87. doi: <https://doi.org/10.1108/10610420510592554>
- Liu, Y. y Kitts, D. D. (2011). Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. *Food Research International*, 44(8), 2418-2424, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.037>
- Maeztu, L., Andueza, S., Ibañez, C., de Peña, M.P., Bello, J. y Cid, C. 2001. Multivariate methods for characterization and classification of espresso coffees from different botanical varieties and types of roast by foam, taste, and mouthfeel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4743-4747.
- Maier, H. G. (2005). Chapter 4. Roasting, 4.3 Changes produced by roasting. In A. Illy, & R. Viani (Eds.), *Espresso coffee: The science of quality* (pp. 191-197) (2nd ed.). London, UK: Elsevier Academic Press.
- Makri, E., Tsimogiannis, D., Dermesonluoglu, E. K. y Taoukis, P. S. (2011). Modeling of Greek coffee odor loss during storage at different temperatures and water activities. *Procedia Food Sci.*, 1, 1111-1117.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C. y Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 727-747.

- Manzocco, L., y C. Lagazio (2009). Coffee brew shelf life modeling by integration of acceptability and quality data. *Food Qual. Prefer.*, 20, 24-29.
- Marcone, M. F. (2004). Composition and properties of Indonesian palm civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International*, 37(9), 901-912. doi:, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2004.05.008>
- Marcone, M. F. (2011). Origins and compositional analysis of novel foods: Kopi Luwak coffee and bird's nest soup. En M. -Y. Murray (Ed.), *Comprehensive Biotechnology* (pp. 683-702) (2nd ed.). Burlington: Academic Press.
- Masi, C., Dinnella, C., Barnaba, M., Navarini, L., y Monteleone, E. (2013). Sensory properties of under-roasted coffee beverages. *Journal of Food Science*, 78, S1290-S1300.
- Mayer, F., Czerny, M. y Grosch, W. (2000). Sensory study of the character impact olor compounds of a coffee beverage. *European Food Research and Technology*, 211(4), 272-276. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s002170000169>
- Mayer, F. y Grosch, W. (2001). Olor simulation on the basis of the odourant composition of roasted coffee headspace. *Flavour and Fragrance Journal*, 16(3), 180-190. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/ffj.975>
- Mazzafera, P. y Padilha-Purcino, R. (2004). Post harvest processing methods and physiological alterations in the coffee fruit. En memorias del 20th International Scientific Colloquium on Coffee, Bangalore, India.
- Meletis, C. D. (2006). Coffee - Functional food and medicinal herb. *Alternative and Complementary Therapies*, 12, 7-13.
- Michishita, T., Akiyama, M., Hirano, Y., Ikeda, M., Sagara, Y., & Araki, T. (2010). Gas chromatography/olfactometry and electronic nose analyses of retronasal olor of espresso and correlation with sensory evaluation by an Artificial Neural Network. *Journal of Food Science*, 75(9), S477-S489. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01828.x>
- Minamisawa, M., Yoshida, S. y Takai, N. (2004). Determination of biologically active substances in roasted coffees using a diode-array HPLC system. *Analytical Sciences*, 20, 325-328.
- Narain, C., Paterson, A. y Reid, E. (2003). Free choice and conventional profiling of commercial black filter coffees to explore consumer perceptions of character. *Food Quality and Preference*, 15, 31-41.
- Navarini, L., Cappuccio, R., Suggi-Liverani, F. e Illy, A. (2004). Espresso coffee beverage: Classification of texture terms. *Journal of Texture Studies*, 35(5), 525-541. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.2004.35504.x>
- Nebesny, E. y Budryn, G. (2006). Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. *European Food Research and Technology*, 224, 159-165.
- Odello, C. y Lavaroni, G. 2009. *There is a market for the single origin. Or maybe not.* Disponible en : <http://www.coffeetasters.org/newsletter/en/index.php/there-is-a-market-for-the-single-origin-or-maybe-not/061/>
- Oestreich-Janzen, S. (2010). Chemistry of coffee. En *Comprehensive Natural. Products II*, Lew, M.; Hung-Wen, L. Vol. 3. (pp. 1085-1117). Eds. Elsevier: Oxford.
- Oliveira, J. T. (1984). *Historia do Cafe no Brasil e no Mundo*. Rio de Janeiro: Livraria Kosmos.
- Ongo, E., Falasconi, M., Sberveglieri, G., Antonelli, A., Montevecchi, G., Sberveglieri, V., et al. (2012). Chemometric discrimination of Philippine civet coffee using electronic nose and gas chromatography mass spectrometry. *Procedia Engineering*, 47, 977-980. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.310>
- Oxfam (2002). *Mugged: Poverty in your coffee cup*. Oxfam. Recuperado de: <https://www.oxfamamerica.org/static/media/files/mugged-full-report.pdf>.
- Pereira, L.L., Cardoso, W.S., Guarçoni, R.C. et al. (2017). The consistency in the sensory analysis of coffees using Q-graders. *Eur Food Res Technol*, 243,1545. doi: <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2863-9>
- Pérez, E.; Partida, J. & Martínez, D. (2005). Determinación de las sub denominaciones de origen del café Veracruz. *Revista Geografía Agrícola* 35, 23-38.
- Pérez-Martínez, M., Sopolana, P., de Peña, M. P. y Cid, C. (2008). Application of multivariate analysis to the effects of additives on chemical and sensory quality of stored coffee brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(24), 11845-11853. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf802146v>

- Petracco, M. (2001). Beverage preparation: brewing trends for the new millenium. In R. J. Clarke, & O. G. Vitzthum (Eds.), *Coffee - Recent Developments* (pp. 140-164). Oxford: Blackwell Science.
- Poltronieri, Y., Martinez, H. E. y Cecon, P. R. (2011). Effect of zinc and its form of supply on production and quality of coffee beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(13), 2431-2436. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.4483>
- Raynolds L.T. 2009: Mainstreaming fair trade coffee: From partnership to traceability. *World Development*, 37, 1083-93.
- Razafinarivo, N., Jean Jacques, R., Brown, S., Bourge, M., Hamon, S., De Kochko, A., Poncet, V., Dubreuil-Tranchant, C., Couturon, E., Guyot, R. y Hamon, P.. (2012). Geographical gradients in the genome size variation of wild coffee trees (*Coffea*) native to Africa and Indian Ocean islands. *Tree Genetics and Genomes*, 8, 1345-1358. doi: 10.1007/s11295-012-0520-9
- Ribeiro, J. S., Augusto, F., Salva, T. J. G., Thomaziello, R. A y Ferreira, M. M. C. (2009). Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. *Analytica Chimica Acta*, 634(2), 172-179. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2008.12.028>
- Ribeiro, J. S., Teófilo, R. F., Augusto, F., & Ferreira, M. M. C. (2010). Simultaneous optimization of the microextraction of coffee volatiles using response surface methodology and principal component analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 102(1), 45-52. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemolab.2010.03.005>
- Ribeiro, J. S., Augusto, F., Salva, T. J. G. y Ferreira, M. M. C. (2012). Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on odor analyses and chemometrics. *Talanta*, 101, 253-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.09.022>
- Ribeiro, L.S., Ribeiro, D.E., Reis E., S., da Cruz P.M., M.G., Marques P., A.C., Meira B., F., Freitas S., R. (2017). Controlled fermentation of semi-dry coffee (*Coffea arabica*) using starter cultures: A sensory perspective. *LWT - Food Science and Technology*, 82 (1), 32-38. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.008>
- Risticevic, S., Carasek, E. y Pawliszyn, J. (2008). Headspace solid-phase microextraction- gas chromatographic-time-of-flight mass spectrometric methodology for geographical origin verification of coffee. *Analytica Chimica Acta*, 617(1-2), 72-84. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2008.04.009>
- Ross, C. F., Pecka, K. y Weller, K. (2006). Effect of storage conditions on the sensory quality of ground Arabica coffee. *Journal of Food Quality*, 29,596-606.
- Rufián-Henares, J. A. y de la Cueva, S. P. (2009). Antimicrobial activity of coffee melanoidins - A study of their metal-chelating properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 432-438.
- Ruzich, Constance (2008). For the Love of Joe: The Language of Starbucks. *The Journal of Popular Culture*, 41, (3).
- Sanchez, K. y Chambers, E. (2015). How does product preparation affect sensory properties? An example with coffee. *Journal of Sensory Studies*, 30, 499-511.
- Salo, P. (1970). Determining the odor threshold for some compounds in alcoholic beverages. *Journal of Food Science*, 35, 95-99.
- Sanz, C., Maeztu, L., Zapelena, M. J., Bello, J. y Cid, C. (2002). Profiles of volatile compounds and sensory analysis of three blends of coffee: influence of different proportions of Arabica and Robusta and influence of roasting coffee with sugar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(8), 840-847. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1110>
- Sarrazin, C., Le Quéré, J. L., Gretsche, C. y Liardon, R. (2000). Representativeness of coffee olor extracts: a comparison of different extraction methods. *Food Chemistry*, 70(1), 99-106.
- Savonitti, O. (2005). Chapter 6. Storage and packaging, 6.1.3 Other physico-chemical changes. In A. Illy, & R. Viani (Eds.), *Espresso Coffee: The science of quality* (pp. 241-245). London, UK: Elsevier Academic Press.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). (2009). SCAA Protocols/Grading Green Coffee. Available at: <http://scaa.org/PDF/resources/grading-green-coffee.pdf>.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2012a. Specialty Coffee Facts & Figures. SCAA Press, Santa Ana, CA, 562.624.4100.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2012b. Coffee terms & definitions from the Specialty Coffee Association of America. Symposium April 18-19, SCAA Press, Portland, Oregon.

- SCAA (Specialty Coffee Association of America). (2015). SCAA protocols-Cupping specialty coffee. Retrieved from SCAA Protocols <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.
- Scheidig, C., Czerny, M. y Schieberle, P. (2007). Changes in key odorants of raw coffee beans during storage under defined conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(14), 5768-5775. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf070488o>
- Schenker, S., Heinemann, C., Huber, M., Pompizzi, P., Perren, R. and Escher, F. (2002) Impact of roasting conditions on the formation of olor compounds in coffee beans. *Journal of Food Science*, 67(1), 60-66.
- Schnyder-von Waldkirch, Antoinette, ed. (1988). *Wie Europa den Kaffee Entdeckte*. Zurich: Jacobs Suchard Museum.
- Seo, H. -S., Lee, M., Jung, Y. J. y Hwang, I. (2009). A novel method of descriptive analysis on hot brewed coffee: time scanning descriptive analysis. *European Food Research and Technology*, 228(6), 931-938. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-009-1006-3>
- Semmelroch, P. y Grosch, W. (1995). Analysis of roasted coffee powders and brews by gas chromatography-olfactometry of headspace samples. *LWT - Food Science and Technology*, 28(3), 310-313. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/s0023-6438\(95\)94411-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0023-6438(95)94411-7)
- Semmelroch, P. y Grosch, W. (1996). Studies on character impact odorants of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(2), 537-543. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf9505988>
- Silwar, R., Kamperschroer, H., y Tressl, R. (1987). Gas chromatographic-mass spectrometric investigation of coffee olor. Quantitative determination of steam-volatile olor constituents. *Chemie Mikrobiologie Technologie der Lebensmittel*, 10(5-6), 176-187.
- Smithsonian Migratory Bird Center (2011): Shade grown coffee, <http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/coffee/>, consultado el 4.04.17.
- Speer, K. y Kölling-Speer, I. (2001). Lipids. In R. Clarke, & O. G. Vitzthum (Eds.), *Coffee - Recent Developments* (pp. 33-49). Oxford: Blackwell Science.
- Stone, H. y Sidel, J.L. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. Third Edition. Academic, San Diego, C.A.
- Sunarharuma, Williams y Smyth. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62, 315-325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>
- Taveira, J. H. S., Borém, F. M, Pereira F., L., Reis, N., Franca, A. S., Harding, S. A. y Chung-Jui T. (2014). Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. *Food Research International*, 61, 75-82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>
- Teixeira, A. A., Brando, C. H. J., Thomaziello, R. A. y Teixiera, R. (2005). Chapter 3. The raw bean, 3.3. Processing of the harvest. In A. Illy, & R. Viani (Eds.), *Espresso coffee: The science of quality* (pp. 91-95) (2nd ed.). London, UK: Elsevier Academic Press.
- Teuber, R. (2010). Geographical Indications of Origin as a Tool of Product Differentiation: The Case of Coffee. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 22 (3), 277-298.
- Thurston, R., Morris, J. y Steiman, S. (2013). *Coffee: A comprehensive guide to the bean, the beverage, and the industry*. Plymouth, UK: Rowman & Littlefield.
- Toci, A. T. y Farah, A. (2008). Volatile compounds as potential defective coffee beans' markers. *Food Chemistry*, 108(3), 1133-1141. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.064>
- Toci, A. T., Neto, V. J. M. F., Torres, A. G. y Farah, A. (2013). Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *LWT-Food Science and Technology*, 50, 581-590.
- Tolessa, K., Rademaker, M., De Baets, B. y Boeckx, P. (2016). Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of green coffee beans. *Talanta*, 150, 367-374. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.12.039>
- Topik, Steven (2009). Coffee as a Social Drug. Cultural Critique, No. 71, *Drugs in Motion: Mind- and Body-Altering Substances in the World's Cultural Economy* (Winter, 2009), pp. 81-106 Published by: University of Minnesota Press Stable. <http://www.jstor.org/stable/25475502>.
- Tressl, R. y Silwar, R. (1981). Investigation of sulfur-containing components in roasted coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29(5), 1078-1082. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf00107a045>
- Tuchscherer, Michel (2003). "Yemen." *The Global Coffee Economy in Africa, Asia and Latin America: 1500-1989*. Ed. William Clarence-Smith and Steven Topik. New York: Cambridge University Press.

- Ukers, W. H. (1922). All about coffee. The Tea and Coffee Trade Journal Company. New York. U.S.A
Available at: <https://archive.org/details/allaboutcoffee00ukeruoft>.
- Utsunomiya, H., Ichinose, M., Uozaki, M., Tsujimoto, K., Yamasaki, H. y Koyama, A. H. (2008). Antiviral activities of coffee extracts in vitro. *Food and Chemical Toxicology*, 46 (6), 1919-1924. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.01.031>.
- Vignoli, J. A., Bassoli, D. G. y Benassi, M. T. (2011). Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chemistry*, 124, 863-868.
- Wang, Y. y Ho, C. T. (2009). Polyphenolic chemistry of tea and coffee: A century of progress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 8109-8114.
- Weiss, Brad (2003). Sacred Trees, Bitter Harvests: Globalizing Coffee in Northwest Tanzania. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Weldemichael, G., Alamerew, S. y Kufa, T. (2017). Genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits in coffee (*Coffea arabica* L.) accessions in Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research* 12(21): 1824-1831. doi: 10.5897/AJAR2016.12059
- Wilson, A.P. y Wilson, N.L.W. (2014). *The economics of quality in the specialty coffee industry: insights from the Cup of Excellence auction programs*. *Agricultural Economics* 45, supplement, 91-105. Disponible en: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/150721/2/The%20Economics%20of%20Quality%20in%20the%20Specialty%20Coffee%20Industry_AAEA%202013.pdf.
- Yeretzian, C.; Jordan, A.; Badoud, R. y Lindinger, W. 2002. From the green bean to the cup of coffee: investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*, 214 (92), 92-104.
- Yeretzian, C., Pascual, E. C. y Goodman, B.A. (2012). Effect of roasting conditions and grinding on free radical contents of coffee beans stored in air. *Food Chemistry*, 131(3), 811-816. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.048>



2. OBJETIVOS

El **objetivo general** de esta Tesis Doctoral es demostrar que el análisis sensorial es una herramienta fundamental para caracterizar y diferenciar los cafés y que puede ser utilizada en el desarrollo de los cafés de especialidad.

Para alcanzar el objetivo general se establecen algunos **objetivos específicos**:

1. Proponer un procedimiento sensorial que permita integrar las variables cuantitativas y cualitativas, que comúnmente se califican y son de gran importancia para definir la bebida de café.
2. Evaluar la eficacia de un panel de catadores previamente seleccionado y entrenado.
3. Caracterizar el café de tres regiones de Guatemala y compararlos con cafés procedentes de Etiopía y Colombia.
4. Definir los atributos físicos del grano del café “Pluma” y las características sensoriales de la bebida obtenida en un transecto de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca (México) para relacionarlas con el régimen térmico de las fincas cafetaleras.
5. Conocer el efecto terroir en las características de la bebida de café producido en los agroecosistemas cafetaleros de la región central de Veracruz (México) como forma de diferenciación de dicho café.
6. Conocer cómo afecta el tipo de procesado del café (natural o seco, húmedo o lavado, despulpado y fermentado) a las características organolépticas y la aceptación global del consumidor de las bebidas obtenidas con el fin de innovar en los procesos poscosecha que permitan reducir costos, agua y energía.



3. CONTROL DE LA EFICACIA DE UN PANEL DE CATADORES ENTRENADOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE CAFÉ

Resumen

La cata de la bebida del café es un procedimiento fundamental para establecer calidades y precios que no ha cambiado desde hace más de 100 años. Este procedimiento se caracteriza por ser empírico y utilizar valoraciones subjetivas. Dada la complejidad aromática y la naturaleza de la bebida de café, existe la necesidad de utilizar procedimientos que permitan integrar atributos cuantitativos y cualitativos que comúnmente se califican y son de gran importancia para definir las características organolépticas de la bebida. Un panel entrenado es un instrumento de medición fiable que permite valorar de manera eficaz y objetiva los efectos en la calidad sensorial de la bebida de factores asociados al cultivo, a las variedades y al procesado del café, entre otros. El propósito de este estudio es proponer un procedimiento que permita integrar variables cualitativas y cuantitativas para definir las características sensoriales de la bebida de café. Un modelo mixto de análisis de varianza y análisis factorial múltiple fue utilizado para la medición de la eficacia del panel. Los resultados obtenidos muestran que el panel de catadores entrenado tiene buen nivel de discriminación, buen consenso y es reproducible para la mayoría de los atributos cuantitativos y cualitativos de la bebida de café.

Palabras clave: café; QDA; análisis descriptivos cualitativos; eficacia de panel; análisis factorial múltiple.



3.1.INTRODUCCIÓN

La evaluación sensorial de la bebida del café es un procedimiento fundamental para comercializar, establecer precios y calidades en los mercados utilizado tanto en la industria como con fines comerciales. A pesar de ser una técnica empleada desde los inicios del siglo XX (Ukers, 1922), no ha evolucionado. Por tanto, sigue siendo una técnica empírica que utiliza valoraciones subjetivas, tal y como se observa en las principales normas y protocolos de cata de café vigentes en los mercados (SCAA, 2015, SCAN, 2015; USAID, 2015).

Con el avance del análisis sensorial, es posible incorporar técnicas y métodos para llevar a cabo una valoración de manera objetiva en la industria del café. Una de las técnicas con mayor desarrollo es el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), que permite valorar y caracterizar los atributos sensorialmente de manera cuantitativa y cualitativa mediante escalas bien definidas por parte de un panel de jueces entrenados (Meilgaard et al., 1999; Carbonell et al., 2007). Las investigaciones en análisis sensorial de café son relativamente recientes pese a la gran importancia que tiene este aspecto en el control de calidad y durante la comercialización. Los primeros trabajos reportados utilizando análisis sensorial son los recogidos por la Organización Internacional del Café (1991) y por de Jong y van den Knaap (1998). Por otra parte, la incorporación del análisis estadístico multivariante permite discriminar con éxito la complejidad de las características aromáticas del café como lo demuestran las investigaciones realizadas por Pérez-Martínez et al., (2008); Bhumiratana et al., (2011) y Ribeiro et al., (2012). Un importante número de investigaciones fueron realizadas para relacionar los compuestos aromáticos con las características sensoriales del café, sin tener mucho éxito. Esto es debido a la complejidad aromática de la bebida, que contiene gran cantidad de compuestos aromáticos presentes, y al complejo proceso de percepción sensorial (Sunarharuma et al., 2014).

Por tanto, es importante aplicar métodos de análisis sensorial que sean consistentes y fiables en la industria y durante la comercialización del café. Las técnicas analíticas de evaluación sensorial se basan en un procedimiento sistemático que incluyen previamente la selección y entrenamiento de personas en el reconocimiento y en la descripción de los atributos que permite describir los productos, el uso de un vocabulario consensuado y en el uso de escalas para medir las intensidades de los atributos (ISO 5492, 2008; ISO 8586, 2012). Las personas adquieren habilidades durante el entrenamiento y deben ser evaluadas para asegurar que sus juicios son fiables, de ser así, se convierten en jueces entrenados y conforman un panel especializado en evaluar un determinado alimento. No obstante, para reducir el error humano al mínimo y aumentar la precisión de las determinaciones, el panel debe evaluar en repetidas veces el alimento para poder caracterizarlo cuanti y cualitativamente. Es importante implementar un proceso de evaluación continua durante el entrenamiento del panel para conocer su eficacia y definir cuando está preparado para evaluar muestras. Los estudios de Derndorfer et al., (2005) y Duran et al., (2017) mencionan que el éxito de un panel, y de cada uno de los jueces, recae en la medida de la eficacia. Esto implica conocer el grado de acuerdo en los juicios de los atributos que están midiendo, la habilidad para discriminar entre muestras y la capacidad de emitir juicios similares en diferentes sesiones para una misma muestra (Arias-Carmona et al., 2012).

La técnica clásica comúnmente usada para analizar la eficacia de un panel es el modelo de ANOVA de tres factores, sin embargo, su uso se limita a variables cuantitativas (Lea et al., 1997). En el caso del café, la complejidad aromática de la bebida no puede expresarse fácilmente en intensidades debido a la probabilidad de estar presentes más de 36 notas aromáticas distintas en tres momentos diferentes (al oler, al beber y después de tragar la bebida). Esto implica que cada juez debe ser entrenado en escalas de intensidad para esas variables en tres momentos diferentes (más de 36^3 posibilidades), algo muy complicado para retener en la memoria o poco práctico si

se usan escalas incluyendo referencias para las diferentes intensidades. En el mercado creciente de los cafés de alta gama, la descripción de los cafés es de especial importancia para diferenciar orígenes y distinguir cafés de calidad aromática extraordinaria, sin embargo, representa un reto su análisis por el carácter nominal de este tipo de variables. Así, el análisis de las variables que describen las notas aromáticas del café (cualitativas) permite complementar el clásico análisis cuantitativo. Además, existe la necesidad de comprobar la eficacia del panel en conjunto y, de cada juez a nivel individual, para conocer si la información obtenida tras la evaluación sensorial de la bebida de café es adecuada. Esto permitirá tomar decisiones con mayor fundamento y, además, conocer los efectos en la calidad de la bebida de factores asociados al cultivo, a las variedades y al procesado del café, entre otros, sobre todo, en el contexto de los cafés de alta gama.

Por tanto, el objetivo de este estudio es proponer un procedimiento que permita integrar las variables cuantitativas y cualitativas, que comúnmente se califican y son de gran importancia para definir el bouquet de la bebida de café, y evaluar la eficacia de un panel de catadores previamente seleccionado y entrenado.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS

3.2.1. Panel de catadores

Los jueces fueron seleccionados y entrenados conforme al procedimiento establecido por Meilgaard et al. (1999) y la norma ISO 8586 (2012). El panel de evaluación sensorial, compuesto por tres mujeres y siete hombres con edades de entre 19 y 44 años, fue entrenado directamente con la bebida de café mediante la técnica de análisis descriptivo cuantitativo en sesiones de una hora diaria con un tiempo de formación acumulada de 80 horas en el momento de hacer el control de eficacia. Para su entrenamiento, se utilizaron cafés de diferentes orígenes, variedades y tratamientos poscosecha.

3.2.2. Atributos sensoriales

Los atributos objetivos seleccionados en la bebida de café fueron cuantitativos (acidez, dulzor, amargor, salado) y cualitativos y cuantitativos (olor, flavor, regusto y textura).

La definición para cada atributo fue realizada según la norma ISO 5492 (2008) adaptadas a la bebida de café. Con base a ello los atributos fueron definidos como sigue:

Acidez: intensidad del sabor básico (cuantitativo) producido por los ácidos orgánicos presentes en la bebida percibidos en la boca, pero principalmente en los bordes posteriores de la lengua. Como referencia para el entrenamiento de este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de ácido cítrico.

Dulzor: intensidad del sabor básico (cuantitativo) producido por los azúcares presentes en la bebida percibidos en la boca, pero principalmente en el borde inicial de la lengua. Como referencia para el entrenamiento de este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de ácido cítrico.

Amargor: intensidad del sabor básico (cuantitativo) producido por varias sustancias entre ellas la quinina y la cafeína presentes en la bebida percibido en la boca, pero principalmente en la parte central posterior de la lengua. Como referencia para el entrenamiento de este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de ácido cítrico.

Salado: intensidad del sabor básico (cuantitativo) producido por sustancias como el cloruro de sodio presentes en la bebida percibido en la boca, pero principalmente en el primer tercio de la lengua. Como referencia para el entrenamiento de este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de ácido cítrico.

Olor: sensación percibida por medio del órgano olfatorio al oler ciertas sustancias volátiles que se desprenden de la infusión del café inmediatamente después de ser servida. Cada juez mide la intensidad (cuantitativo) y escribe las notas aromáticas que percibe en el olor (cualitativo).

Flavor: combinación compleja de las sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación. Percepción bucal de la bebida inmediatamente después de tomar un sorbo de café. Cada juez mide la intensidad (cuantitativo) y escribe las notas aromáticas que percibe en el flavor (cualitativo).

Regusto: percepción bucal y retronasal de la intensidad de la bebida después de tres minutos de haber tragado al menos tres sorbos de café. Cada juez mide la intensidad (cuantitativo) y escribe las notas aromáticas que percibe en el regusto (cualitativo).

Textura: sensación táctil de la bebida percibida en la boca relacionada con el grado de suavidad, astringencia, aspereza o una combinación de ellas; apreciada mediante la fricción de la lengua contra el paladar. Cada juez mide la intensidad (cuantitativo) y escribe el tipo de textura que percibe (cualitativo).

Las intensidades de los diferentes atributos cuantitativos fueron medidas por los jueces utilizando escalas no estructuradas de 10 cm. En el caso de los atributos cualitativos, los catadores fueron entrenados para escribir las notas percibidas en el olor, flavor y regusto, entrenando su memoria sensorial mediante el juego de 36 esencias aromáticas (flor de café, té de rosas, miel, limón, manzana, albaricoque, guisante, patata, pepino, caramelo, mantequilla fresca, cacahuetes tostados, avellanas tostadas, almendras tostadas, nueces, chocolate oscuro, vainilla, tostado, pimienta, clavo, semillas de cilantro, jarabe de maple, grosella negra, cedro, malta, café tostado, tabaco de pipa, tierra, cuero, paja, pulpa de café, arroz basmati, medicinal, caucho, bistec cocido, humo) de Le Nez du Café (Lenoir, 2008), referencia utilizada en los cafés de especialidad.

Como referencia para la textura, cafés comerciales característicos para cada tipo: suave, astringente, áspera y su combinación fueron utilizados.

3.2.3. Muestras de café y preparación de la bebida

Para la valoración de la eficacia del panel, cinco muestras comerciales reconocidas y de diferente origen geográfico (A, B, C, D, y E) fueron usadas y evaluadas por lo menos en dos sesiones por cada uno de los 10 jueces.

El procedimiento para la preparación de la bebida se realizó en base a los parámetros técnicos emitidos por el Istituto Nazionale Espresso Italiano (2006) para preparar un espresso. El café en grano de cada muestra fue molido en un molino marca Mahlköning modelo K30ES, $7\pm 0,5$ g de café fueron puestos en el portafiltro para la extracción de la infusión en la máquina de espressos marca “La Cimbali” modelo M22 Premium. La extracción de $25\pm 2,5$ mL de concentrado de café fue realizada (correspondientes a un espresso) con agua a 88 ± 2 °C, a una presión de 9 ± 1 bar en un tiempo de 25 ± 5 segundos. La bebida de café para evaluar sensorialmente fue preparada con aproximadamente 200 mL de extracto de café (8 espressos) y fue llevada a 1 L con agua a 93°C. La dilución obtenida fue introducida en un termo marca BUNN modelo Airpot para mantener la bebida a más 55°C durante la sesión de cata.

Las muestras fueron presentadas al panel en tazas codificadas y de forma aleatoria, siguiendo un diseño de bloques completos.

Las intensidades de los diferentes atributos cuantitativos de cada café fueron medidas por los jueces utilizando escalas no estructuradas de 10 cm. Las notas aromáticas (atributos cualitativos) percibidas en el olor, flavor y regusto de cada café fueron reportadas por los jueces. En el caso de los atributos cualitativos de la textura, (suave, astringente, áspera), uno de los 3 descriptores o una combinación de ellos fue reportado por los jueces para cada café.

3.2.4. Análisis de datos

La información generada fue analizada para conocer la eficacia del panel en conjunto y a nivel de cada juez en particular. Para su análisis se separan los atributos cuantitativos de los cualitativos explicando las técnicas estadísticas utilizadas (tabla 3.1).

3.2.4.1. Atributos cuantitativos

3.2.4.1.1. Eficacia del panel

Para los atributos cuantitativos fue utilizado el procedimiento establecido por Duran et al. (2017), mediante el modelo de análisis de varianza lineal mixto y las recomendaciones de Lea et al. (1997), para 10 jueces y cinco muestras. El modelo usado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} es la calificación de intensidad de un atributo dado por el panelista k a una muestra i en la sesión j , μ es la media de cada parámetro usado para describir las muestras, α_i es el efecto principal de la muestra i (fijo), β_j es el efecto de la sesión j (aleatorio), γ_k es el efecto principal del juez k (aleatorio), $\alpha\beta_{ij}$ es el efecto de la interacción entre la muestra i y la sesión j , $\alpha\gamma_{ik}$ es el efecto de la interacción entre la muestra i y el juez k , $\beta\gamma_{jk}$ es el efecto de la interacción entre la sesión j y el juez k y ϵ_{ijk} es el residual.

El poder de discriminación del panel para las variables cuantitativas fue obtenido mediante el estudio del efecto principal de la muestra y del efecto principal del juez para observar las diferencias en el uso de la escala (efecto nivel). Para observar el consenso del panel en la medición de variables cuantitativas el análisis de la interacción muestra-juez fue utilizada y para evaluar la reproducibilidad del panel las interacciones juez-sesión y muestra-sesión fueron utilizadas.

3.2.4.1.2. Eficacia de los jueces

En cuanto al nivel de acuerdo (consenso) entre cada juez y resto del panel para cada atributo cuantitativo, el coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de cada juez y los valores promedio del panel fue calculado.

Para la eficacia individual de cada juez, un ANOVA fue utilizado. El siguiente modelo para cada juez fue aplicado:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} es el valor de un atributo dado por un juez a la muestra i en la sesión j , μ es la constante, α_i es el efecto principal de la muestra i (establecido como fijo), β_j es el efecto principal de la sesión j (establecido como aleatorio) y ϵ_{ij} es el residual. En este modelo, el efecto principal muestra valora la capacidad discriminativa de cada juez, el efecto principal sesión toma en cuenta la estabilidad de los jueces para calificar entre sesiones, mientras que las cuentas de los residuales, incluye el efecto de la interacción muestra sesión, refleja la repetibilidad del desempeño individual durante las sesiones (estabilidad) para las variables cuantitativas.

3.2.4.2. Atributos cualitativos

3.2.4.2.1. Eficacia del panel

Para las variables cualitativas los procedimientos de Pagès (2015) para el análisis factorial múltiple (MFA) fueron utilizados. Para cada atributo cualitativo, se organiza la respuesta del panel en tablas de contingencia que cruzan las muestras con sus notas aromáticas de cada atributo agrupadas por sesiones. Para conocer el poder de discriminación, elipses de confianza alrededor de cada muestra en la representación espacio producto derivada del MFA fueron elaboradas. Las elipses de confianza englobaron el 95% de las proyecciones proporcionadas por la simulación de paneles virtuales. Para conocer el consenso del panel en el uso de los descriptores cualitativos

para caracterizar las muestras, la relación de inercia para cada atributo en las primeras dos dimensiones del MFA fueron analizadas. Para observar la reproducibilidad del panel de una sesión a otra, en el MFA de cada atributo, la matriz de coeficientes RV entre las dos sesiones fue analizada

3.2.4.2.2. Eficacia de los jueces

MFA fue aplicado a diferentes organizaciones de la tabla de contingencia, formada por las muestras y sus notas descriptivas aromáticas (del olor, flavor y regusto) y de textura. Un primer arreglo para la tabla de contingencia, formato tipo I, permite estudiar el poder de discriminación de cada juez mediante el cálculo del coeficiente Lg de un MFA para cada atributo. En este caso, los datos de cada atributo fueron organizados en una tabla de contingencia en la que las 5 muestras son las filas, las sesiones de cada juez son las columnas con las que se forman 10 grupos, uno con cada juez. Las tablas con formato II permiten analizar el nivel de acuerdo entre jueces, mediante el cálculo de la relación de inercia de cada juez con respecto a la inercia total para cada atributo. Para estos análisis, los datos fueron organizados, para cada atributo, en una tabla de contingencia considerando los jueces como filas y las muestras como columnas que se agrupan según la sesión de evaluación. Esta misma configuración permite analizar la repetibilidad de los jueces mediante el cálculo la inercia interna de cada juez con respecto a cada sesión de un MFA para cada atributo (olor, flavor, regusto y textura).

Los resultados obtenidos, tanto cuantitativos como cualitativos, fueron estructurados para su evaluación estadística mediante el software FactoMineR (Lê et al., 2008) y SensoMineR (Husson et al., 2014) de R (RDevelopment Core Team, 2017).



Tabla 3.1. Procedimiento seguido para evaluar la eficacia del panel y de los jueces del panel de evaluación sensorial de café.

Criterio de eficacia	Métodos estadísticos	Interpretación
Atributos cuantitativos		
<i>Eficacia del panel</i>		
Poder de discriminación	Se analiza el efecto del factor muestra del modelo de ANOVA de tres factores: muestra, juez y sesión.	El panel puede discriminar cuando existe efecto significativo del factor muestra.
Consenso	Se analiza el efecto de la interacción muestra-juez del modelo de ANOVA de tres factores: muestra, juez y sesión.	El panel tiene consenso cuando no existe efecto significativo de la interacción muestra-juez.
Reproducibilidad	Se analiza la interacción muestra-sesión del modelo de ANOVA de tres factores: muestra, juez y sesión.	El panel es reproducible cuando no existe efecto significativo de la interacción muestra-sesión. Es decir, valoran de manera semejante la muestra de una sesión a otra.
	Se analiza la interacción sesión-juez del modelo de ANOVA de tres factores: muestra, juez y sesión.	El panel es reproducible si no existe efecto significativo de la interacción sesión-juez. Indica que un panel valora con una escala semejante de una sesión a otra.
<i>Eficacia de los jueces</i>		
Nivel de acuerdo	Correlación entre la media del panel y el valor del juez.	Valores de correlación superiores a 0.85 indica buen nivel de acuerdo, valores negativos indica un desacuerdo con el panel.
Poder de discriminación	Se analiza para cada juez el efecto muestra del modelo de ANOVA para el desempeño de los jueces.	Valores significativos para cada juez indican poder de discriminación.
Repetibilidad	Se analiza la desviación estándar de los residuales del modelo de ANOVA que valora para cada juez el efecto muestra sesión.	Valores de desviaciones estándar menores de 1.96 indica que el juez está calificando de manera similar en cada sesión.
Atributos cualitativos		
<i>Eficacia del panel</i>		
Poder de discriminación	Análisis de la proyección de elipses de confianza (al 95%) de las muestras en las primeras dos dimensiones resultantes de un MFA para cada atributo.	Cuanto menor sea la intersección entre elipses habrá un mayor poder de discriminación del panel.
Consenso	Calculo de la relación de inercia (inercia entre jueces/inercia total) en las primeras dos dimensiones del MFA para cada atributo.	Si el panel tiene consenso, los valores de la relación de inercia en las dos dimensiones se acercan al valor de 1.
Reproducibilidad	Calculo del coeficiente RV entre las dos sesiones del panel y el análisis de la inercia interna de la proyección de cada juez para cada muestra en las primeras dos dimensiones resultantes de un MFA para cada atributo.	El panel es reproducible si los valores del coeficiente RV se acercan al valor de 1. La reproducibilidad del panel será mayor cuanto menor sea la inercia interna.
<i>Eficacia de los jueces</i>		
Nivel de acuerdo	A partir de un MFA se calcula el coeficiente RV de cada juez con respecto del RV de la configuración para cada atributo.	Valores del coeficiente RV cercanos a 1 indica mayor nivel de acuerdo.
Poder de discriminación	A partir de un MFA para cada atributo, se analiza el comportamiento del coeficiente Lg de cada juez con respecto a cada uno de los otros jueces del panel.	Valores altos del coeficiente Lg indica mayor poder de discriminación de las muestras.
Repetibilidad	A partir de un MFA, se analiza la inercia interna entre las sesiones de cada juez para cada atributo en las dimensiones que explican al menos un 70% de variabilidad.	El nivel de repetibilidad será mayor cuanto menor es la inercia interna.

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describen y discuten los resultados obtenidos en cuanto al poder de discriminación del panel, del poder de discriminación de cada juez, del consenso del panel, del acuerdo entre jueces, de la reproducibilidad del panel y de la repetibilidad de los jueces; tanto para los atributos cuantitativos como para los cualitativos.

3.3.1. Atributos cuantitativos

En la tabla 3.2 se muestran los resultados del análisis de varianza de tres factores: muestra, juez y sesión; con sus interacciones muestra-sesión, muestra-juez y juez-sesión, se explica en cada apartado el desempeño de las habilidades valoradas.

Tabla 3.2.- Valores de p del análisis de varianza de tres factores y sus interacciones de orden 2 aplicado a los juicios cuantitativos del panel de evaluación sensorial de café.

Atributo	Muestra	Juez	Sesión	Muestra-Juez	Muestra-Sesión	Juez-Sesión
Amargor	0.0000***	0.0078**	0.0481*	0.0730 ^{ns}	0.0129 ^{ns}	0.7409 ^{ns}
Acidez	0.0000***	0.0947 ^{ns}	0.2563 ^{ns}	0.3530 ^{ns}	0.5901 ^{ns}	0.8383 ^{ns}
Dulzor	0.0000***	0.0000***	0.0395*	0.0095**	0.0482*	0.2315 ^{ns}
Salado	0.0000***	0.0048**	0.1668 ^{ns}	0.1954 ^{ns}	0.8275 ^{ns}	0.8802 ^{ns}
Regusto	0.0002***	0.0000***	0.1929 ^{ns}	0.1549 ^{ns}	0.1563 ^{ns}	0.7533 ^{ns}
Textura	0.0002***	0.0000***	0.2864 ^{ns}	0.2542 ^{ns}	0.2958 ^{ns}	0.9808 ^{ns}
Flavor	0.1371 ^{ns}	0.0014**	0.4235 ^{ns}	0.2779 ^{ns}	0.1013 ^{ns}	0.1930 ^{ns}
Olor	0.2239 ^{ns}	0.0000***	0.0656 ^{ns}	0.1839 ^{ns}	0.4814 ^{ns}	0.0110 ^{ns}

ns = no significativo, *significativo (p<0.05), **significativo (p<0.01), ***significativo (p<0.001)

3.3.1.1. Poder de discriminación del panel

De acuerdo con los resultados obtenidos, un efecto muestra significativo (p<0.05) para la mayoría de los atributos, excepto para olor y flavor, fue encontrado. Esto indica que el panel tiene capacidad para discriminar muestras.

En la tabla 3.2, se observa que existen diferencias significativas en al menos en una de las muestras en los atributos amargor, acidez, dulzor, salado, regusto y textura. Sobresalen las intensidades de los sabores básicos (amargor, acidez, dulzor y salado) de la bebida del café como los atributos con mayor poder de discriminación (mayor valor de significación), a pesar de esto sólo la acidez y el dulzor se consideran como atributos a evaluar en las normas de calidad de café (SCAA, 2015, SCAN, 2015; USAID, 2015).

3.3.1.2. Poder de discriminación de cada juez

La tabla 3.3 muestra la habilidad de cada juez para discriminar cada muestra para cada atributo cuantitativo, tras el tratamiento de ANOVA. Los jueces están ordenados en la tabla 3 de acuerdo con su habilidad para discriminar de acuerdo con sus valores de p de la prueba F. Destacan los jueces 3 y 2 debido a su mayor poder discriminante para las intensidades de los sabores básicos: acidez, dulzor, amargor y salado; mientras que el juez 7 tiene mayor poder discriminante en las intensidades de amargor, regusto y flavor y el juez 10 en regusto y olor. Por otro lado, el juez 6 presenta menor poder discriminante para la intensidad de dulzor y olor respectivamente.

Tabla 3.3. - Valores de p de la prueba de F para el poder de discriminación de cada juez para cada atributo cuantitativo.

Juez	Acidez	Amargor	Textura	Regusto	Salado	Dulzor	Olor	Flavor
3	0.0000***	0.0178*	0.2042 ^{ns}	0.1683 ^{ns}	0.0145*	0.0011**	0.8776 ^{ns}	0.8374 ^{ns}
2	0.0079**	0.0000***	0.2790 ^{ns}	0.2694 ^{ns}	0.0004***	0.0446*	0.8551 ^{ns}	0.8446 ^{ns}
10	0.1179 ^{ns}	0.1840 ^{ns}	0.1810 ^{ns}	0.0346*	0.7471 ^{ns}	0.5800 ^{ns}	0.0318*	0.7061 ^{ns}
7	0.7969 ^{ns}	0.0344*	0.3134 ^{ns}	0.0373*	0.2931 ^{ns}	0.4775 ^{ns}	0.5892 ^{ns}	0.0290*
5	0.0554 ^{ns}	0.2721 ^{ns}	0.3478 ^{ns}	0.4402 ^{ns}	0.5420 ^{ns}	0.6312 ^{ns}	0.0255*	0.2095 ^{ns}
4	0.3730 ^{ns}	0.3343 ^{ns}	0.0268*	0.1642 ^{ns}	0.6961 ^{ns}	0.5582 ^{ns}	0.2469 ^{ns}	0.2929 ^{ns}
1	0.4842 ^{ns}	0.2285 ^{ns}	0.2540 ^{ns}	0.4099 ^{ns}	0.1194 ^{ns}	0.1031 ^{ns}	0.6786 ^{ns}	0.7937 ^{ns}
8	0.1154 ^{ns}	0.2077 ^{ns}	0.8425 ^{ns}	0.5829 ^{ns}	0.5899 ^{ns}	0.5126 ^{ns}	0.0076***	0.8546 ^{ns}
6	0.6645 ^{ns}	0.1017 ^{ns}	0.5088 ^{ns}	0.4229 ^{ns}	0.3704 ^{ns}	0.9891 ^{ns}	0.8921 ^{ns}	0.6524 ^{ns}
9	0.0466*	0.1408 ^{ns}	0.6430 ^{ns}	0.8283 ^{ns}	0.5907 ^{ns}	0.2128 ^{ns}	0.8147 ^{ns}	0.5894 ^{ns}

ns = no significativo, *significativo (p<0.05), **significativo (p<0.01), ***significativo (p<0.001)

Aunque los jueces presentan diferencias entre ellos, en cuanto a sus habilidades para diferentes atributos, se observa que el panel en conjunto es capaz de discriminar las muestras.

3.3.1.3. Consenso del panel

Según se observa en la tabla 3.2, el efecto juez es significativo para la mayoría de los atributos evaluados. Este resultado es habitual en los paneles de evaluación sensorial ya que indican un uso diferente de la escala como lo señalan Duran et al. (2017).

En la tabla 3.2, en la columna que corresponde a la interacción muestra-juez, se observa que este efecto no es significativo para la mayoría de los atributos, sólo se observa significancia para la intensidad del dulzor (p<0.01). Esto indica que existe un amplio consenso entre los jueces.

3.3.1.4. Acuerdo entre jueces

En la tabla 2.4 se muestran las correlaciones de cada juez con el resto del panel para todos los atributos evaluados. Los jueces están ordenados por el grado de acuerdo entre jueces, en el siguiente orden 2, 3, 1, 9, 7, 5, 4, 8, 10 y 6. De la misma manera los atributos se encuentran ordenados de mayor a menor acuerdo entre jueces, en el siguiente orden: amargor, acidez, textura, salado, regusto, dulzor, flavor y olor. Las correlaciones positivas (superiores a 0.85), según el valor establecido por Duran et al (2017), están en negrita e indican que la media del juez corresponde con la media del panel. Los valores en gris indican correlaciones negativas o menor nivel de acuerdo del juez con la media del panel.

Como tendencia general se observa que en la intensidad de amargor de la bebida hay mayor acuerdo entre jueces, 7 de los 10 jueces presentan valores de correlación altos (>0.85). Mientras que en la intensidad de la acidez de la bebida es el segundo, presentando 4 jueces con altas correlaciones. Por otro lado, en la intensidad de salado, 5 jueces presentan altas correlaciones positivas, pero también hay 3 jueces con correlaciones negativas, lo que indica que los jueces 6, 5 y 8 no están valorando de la misma forma.

Se confirma que la intensidad del olor y el flavor son los atributos con menor acuerdo entre jueces debido a la falta de discriminación, ya que diferencias significativas entre muestras no fueron encontradas (tabla 3.4). Incluso para el atributo flavor, los jueces 3, 10 y 6 presentan valores de correlación negativa que indican un desacuerdo con el resto del panel y que se corresponden con altos valores de p de la prueba de F (tabla 3) que indican menor poder de discriminación.

Tabla 3.4.- Valores de correlación de los jueces por atributo evaluado con respecto al panel.

Juez	Amargor	Acidez	Regusto	Textura	Dulzor	Salado	Olor	Flavor
3	0.98	0.98	0.94	0.61	0.98	0.95	0.61	- 0.43
2	0.96	0.99	0.79	0.93	0.99	0.99	0.73	0.16
1	0.95	0.98	0.98	0.90	0.98	0.92	0.30	0.37
9	0.98	0.84	- 0.57	0.82	0.35	0.89	0.69	0.84
5	0.89	0.94	0.21	0.74	0.92	- 0.08	0.31	0.77
8	0.94	0.91	0.68	- 0.67	0.67	- 0.27	0.74	0.30
7	0.75	0.08	0.76	0.64	0.56	0.84	0.57	0.68
4	0.90	0.74	0.46	0.69	0.45	0.35	0.47	0.86
10	0.73	0.86	0.84	0.66	- 0.29	0.17	0.17	- 0.32
6	0.49	0.27	0.58	0.34	0.12	- 0.51	0.88	- 0.09

Los altos valores de correlación de los jueces con respecto al panel en la mayoría de los atributos indican consenso entre los miembros del panel de evaluación sensorial.

3.3.1.5. Reproducibilidad del panel

Con respecto a la reproducibilidad, un efecto significativo de la sesión sólo fue encontrado en dos de los atributos evaluados, tal y como se muestra en la tabla 3.2. Este hecho indica que el panel fue reproducible al calificar los parámetros cuantitativos en las diferentes sesiones. La interacción muestra-sesión únicamente fue significativa en la intensidad del dulzor y del amargor.

Únicamente una interacción juez-sesión fue significativa, lo que indica que los jueces evalúan con valores similares las muestras en las diferentes sesiones.

3.3.1.6. Repetibilidad de los jueces

En la tabla 3.5 se muestran las desviaciones estándar de los residuales del modelo de ANOVA, que reflejan la repetibilidad durante las sesiones para cada juez y atributo cuantitativo. La repetibilidad mide la habilidad de cada juez para calificar de la misma manera cada muestra en diferentes sesiones. Duran et al. (2017) establecen que si el juez tiene una desviación estándar superior a 1.96 quiere decir que no está calificando en un rango igual en sesiones diferentes. Tal y como se observa en la tabla 2.5, solo 5 de las 80 desviaciones estándar superan el límite establecido (en negrita en la tabla) lo que indica un alto grado de repetibilidad de los jueces.

Tabla 3.5. Desviaciones estándar de los residuales del modelo de ANOVA de cada juez en cada atributo.

Juez	Olor	Flavor	Regusto	Acidez	Dulzor	Amargor	Salado	Textura
1	1.136	1.632	1.821	3.276	1.706	2.723	1.311	0.506
2	1.270	1.237	0.882	1.374	1.318	0.470	0.591	0.556
3	0.979	1.026	0.894	0.770	0.898	1.794	0.917	0.632
4	1.099	1.169	1.002	2.158	1.170	2.021	1.625	0.941
5	0.555	1.461	1.482	0.940	1.190	1.245	0.639	1.018
6	0.727	1.329	1.195	1.224	1.730	0.639	0.708	0.8146
7	1.067	0.624	1.098	2.703	1.156	1.621	1.161	0.800
8	0.265	1.486	1.608	0.914	0.985	1.307	0.406	0.497
9	1.397	1.011	1.571	0.904	1.219	1.603	1.486	1.025
10	0.795	1.465	0.707	1.074	1.649	1.517	1.329	1.617

Los resultados obtenidos en el análisis de la evaluación de las variables cuantitativas con el modelo de ANOVA aplicado al panel y el aplicado a los jueces, indican una buena eficacia del panel de catadores en la valoración de las 8 variables.

3.3.2. Atributos cualitativos

La complejidad aromática de la bebida del café no puede expresarse fácilmente en intensidades para cada una de las notas aromáticas que pueden estar presentes en cada momento de la cata pues implicaría para cada juez un entrenamiento en escalas de intensidad en más de 36 descriptores. La utilización de descriptores cualitativos incluidos en los atributos olor, flavor, regusto y textura conlleva la necesidad de analizar la eficacia del panel en el uso de los atributos cualitativos. Para estos casos se propone emplear análisis factorial múltiple (MFA).

3.3.2.1. Poder de discriminación del panel

Para conocer el poder de discriminación por parte del panel, se valora la proyección de elipses de confianza (al 95%) de las muestras en las primeras dos dimensiones resultantes del MFA realizado en cada atributo, organizando las respuestas del panel en una matriz que cruza las muestras con sus notas aromáticas agrupadas por sesiones. En el caso de la descripción del olor, tal y como se observa en las elipses de confianza de cada muestra en la figura 3.1a, es evidente el poder de discriminación del panel para las muestras de café de los orígenes B, C y D, ubicadas cada una en diferente cuadrante. Mientras que en las muestras de café de los orígenes A y E, sus elipses de confianza se interceptan lo que indica que el panel no logra discriminarlas de una forma tan clara. En cuanto a la descripción del flavor (figura 3.1b), el panel discrimina claramente las muestras B, D y E, mientras que las muestras A y C las describe con mucha semejanza. Para la descripción del regusto (figura 3.1c), el panel muestra el mayor poder de discriminación, pues cada una de las muestras aparece situada en posiciones muy distantes entre sí y sus elipses apenas llegan a interceptarse en las muestras A y B. En cuanto a la descripción de la textura (figura 3.1d), el panel discrimina claramente las muestras A, B, E y D; mientras que la muestra C tiene una mayor amplitud en su elipse de confianza que intercepta a las muestras A y B. En general, el panel denota poder de discriminación de las muestras mediante el uso de descriptores incluidos en los cuatro atributos cualitativos.

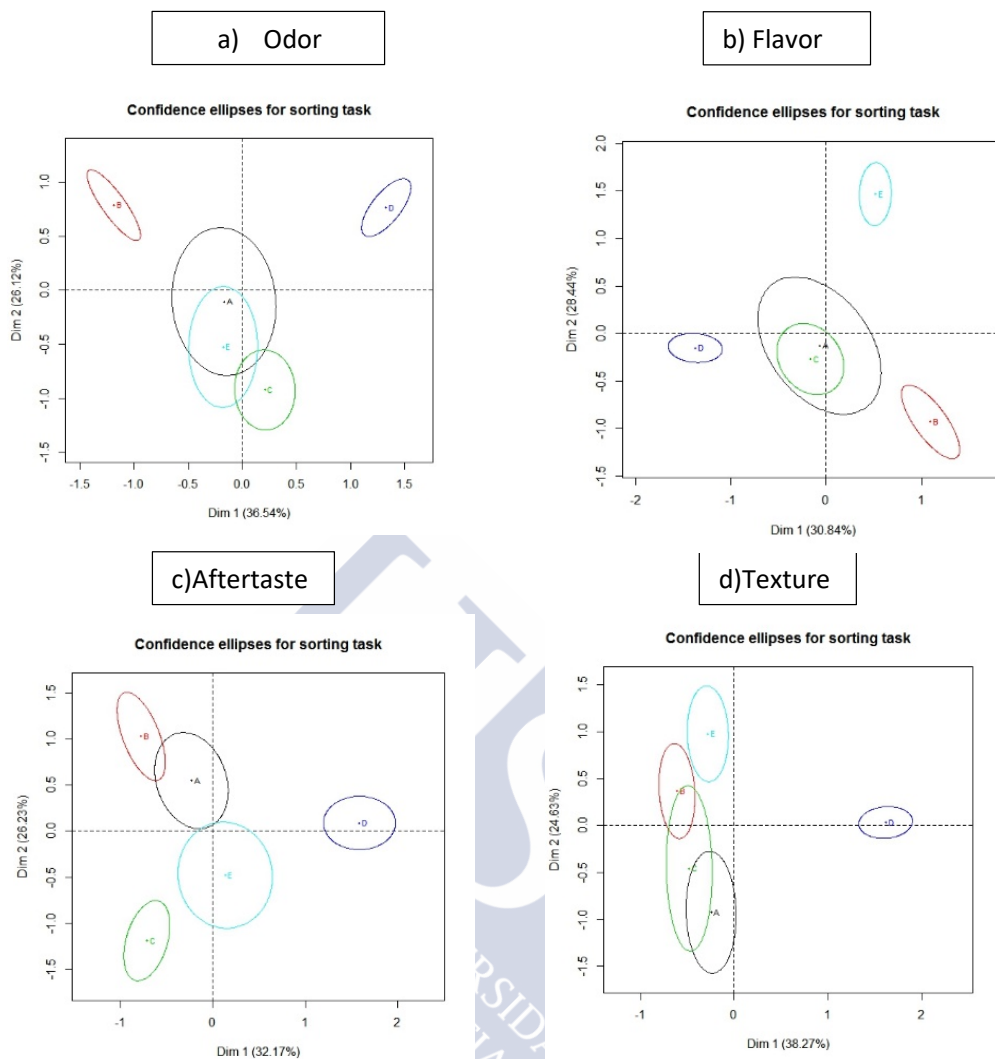


Figura 3.1. Habilidad de discriminación del panel. Elipses de confianza de las muestras en las dos primeras dimensiones resultantes de un MFA para a) olor, b) flavor, c) regusto y d) textura.

3.3.2.2. Poder de discriminación de cada juez

Para comprobar el poder de discriminación de cada juez, se realiza un MFA para cada atributo (olor, flavor, regusto y textura), a partir de la tabla de contingencia formada por las 5 muestras (como filas) y los 10 jueces con sus repeticiones usadas como columnas. En este caso, en cada atributo, los jueces determinan los grupos del MFA. Se analiza en cada atributo el coeficiente L_g de cada juez. Cuando el valor de L_g de cada juez es alto indica que las muestras tienen direcciones de alta inercia, es decir, son ubicadas en un plano reducido en diferentes dimensiones lo cual es una medida indirecta de que el juez está valorando las muestras de diferente manera para cada atributo.

A manera de ejemplo, en la figura 3.2 se muestra la discriminación de las muestras por cada uno de los jueces para los descriptores incluidos en el regusto. Cada uno de los rayos representa la proyección de cada juez. Se puede observar que el juez 1 (J1) y el juez 4 (J4) son los de mayor y menor discriminación, respectivamente. Una de las razones de la menor discriminación del juez 4 es que utiliza los mismos descriptores para el regusto para las muestras D y E, por tanto, el valor obtenido de L_g (1.44) es el más bajo. En cuanto al juez 1 las proyecciones de sus inercias

son muy cercanas al centroide de cada muestra, lo que indica que los descriptores usados para el regusto son muy diferentes para cada muestra y, por tanto, tiene mayor nivel de discriminación con un valor de L_g de 1.92 (de los más altos).

Debido a la imposibilidad de presentar todas las gráficas para todos los atributos, se presenta en la tabla 3.6 el poder de discriminación de cada juez para las variables cualitativas. En la tabla los valores de poder de discriminación están ordenados de mayor a menor para los jueces y atributos, así los jueces con mayor poder de discriminación son el 6, 1 y 9 mientras que los descriptores incluidos en el regusto y flavor son los que presentan los valores más altos del coeficiente L_g . En general, los jueces tienen alto poder discriminante, lo que demuestra que sus resultados en forma individual concuerdan con el resultado global del panel. Los jueces tienen menor poder de discriminación al usar los descriptores incluidos en el olor y la textura, lo que confirma la necesidad de mayor entrenamiento en estos atributos.



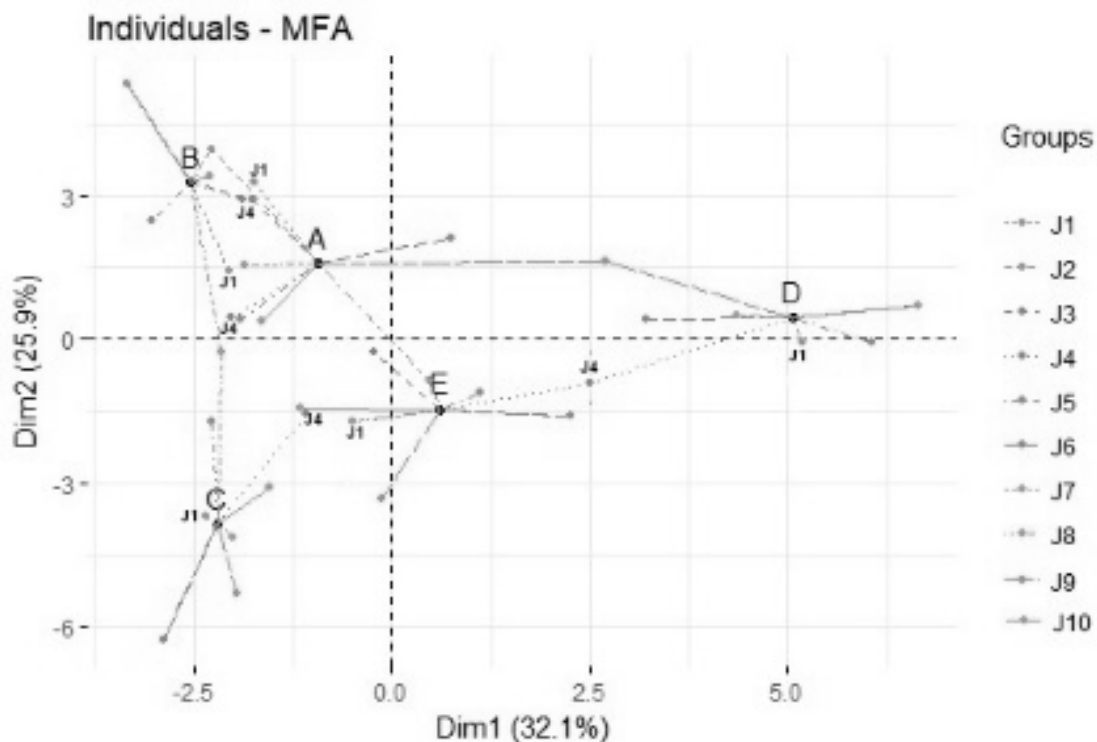


Figura 3.2. Discriminación entre muestras por parte de cada juez para el atributo regusto.

Tabla 3.6. Poder de discriminación de cada juez. Valores de coeficiente Lg para los jueces por atributo obtenidos a partir de un MFA.

Juez	Regusto	Flavor	Olor	Textura
6	2.63	2.63	1.75	2.63
9	2.25	3.00	1.68	1.25
1	1.92	2.25	1.92	1.25
5	1.83	2.00	1.67	1.67
3	2.25	1.68	1.36	1.50
2	2.25	1.67	1.50	1.25
8	1.56	1.50	1.56	1.68
7	1.56	1.68	1.44	1.25
10	2.00	1.56	1.44	1.36
4	1.44	2.25	1.18	1.44

3.3.2.3. Consenso del panel

Para observar el consenso, la relación de inercia (inercia interna entre jueces/inercia total) fue utilizada como indicador de similaridad (consenso) entre las estructuras de las nubes parciales (jueces y sesiones) en los primeros dos ejes. En la tabla 3.7 se observan valores de relación de inercia altos, que muestran alta similaridad, esto indica consenso en los jueces al valorar las muestras.

Tabla 3.7. Relación de inercia (Inercia jueces/Inercia total) asociada al consenso del panel para cada atributo en las primeras dos dimensiones.

Atributo	Dimensión 1	Dimensión 2
Olor	0.9423	0.9275
Regusto	0.9250	0.8761
Flavor	0.8915	0.8883
Textura	0.8890	0.8973

3.3.2.4. Acuerdo entre jueces

Con la misma configuración de las matrices de la sección 3.3.2.2 se determinó el acuerdo entre jueces. Para esto se calculó el RV de cada juez con respecto del RV de la configuración. Los valores se presentan en la tabla 3.8, donde se observa que los coeficientes de RV para todos los jueces son altos, lo que indica un buen nivel de acuerdo entre jueces. Analizando los resultados, se observa que los jueces 2, 3 y 4 son los de menor nivel de acuerdo, mientras que los jueces 1, 6 y 9 son los de mayor nivel de acuerdo.

Tabla 3.8. Valores de RV de cada juez con respecto al RV de la configuración para cada atributo.

Juez	Olor	Flavor	Regusto	Textura
1	0.96	0.86		0.96
6	0.94	0.91		0.94
9	0.87	0.93		0.87
5	0.86	0.78		0.86
10	0.84	0.82		0.84
7	0.79	0.83		0.79
8	0.78	0.85		0.78
2	0.80	0.80		0.80
4	0.78	0.83		0.78
3	0.76	0.75		0.76

3.3.2.5. Reproducibilidad del panel

Para observar la reproducibilidad del panel la misma configuración de las tablas de contingencia utilizada para observar el el poder de discriminación del panel fue aplicada. Del MFA resultante para cada atributo, el coeficiente RV entre las dos sesiones fue calculado Todas las variables cualitativas presentan valores altos del coeficiente RV, de mayor a menor repetibilidad fueron: el regusto (0.935), flavor (0.963), textura (0.892) y el olor (0.812). Esto indica que las configuraciones de las sesiones tienden a ser homotéticas, lo que implica un alto grado de reproducibilidad del panel de una sesión a otra en el uso de variables cualitativas.

Las representaciones parciales de cada muestra para los atributos cualitativos se muestran en la figura 3.3. En general, se observa reproducibilidad para describir las muestras por parte del panel, sin embargo, debido a la mayor inercia interna presente en el olor y la textura en la mayoría de las muestras quizá indiquen que podría ser necesario trabajar más en el consenso del panel en el uso de descriptores para estos atributos.

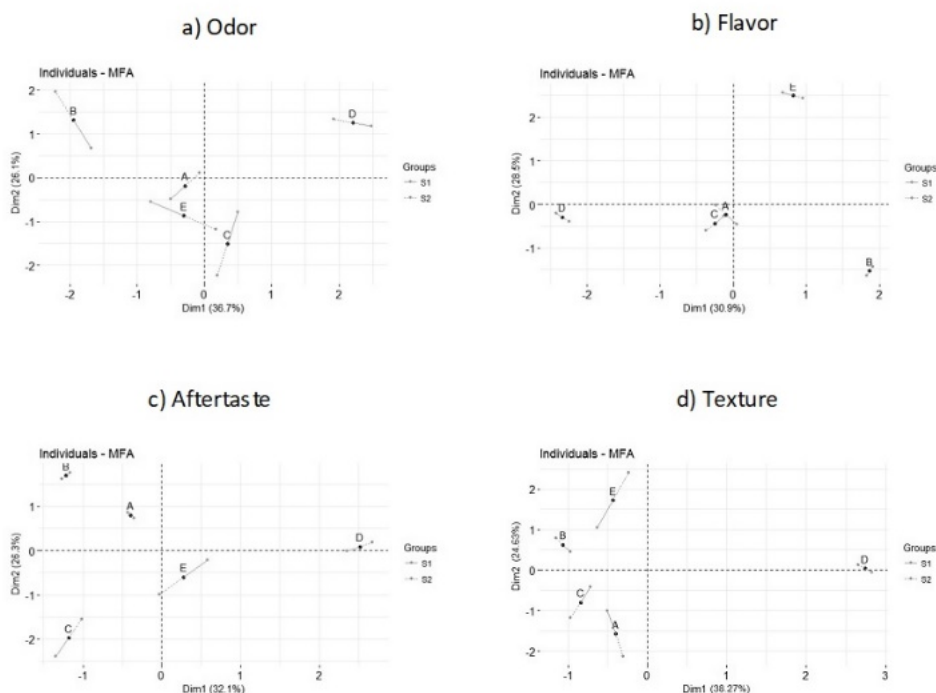


Figura 3.3.- Reproducibilidad del panel. Proyecciones de las nubes parciales de las muestras en las primeras dos dimensiones resultantes de un MFA para a) Olor, b) Flavor, c) Regusto y d) Textura.

3.3.2.6. Repetibilidad de los jueces

Como indicador de repetibilidad, se calcula el porcentaje de inercia interna resultante de un MFA aplicado a tabla de contingencia ordenada por los jueces (filas) y las valoraciones de cada muestra (columnas) considerando las muestras agrupadas por sesión. De acuerdo con el MFA, los valores de la inercia interna entre sesiones permiten evaluar la repetibilidad de cada juez para cada atributo. En la figura 3.4 se muestra el comportamiento de la repetibilidad de los jueces para el atributo regusto, donde se observa que el juez 1 es el menos repetible tanto en la dimensión 1 como en la 2, y es el único que se ubica en el cuadrante positivo en las dos dimensiones, su valor de inercia interna es el más alto y es de 17.9%. Mientras que el juez 4 se ubica en el cuadrante negativo de las dos dimensiones y cerca de la mayoría de los jueces, su valor de inercia interna es de 4.4%, el más bajo de todos los jueces para el regusto.

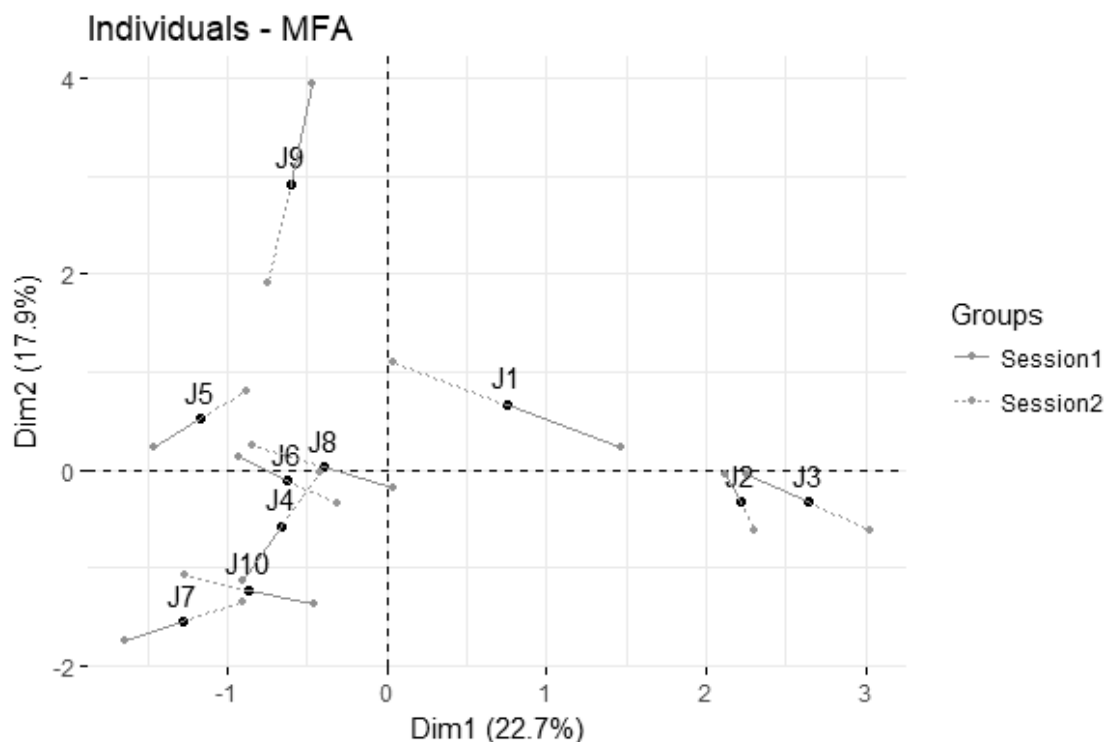


Figura 3.4 Comparación gráfica resultante del MFA para el atributo regusto para la repetibilidad de los jueces.

En la tabla 3.9 se muestran los valores de inercia interna entre sesiones con los jueces ordenados de mayor a menor repetibilidad. La mayoría de los jueces tienen valores de inercia interna por debajo de 10, lo que indica buena repetibilidad entre sesiones. Los jueces 6, 9 y 1 son los menos repetibles en la mayoría de los atributos.

Tabla 3.9. Repetibilidad de los jueces. Valores de inercia interna (%) del MFA entre la sesión 1 y la 2 para cada juez y atributo evaluado.

Juez	Olor (78.9%)	Flavor (70.9%)	Regusto (77.6%)	Textura (79.7%)
4	3.3	2.0	4.4	4.5
8	3.6	3.8	5.2	19.2
3	6.1	2.1	5.8	6.9
7	8.1	14.5	6.2	5.3
10	6.8	5.9	7.6	21.5
5	10.9	6.0	14.9	5.2
2	23.7	12.0	6.1	4.9
6	5.1	17.8	9.7	15.4
9	19.8	10.7	22.2	7.8
1	12.6	25.2	17.9	9.5

3.4. CONCLUSIONES

El modelo mixto de análisis de varianza es una herramienta muy útil en la evaluación sensorial de café pues permite hacer un análisis detallado del comportamiento del panel y de cada juez cuando los descriptores evaluados son cuantitativos. El MFA facilita el análisis de los atributos cualitativos debido a la reducción y ubicación en dos dimensiones. El procedimiento propuesto para la bebida de café es una herramienta versátil que se puede aplicar a la tabla de contingencia resultante de la valoración de las muestras por parte de los jueces en sus diferentes sesiones. Esta tabla puede ser organizada dependiendo del objetivo y se puede conocer a nivel

panel: la reproducibilidad, el consenso y el poder de discriminación; y a nivel jueces permite analizar el grado de acuerdo, la repetibilidad o el poder de discriminación individual; mediante elipses de confianza, el cálculo de la inercia interna, coeficiente RV y coeficiente Lg.

Con base a los resultados obtenidos, el panel de catadores entrenado para la evaluación sensorial de la bebida de café tiene buen nivel de discriminación, presenta buen consenso y es repetible y reproducible para la mayoría de los atributos cuantitativos y cualitativos.

3.5. REFERENCIAS

- Arias-Carmona, M.D., Romero-Rodríguez, M.A., Muñoz-Ferreiro, N. and Vázquez-Odériz, M.L. (2012). Sensory Analysis of Protected Geographical Indication Products: An Example with Turnip Greens and Tops. *Journal of Sensory Studies*, 27, 482–489. doi:10.1111/joss.12013
- Bhumiratana, N., Adhikari, K. and Chambers, E. (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2185-2192. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>
- Carbonell, L.; Izquierdo, L. and Carbonell, I. (2007). Sensory Analysis of Spanish Mandarin Juices. Selection of Attributes and Panel Performance. *Food Quality and Preference*, 18, 329-341.
- Derndorfer, E.; Baierl, A.; Nimmervoll, E. and Sinkovits, E. (2005). A panel performance procedure implemented in R. *Journal of Sensory Studies*, 20, 217-227.
- Duran A., N.; Hoppenreys, M. and Kermarrec, C. (2017). Evaluation of the performances of the panel. Disponible en: <http://sensominer.free.fr/studies/>
- Husson, F, Lê, S and Cadoret, M. (2014). SensoMineR: Sensory data analysis with R. R package version 1.20. <https://CRAN.R-project.org/package=SensoMineR>
- ICO (International Coffee Organization). (1991). Sensory Evaluation of Coffee. Edited by the International Coffee Organization. United Kingdom. 279 pp.
- ISO 5492 (2008). Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- ISO 8586 (2012). Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- Istituto Nazionale Espresso Italiano 2006. L'Espresso Italiano e il Cappuccino Italiano Certificati. Editore: Centro Studi Assaggiatori soc. coop. Brescia (Italy). From: http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf Assessed July 1, 2015
- Jong S, Heidema J. and Van Den Knaap, H.C.M. (1998). Generalized Procrustes Analysis of Coffee Brands Tested by Five European Sensory Panels. *Food Quality and Preference*, 9 (3), 111-114.
- Lê, S., Josse, J. and Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. doi: 10.18637/jss.v025.i01
- Lea, P.; Næs, T. and Rødbotten, M. (1997). Analysis of Variance for Sensory Data. Editorial John Wiley & Sons. England. Pp. 43-44.
- Lenoir, J. (2008). Le Nez du Café. Ed. Jean Lenoir. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica. Pp. 117.
- Meilgaard, M.; Civille, G. V. and Carr, B. T. (1999). Sensory Evaluation Techniques. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Pagès, J. (2015). Multiple Factor Analysis by Example Using R. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Pérez-Martínez, M., Sopelana, P., de Peña, M. P. and Cid, C. (2008). Application of multivariate analysis to the effects of additives on chemical and sensory quality of stored coffee brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(24), 11845-11853. doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jf802146v>
- R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>

- Ribeiro, J. S., Augusto, F., Salva, T. J. G. and Ferreira, M. M. C. (2012). Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on odor analyses and chemometrics. *Talanta*, 101, 253-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.09.022>
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). (2015). SCAA protocols-Cupping specialty coffee. Retrieved from SCAA Protocols <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>
- Sunarharuma, Williams y Smyth. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62, 315-325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>
- Sustainable Commodity Assistance Network (SCAN) (2015). Evaluación sensorial de café. Retrieved from: <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/20151026-Evaluacion-sensorial-del-cafe.pdf> Accessed: 16 January 2018
- Ukers, W. H. (1922). All About Coffee. The Tea and Coffee Trade Journal Company. New York. U.S.A. Pg. 796. Pp: 356.
- United States Agency for International Development (USAID). (2015). Normas y Estándares de Catación para la Región de Centroamérica. Retrieved from: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadg946.pdf Accessed: 16 January 2018



4. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE CAFÉS DE DIFERENTES ORÍGENES

Resumen

El origen geográfico es un elemento diferenciador del café en los mercados. La evaluación sensorial, llevada a cabo por un panel de catadores entrenados, confiere objetividad para diferenciar, identificar y reconocer cafés de diferente origen geográfico. En este estudio se utilizó un análisis descriptivo cuantitativo mediante un panel de catadores entrenado para caracterizar la bebida de café de diferentes orígenes geográficos (Guatemala, Colombia y Etiopía). Los resultados demuestran que el análisis sensorial es una herramienta válida y objetiva para establecer diferencias entre los cafés. Tras realizar un análisis factorial múltiple, integrando los resultados de las variables cuali y cuantitativas, se demuestra que olor, flavor y regusto son los atributos fundamentales para diferenciar los orígenes y caracterizar la tipicidad de cada café. Los cafés de Guatemala son más intensos en acidez y dulzor y se diferencian por el bouquet; el de Atitlán es a caramelo, el de Cobán frutal-especiado y el de San Marcos floral-especiado. El café de Colombia es más intenso en regusto, amargor, salado y en textura y presenta un bouquet a chocolate amargo y nueces. El café de Etiopía presenta una mayor intensidad en regusto, dulzor y amargor; y un bouquet a caramelo-especias.

Palabras clave: análisis descriptivo, origen geográfico, perfil aromático, análisis factorial múltiple



4.1. INTRODUCCIÓN

El origen, como elemento diferenciador del café (y de los alimentos en general), es una estrategia cada vez más utilizada en los mercados altamente competitivos (SCAA, 2006; Neilson, 2007; Suh y MacPherson, 2007; Teuber, 2010, Bowen, 2010; Kireeva y O'Connor, 2010; Teuber y Herrmann, 2012; Wilson et al., 2012; Oberthür et al., 2012; Galtier., Belletti y Marescotti, 2013; Marie-Vivien et al., 2014). Las Indicaciones Geográficas Protegidas y las Denominaciones de Origen permiten identificar el origen de un alimento (INAO, 2015). El primer café amparado con una Denominación de Origen es el producido en el Estado de Veracruz en México (Teuber, 2010). En el mercado mundial del café se utiliza la marca registrada o certificada que identifica el país productor de café (Colombia, Jamaica, Guatemala, ...). La identificación del origen, unido a estrategias adecuadas de comercialización, permitiría que los cafés sean reconocidos por el consumidor e incrementar su consumo. Guatemala es un país pionero en organizar las zonas de producción de café en regiones homogéneas, basadas en las características del clima y de la bebida (GNCA, 2012, Fisher y Victor, 2014). Así, en este país tienen ocho marcas certificadas de café en función de esas regiones (San Marcos, Huehuetenango, Atitlán, Acatenango, Antigua, Fraijanes, Cobán y Oriente).

Para diferenciar los cafés con base al origen, es necesario realizar una caracterización organoléptica objetiva y hacer los estudios ambientales, productivos y sociales que lo vinculen a la zona de producción. En el mercado de cafés, la descripción de la bebida es poco precisa y destaca por el uso y abuso de términos subjetivos (“delicioso”, “brillante”, “completo”, “fino”, “agradable”, “delicado”, “buen”, “bien”, ...) como lo muestran las descripciones realizadas por el Guatemalan National Coffee Association (GNCA, 2012) para los cafés de Guatemala. La utilización de paneles de catadores entrenados permite identificar las características sensoriales del café al utilizar términos claros y objetivos. Así, el análisis sensorial es una técnica analítica reconocida por Luykx y van Ruth (2008) y Cadot et al. (2010) como un método para caracterizar y diferenciar el origen geográfico de un alimento, con la misma validez que algunas técnicas instrumentales como la espectrometría de masas, espectroscopía y la cromatografía. Incluso se han aplicado a cafés de Guatemala, Etiopía y Colombia (Michisita et al., 2010; Santato et al., 2012; Yener et al., 2014; Bressanello et al., 2017).

Por tanto, el objetivo de este estudio es aplicar una metodología de análisis sensorial objetiva, descriptiva y cuantitativa, para caracterizar el café de tres regiones de Guatemala y compararlos con cafés procedentes de Etiopía y Colombia.

4.2. MATERIAL Y MÉTODOS

4.2.1. Panel de evaluación sensorial de café

El panel de evaluación sensorial (tres mujeres y siete hombres con edades de entre 19 y 44 años) fue seleccionado y entrenado de acuerdo al procedimiento establecido por Meilgaard et al. (1999) y la norma ISO 8586 (2012). Cafés de diferentes orígenes, variedades y tratamientos poscosecha fueron utilizados para el entrenamiento con una duración de 80 horas.

4.2.2. Muestras

En el presente estudio fueron evaluados cinco tipos de café de diferentes orígenes geográficos. De Guatemala se seleccionaron muestras de 3 regiones productoras de café (Atitlán, Cobán y San Marcos). Atitlán se encuentra en el centro del país y está influenciada por el lago del mismo nombre. San Marcos se encuentra en el occidente del país, es una región influenciada por el Océano Pacífico, y tiene el clima más cálido y la estación lluviosa más fuerte e intensa de todas las regiones de Guatemala. Cobán se encuentra en el oriente del país y tiene un clima

nublado, lluvioso y frío, influenciado por su exposición al mar Atlántico (GNCA, 2012). En cuanto al material parental de los suelos, los de Atitlán y San Marcos son de origen de cenizas volcánicas y los de Cobán de roca sedimentaria caliza (MAGAG, 2011). Además, una muestra de café de Colombia y otra de Etiopía fueron seleccionadas, para contrastar el efecto del origen geográfico. Las muestras de café estaban envasadas en bolsas de aluminio con un contenido de 0.454 kg, sin moler y con un grado de tueste medio.

4.2.3. Preparación de la bebida

El procedimiento para la preparación de la bebida se basó en los parámetros técnicos emitidos por el INEI (2006). Para ello, el café en grano de cada muestra fue molido en un molino (Mahlköning modelo K30ES), a continuación 7.0±0.5 g de café fueron colocados en el portafiltro para la extracción de la infusión en la máquina de espressos (“La Cimbali” modelo M22 Premium), con agua a 88±2°C y una presión de 9±1 bar en un tiempo de 25±5 segundos, obteniéndose un café espresso (25±2.5 mL). La bebida de café tipo “americano” para evaluar sensorialmente fue preparada con aproximadamente 200 mL de extracto de café (8 espressos) y llevada a 1000 mL con agua caliente. La dilución obtenida fue mantenida en un termo (BUNN modelo Airpot) a más 55°C hasta el momento de realizar la evaluación sensorial.

4.2.4. Evaluación sensorial

La bebida fue servida en tazas y evaluada al menos en dos sesiones por cada uno de los 10 jueces. Las muestras fueron presentadas al panel de manera codificada y aleatorizadas, utilizando un diseño de bloques completos. Los atributos cuantitativos (olor, flavor, regusto, textura, acidez, dulzor, amargor y salado) fueron medidos por los jueces utilizando escalas no estructuradas de 10 cm. Los atributos cualitativos del perfil aromático (bouquet): olor, flavor y regusto de la bebida fue descrito por parte del panel. Para la descripción del perfil aromático las esencias de Le Nez du Café (Lenoir, 2008) fueron utilizadas como referencias. Para describir los cuatro tipos de textura (suave, astringente, áspera o una combinación de ellas) fueron usados como referencia cuatro cafés comerciales. La definición para cada atributo fue realizada de acuerdo con la norma ISO 5492 (2008), adaptada a la bebida del café y se presentan en la (tabla 4.1).

Tabla 4.1. Definiciones de los atributos sensoriales evaluados en la bebida de café.

Atributo	Definición
Olor	Sensación percibida por medio del órgano olfatorio al oler ciertas sustancias volátiles que se desprenden de la infusión del café inmediatamente después de ser servida.
Flavor	Combinación compleja de las sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación. Percepción bucal de la bebida inmediatamente después de tomar un sorbo de café.
Regusto	Percepción bucal y retronasal de la intensidad de la bebida después de tres minutos de haber tomado al menos tres sorbos de café.
Acidez	Sabor básico producido por los ácidos orgánicos presentes en la bebida percibidos en la boca, pero principalmente en los bordes posteriores de la lengua.
Dulzor	Sabor básico producido por los azúcares presentes en la bebida percibidos en la boca, pero principalmente en el borde inicial de la lengua
Amargor	Sabor básico producido por varias sustancias entre ellas la quinina y la cafeína presentes en la bebida percibido en la boca, pero principalmente en la parte central posterior de la lengua.
Salado	Sabor básico producido por sustancias como el cloruro de potasio o de sodio presentes en la bebida percibido en la boca, pero principalmente en el primer tercio de la lengua.
Textura	Todos los atributos mecánicos, geométricos, de cuerpo, y de superficie de la bebida percibida en la boca relacionada por medio de los receptores cinestésicos y somáticos. Enfatizando en el grado de suavidad, astringencia, aspereza o una combinación de ellas.

Se denomina bouquet de la bebida al conjunto de notas olfativas específicas de la bebida de café que se presentan en tres momentos: primero, al servir una taza de café denominado olor; segundo, al degustar la bebida denominado flavor; y tercero, después de tres minutos de haber consumido la bebida denominado regusto.

4.2.5. Análisis de datos

Para evaluar la eficacia del panel, los datos obtenidos en la evaluación sensorial del café por parte del panel fueron analizados mediante un ANOVA de 3 factores (origen, juez y sesión) con interacciones (Lea et al., 1997 y Duran et al., 2009). Un ANOVA de un factor (origen) con comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey fue realizada para conocer el efecto del origen sobre cada atributo sensorial. Para observar el agrupamiento y la representación de las distancias entre los cafés de diferentes orígenes y entre las variables la función panellipses de SensoMineR de R fue utilizada. Esta función genera un panel virtual a partir de los datos originales usando simulaciones de acuerdo con el procedimiento recomendado por Lê y Worch (2015). A partir de la simulación, un análisis de componentes principales (PCA) fue realizado. Los atributos valorados cualitativamente fueron analizados mediante tablas de frecuencias, comparación de proporciones de descriptores y análisis multivariante de correspondencias para explorar la relación de los descriptores aromáticos observados con los distintos orígenes del café. Finalmente, un análisis factorial múltiple con todas las variables cuali y cuantitativas fue realizado para observar la diferenciación multifactorial de los orígenes. Los datos fueron analizados mediante el software SensomineR (Lê y Husson, 2008) de R (R Development Core Team, 2017), Statistica 6.1 (StatSoft Inc, 2003) y XLSTAT (Addinsoft, 2016).

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. Eficacia del panel

Los resultados del análisis de varianza de tres factores: origen, juez y sesión; con sus interacciones origen-sesión, origen-juez y juez-sesión se muestra en la tabla 4.2. Los resultados del ANOVA muestran pocas interacciones significativas lo que indica fiabilidad en las valoraciones del panel, de acuerdo con lo establecido por Lea et al. (1997), Duran et al. (2009) y Lê y Worch (2015).

Tabla 4.2. p valores para los diferentes descriptores tras el análisis de varianza de tres factores (origen, juez y sesión) con sus interacciones.

Atributo	Origen	Juez	Sesión	Origen-Juez	Origen-Sesión	Juez-Sesión
Amargor	0.00000***	0.00789**	0.04808*	0.07304 ns	0.01287*	0.74088 ns
Acidez	0.00000***	0.09478 ns	0.25633 ns	0.35304 ns	0.59013 ns	0.83833 ns
Dulzor	0.00000***	0.00003***	0.03946*	0.00952**	0.04822*	0.23147 ns
Salado	0.00004***	0.00488**	0.16679 ns	0.19539 ns	0.82753 ns	0.88023 ns
Regusto	0.00020***	0.00002***	0.19294 ns	0.15492 ns	0.15632 ns	0.75325 ns
Textura	0.00023***	0.00005***	0.28640 ns	0.25418 ns	0.29579 ns	0.98082 ns
Flavor	0.13710 ns	0.00145**	0.42349 ns	0.27794 ns	0.10129 ns	0.19304 ns
Olor	0.22392 ns	0.00005***	0.06556 ns	0.18386 ns	0.48135 ns	0.01101*

ns = no significativo, *significativo (p<0.05), **significativo (p<0.01), ***significativo (p<0.001)

4.3.2. Características sensoriales de las muestras de café de diferentes orígenes

4.3.2.1. Atributos cuantitativos

En la tabla 4.3 se muestran las valoraciones medias de cada uno de los atributos cuantitativos evaluados por el panel de catadores de cada muestra de café y los resultados del ANOVA de un factor (origen) utilizando el test de Tukey como prueba de comparación de medias.

Tal y como se muestra en la tabla 4.3, no se han encontrado diferencias significativas entre orígenes para los atributos olor y flavor. Las muestras de Guatemala se diferencian estadísticamente de las de Etiopía y Colombia en la intensidad de la acidez y el amargor. Así, los cafés de Guatemala presentan mayor intensidad de acidez y menor amargor. Estos cafés también presentan una menor intensidad de regusto aun cuando las diferencias no son estadísticamente significativas. El café de Colombia se diferencia estadísticamente de los demás por presentar una mayor intensidad de sabor salado y menor dulzor. Además, es el café que presenta una mayor intensidad del flavor y del sabor amargo y mayor textura.

Tabla 4.3. Valoraciones medias de los descriptores de los cafés evaluados por el panel de catadores y resultados del ANOVA de un factor (origen)

Origen	Olor	Flavor	Regusto	Acidez	Dulzor	Amargor	Salado	Textura
Atitlán	6.1a	6.4a	5.4ab	6.2a	4.6a	5.1a	1.6a	6.5ab
Cobán	6.2a	6.6a	4.9a	6.4a	5.1a	4.2a	1.7a	5.8a
San Marcos	6.8a	6.6a	5.7a	6.2a	4.7a	4.5a	1.6a	6.2a
Colombia	6.4a	7.1a	6.1b	3.4b	3.0b	7.9b	3.0b	7.1b
Etiopia	6.7a	6.9a	6.5b	4.3b	4.5a	7.4b	1.7a	6.7ab

letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Estas diferencias y similitudes entre las muestras de café se ven perfectamente representadas al realizar un análisis de componentes principales (figuras 4.1 y 4.2). En los dos primeros componentes principales, que explican el 91.4% de la variabilidad, se observa la posición de los atributos sensoriales. La primera dimensión, que explica un 74.8% de la variabilidad, recoge todos los atributos excepto olor. En las correlaciones se observa claramente que el dulzor se opone a salado, acidez a amargor y textura. La segunda dimensión refleja principalmente el olor, pero explica sólo el 16.6% de la variabilidad.

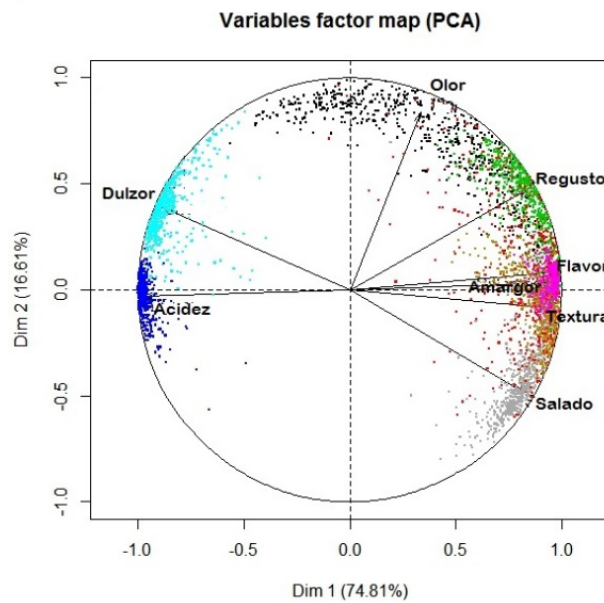


Figura 4.1. Representación del PCA realizado sobre las valoraciones de los atributos sensoriales.

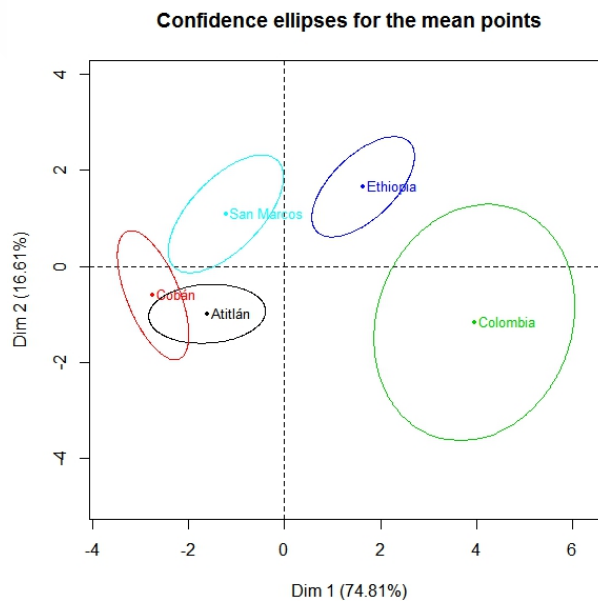


Figura 4.2. Representación del PCA de las muestras de café de diferente origen, en la que cada café está asociado con una elipse de confianza obtenida a partir de las valoraciones sensoriales.

En la figura 4.2 se muestran los puntos medios de los cafés de cada origen y sus elipses de confianza en el plano de dos dimensiones. La mayor diferenciación se presenta en la dimensión 1 en la que se observa que las muestras de Colombia y Etiopía se sitúan en el lado positivo del eje y se contraponen a las de Guatemala en el lado negativo del eje. El café de Colombia es percibido como diferente a los de Guatemala, debido a su mayor intensidad de textura, amargor

y salado. En relación con las regiones de Guatemala, el café de Cobán es más dulce y ácido que los de Atitlán y San Marcos. En la dimensión 2, las muestras de Etiopía y San Marcos se contraponen a las muestras de Atitlán, Cobán y Colombia con respecto al olor, por presentar intensidades ligeramente más elevadas, aunque esta dimensión recoge sólo el 16.6% de la variabilidad.

4.3.2.2. Atributos cualitativos

Los descriptores aromáticos fueron analizados de acuerdo con las frecuencias observadas en el olor, flavor y regusto de la bebida del café de los cinco orígenes. El análisis multivariante de correspondencias realizado sobre las variables cualitativas indica la existencia de diferencias entre los orígenes del café (figura 4.3).

En el olor de la bebida (figura 4.3a), se distinguen dos grupos separados con mayor claridad en la dimensión 1, que explica el 82,7% de la inercia. Un grupo lo forma el café de Colombia, que se caracteriza por presentar notas aromáticas de nueces y pirolíticas, ausentes en el resto de los cafés de Guatemala y Etiopía, que conforman el otro grupo. En la dimensión 2 (11.64% de la inercia) se separan el café de Atitlán y el de Etiopía que se asocian a notas aromáticas predominantemente de caramelo y chocolate, de los cafés de Cobán y San Marcos que se asocian con notas aromáticas de especias y florales.

En la apreciación del flavor (figura 4.3b), se forman tres grupos. En la dimensión 1 (71,81% de la inercia), el café de Colombia se diferencia claramente del resto por presentar notas aromáticas de chocolate ($p=0.002$), pirolíticas y nueces. En la dimensión 2 (23.84% de la inercia), el café de Etiopía se diferencia por su relación con notas aromáticas a especias ($p=0.0006$) y frutales al igual que Cobán. Los cafés de San Marcos y Atitlán se relacionan más con notas aromáticas florales y a caramelo, respectivamente.



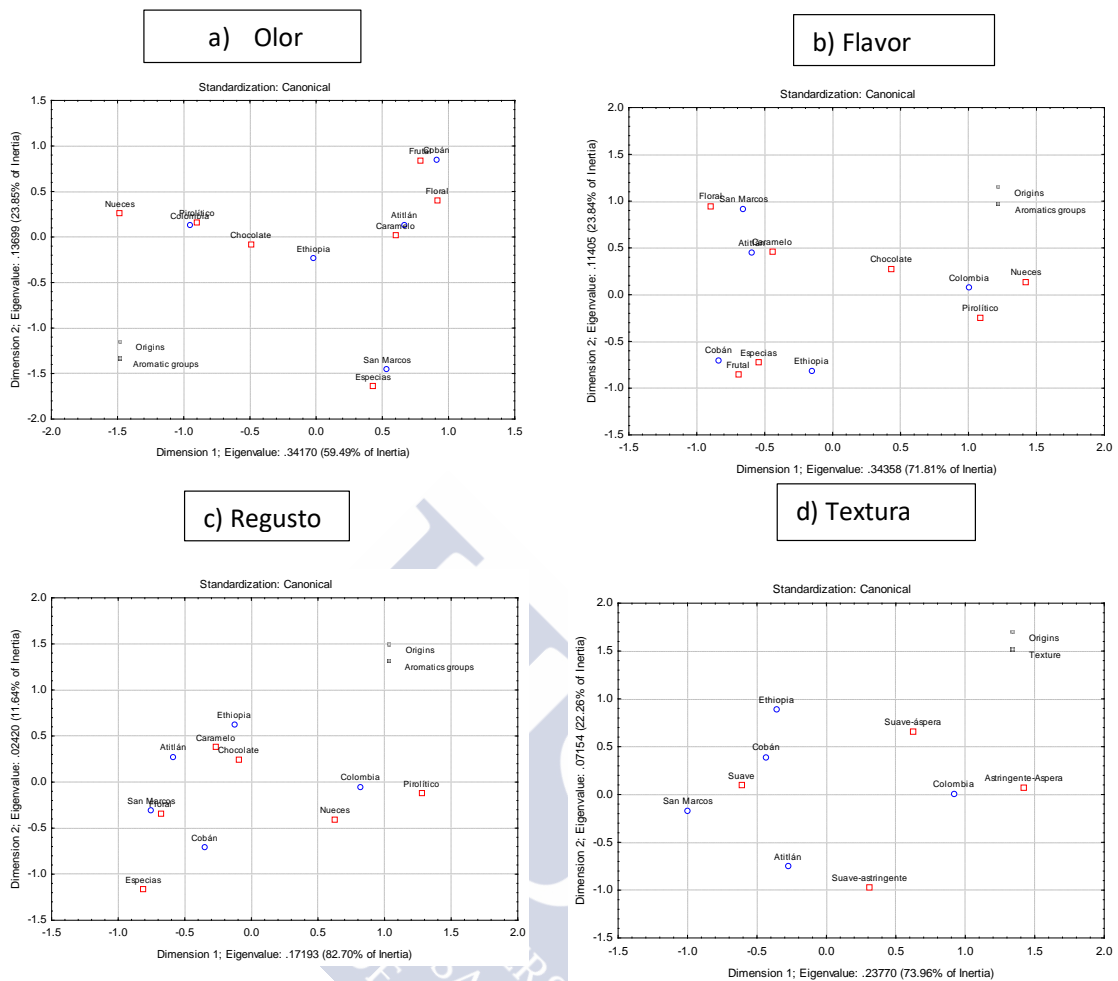


Figura 4.3. Análisis de correspondencias entre las muestras de café y los grupos aromáticos presentes en el a) olor, b) flavor, c) regusto y d) la textura de la bebida.

En el regusto de la bebida (figura 4.3c), nuevamente el café de Colombia se muestra diferente en la dimensión 1 (59.5% de la inercia), por la mayor frecuencia a notas nueces ($p=0.0002$), chocolate y pirolíticas. El café de Etiopía queda en una posición intermedia entre el de Colombia y los de Guatemala, que tienden a presentar notas a chocolate, caramelo y especias. De los cafés de Guatemala, el café de Cobán en la dimensión 2 (23.9% de la inercia) se asocia con notas frutales y florales, mientras que Atilán se asocia con notas a caramelo ($p=0.01$) y frutal, y el café de San Marcos se asocia al grupo de especias ($p=0.00004$).

Además, el análisis multivariante de correspondencias realizado sobre las variables cualitativas incluidas en la textura indica también la existencia de diferencias entre los orígenes del café (figura 4.3d). Así, se observa que el café de Colombia se asocia con descriptores de astringencia y aspereza ($p<0.05$). El resto de los cafés se asocian con textura predominantemente suaves, destacando entre ellos el café de San Marcos ($p=0.03$).

4.3.3. Integración de los atributos descriptivos cualitativos y cuantitativos de la evaluación sensorial

El análisis factorial múltiple (MFA) permite integrar las variables cuantitativas y cualitativas obtenidas en la evaluación sensorial. En la figura 4.4 se observan las coordenadas de las nubes parciales en los dos factores que explican la mayor variabilidad (82,62%). En el factor 1 (67.3%), las variables con mayor correlación con este eje son el dulzor ($r=0.977$) y la acidez ($r=0.953$) en el lado positivo; el flavor ($r=-0.974$), el regusto ($r=-0.94$), el olor ($r=-0.942$), la textura ($r=-0.93$), el amargor ($r=-0.918$) y el flavor salado ($r=-0.918$) en el lado negativo. El Factor 2 (15.32%) tiene una mayor correlación con el flavor ($r=0.775$) en el lado positivo y con el olor ($r=-0.905$) y el regusto ($r=-0.712$) en el lado negativo del eje.

Para conocer la importancia de las variables cualitativas y cuantitativas valoradas por el panel para diferenciar los orígenes, se obtuvo el coeficiente Lg que mide la relación de cada variable con respecto al grupo de variables valoradas (Lê y Worch, 2015). Dentro del grupo de variables cualitativas los valores encontrados de mayor a menor fueron: 2.75 para flavor, 2.51 regusto, 2.04 para olor y 1.89 para textura. Mientras que las mismas variables apreciadas de manera cuantitativa tuvieron valores de: 1.71 para textura, 1.48 para flavor, 1.28 para olor y 1.19 para regusto. En tanto que los atributos de intensidad de los sabores fundamentales tuvieron los valores más bajos: salado, dulzor, amargor y acidez (1.03, 1.02, 1.02 y 1.01, respectivamente). Esto es, son las variables cualitativas que integran las notas descriptivas aromáticas (olor, flavor y regusto) y de textura las que permiten establecer diferencias entre orígenes aun cuando sean similares en intensidades. Por tanto, la utilización de descriptores aromáticos es relevante para la diferenciación de orígenes. Esto concuerda con Masi et al. (2013) que indican que el origen del café puede afectar el desarrollo de los compuestos volátiles responsables de diferentes olores y sabores.

En la figura 4.4, en la representación de las nubes parciales los cafés de Guatemala se agrupan en el lado positivo del factor 1, el de Cobán se encuentra más alejado del de Atitlán y San Marcos, diferenciándose de los cafés de Etiopía y de Colombia. En el factor 2, se diferencia el café de Atitlán y el de San Marcos. Esta diferenciación del café con base al origen (Guatemala, Etiopía y Colombia) fue semejante a la obtenida por Michisita et al. (2010) para los mismos orígenes al aplicar un Análisis de Componentes Principales sobre datos obtenidos por métodos instrumentales (RAS-GC/O). Diferenciaciones semejantes fueron obtenidas por Santato et al. (2012) mediante análisis discriminante canónico de isótopos traza y por Yener et al. (2014) mediante un análisis de componentes principales y confirmado con un análisis discriminante (PLS-DA) usando los datos obtenidos de un espectrómetro de masas a reacción a transferencia de protones (PTR-ToF-MS). Bressanello et al. (2017) contrastaron los resultados obtenidos mediante evaluación sensorial y análisis instrumental para evaluar orígenes concluyendo que existe acuerdo en los resultados obtenido por las dos vías.

Por tanto, la objetividad proporcionada por los paneles de catadores entrenados contribuye consistentemente a definir la tipicidad de la bebida del café que se produce en cada uno de los orígenes geográficos con resultados comparables con los obtenidos mediante métodos complejos que combinan análisis instrumentales.

En base a los resultados obtenidos, se constata que los tres cafés de Guatemala fueron más intensos en acidez y dulzor, menos intensos en amargor, salado y en textura que el resto. Estos cafés se asocian a notas frutales, florales, especias y caramelo en el bouquet y presentan una textura suave. El café de Colombia se asocia a notas pirolíticas y a nueces en el bouquet con un regusto y amargor intenso, baja intensidad en acidez y dulzor, de textura áspera-astringente intenso. El café de Etiopía se asocia más a notas aromáticas frutales y a especias, pero también

presenta notas a chocolate y a caramelo en el bouquet, con un regusto y amargor intenso, baja intensidad de acidez, pero alta intensidad en dulzor, con una textura suave-áspera de mediana intensidad.

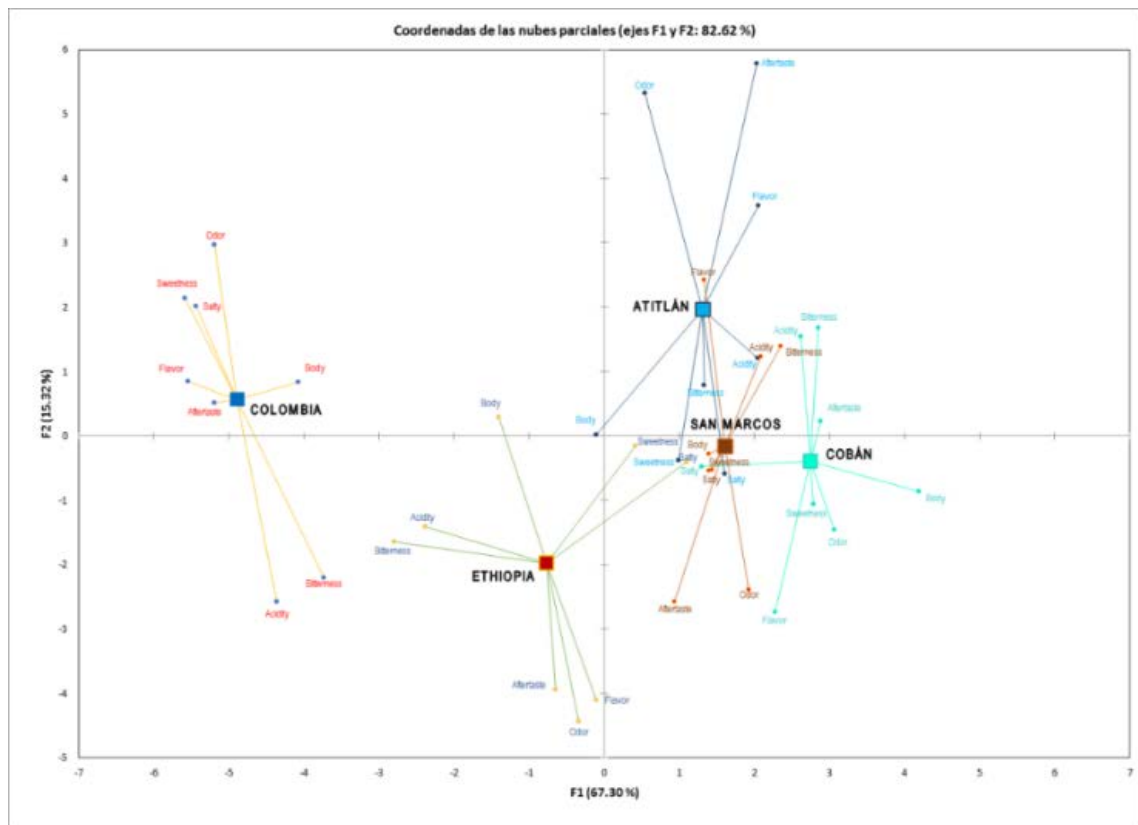


Figura 4.4. Representación del MFA, incluyendo todos los atributos y tipos de café.

4.3.3.1. Comparación entre cafés de Guatemala

Se procede a comparar las características organolépticas de los cafés procedentes de las tres zonas de Guatemala. En la tabla 4.4, se recogen los perfiles sensoriales obtenidos en este estudio y que describen a los cafés procedentes de las tres zonas analizadas. Sobresale el perfil sensorial del café de Cobán que puede deberse al diferente origen parental del suelo (roca caliza) y su influencia por el océano Atlántico mientras que los perfiles de Atitlán y San Marcos, ambos con suelos de origen volcánico e influencia del océano Pacífico, quizá deban sus diferencias a otras causas como el régimen de lluvias en San Marcos y el microclima generado por el Lago de Atitlán.

Tabla 4.4. Definición de la bebida de café procedente de las tres zonas de Guatemala analizadas por parte del panel entrenado y por el GNCA.

Origen	Descripción panel de evaluación sensorial	Descripción GNCA (2012)
Atitlán	Bebida intensa en regusto ($p < 0.05$), amargor y textura, su olor se asocia con notas a caramelo y chocolate, en el flavor y regusto a caramelo ($p = 0.01$). Su textura suave-astringente.	Una taza “deliciosamente” aromática con una acidez cítrica “brillante” y cuerpo “completo”.
Cobán	Bebida intensa en dulzor y acidez. Se asocia con notas a especias en el olor, en el flavor a notas frutales y especiadas así como baja frecuencia de la nota a chocolate ($p = 0.009$), en el regusto a notas frutales y florales. Textura suave.	Una taza con distintas notas de “frutas frescas”, cuerpo “fino bien equilibrado” y “agradable olor”.
San Marcos	Bebida intensa en el olor, flavor y regusto ($p < 0.05$). Presenta notas del grupo floral en el olor y el flavor, a especias ($p = 0.00004$) en el regusto. Textura suave ($p = 0.03$).	Una taza con notas florales “delicadas” presentes en olor y flavor, acidez “pronunciada” y “buen” cuerpo.

Se incluye también en la tabla 4.4 la definición otorgada a estos cafés por parte del GNCA (2012). Se puede observar la diferencia entre una descripción objetiva (obtenida por el panel de catadores entrenado) y las hechas por el GNCA más genéricas y con abundancia de términos con gran contenido de subjetividad. Además, el uso de un panel entrenado permite dimensionar las intensidades de los atributos, describir completamente de manera cualitativa el perfil aromático de la bebida en sus componentes olor, flavor y regusto haciendo referencia al estándar de notas aromáticas de Le Nez du Café (Lenoir, 2008). La bebida caracterizada de esta manera permite informar, sin ambigüedad y subjetividad, al consumidor dispuesto a comprar cafés sobresalientes en taza.

4.4. CONCLUSIONES

La evaluación sensorial mediante un panel de jueces entrenados, conducida con rigor, es una metodología analítica que permite caracterizar y tipificar la bebida de diferentes orígenes geográficos. Se comprueba que el origen del café es un factor determinante sobre las características sensoriales de la bebida.

Los cafés de Guatemala fueron más intensos en acidez y dulzor y las tres regiones se diferenciaron por su bouquet; el café de Atitlán tuvo un bouquet predominantemente a caramelo, mientras que el perfil aromático del café de Cobán tuvo predominantemente notas frutales y especiadas, en tanto el bouquet del café de San Marcos tuvo notas predominantemente florales y especiadas. El café de Colombia fue más intenso en regusto, amargor, salado y en textura; su bouquet tuvo notas aromáticas predominantemente a chocolate amargo y nueces. El café de Etiopía fue intenso en regusto, dulzor y amargor y de mediana textura; en su bouquet predominaron notas aromáticas a caramelo y especias.

4.5. REFERENCIAS

- Addinsoft (2016). XLSTAT Version 2016.04.33007. New York, USA.
- Bowen, S. (2010). Development from within the potential for geographical indications in the global south. *Journal of World Intellectual Property*, 13(2), 231–252. doi:10.1111/j.1747-1796.2009.00361.x
- Bressanello D., Liberto E., Cordero C., Rubiolo P., Pellegrino, G, Rousi, M. R. y Bicchi C. (2017). Coffee color: Chemometric comparison of the chemical information provided by three different samplings combined with GC-MS to describe the sensory properties in cup. *Food Chemistry*, 214, 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.088>
- Cadot, Y., Caille, S., Samson, C., Barbeau, G. y Cheynier, V. (2010). Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by quantitative descriptive analysis, just about right analysis and typicality assesment. *Analytica Chimica Acta*, 660, 53-62. doi: 10.1016/j.aca.2009.10.006
- Duran A., N.; Hoppenreys, M. y Kermarrec, C. (2009). Sensometrics: panel performance. Sensometric studies. *SensoMineR* (ed. 2016). Disponible en: <http://sensominer.free.fr/studies/>
- Fisher, E.F. y Victor, B. (2014). Hig-end coffee and smallholding growers in Guatemala. *Latin American Research Review*, 49(1), 155-177. Disponible en: https://lasa.international.pitt.edu/LARR/prot/fulltext/vol49no1/49-1_155-177_fischer-victor.pdf
- Galtier, F., Belletti, G. y Marescotti, A. (2013). Factors constraining building effective and fair geographical indications for coffee: insights from Dominican case study. *Development Policy Review*, 31 (5), 597-615. doi: 10.1111/dpr.12027
- Guatemalan National Coffee Association (GNCA) (2012). Guatemalan Coffees Green Book. Ed. Guatemalan National Coffee Association. Guatemala, C.A.
- Institute National d'Origen et Calidade (INAO). (2015). Guise du demandeur d'une papel latino d'orige (d'AOC/AOP). France. Disponible en: <file:///C:/Users/Acer%20Aspire/Downloads/GuideAOPIGPAgro2015.pdf>
- ISO 5492 (2008). Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- ISO 8586. (2012). Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- Istituto Nazionale Espresso Italiano (INEI) (2006). L'espresso italiano e il cappuccino italiano certificati. Editore: Centro Studi Assaggiatori soc. coop. Brescia (Italy). Disponible en: http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf.
- Kireeva, I. y O'Connor, B. (2010). Geographical Indications and the TRIPS agreement: what protection is provided to geographical indications in WTO members? *The Journal of World Intellectual Property*, 13(2), 275–303. doi: 10.1111/j.1747-1796.2009.00374.x
- Lê, S. y Husson, F. (2008). SesoMineR: a package for sensory data analysis. *Journal of Sensory Studies* 23, 14-25. doi:10.1111/j.1745-459X.2007.00137.x
- Lê, S. y Worch, T. (2015). Analyzing sensory data with R. CRC Pres. FA, USA.
- Lea, P., Næs, T. y Rødbotten, M. (1997). Analysis of variance for sensory data. Editorial John Wiley & Sons. England.
- Lenoir, J. (2008). Le nez du café. Ed. Jean Lenoir. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica.
- Luykx, D. y van Ruth, S. (2008). An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. *Food Chemistry*, 107, 897-911. doi:10.1016/j.foodchem.2007.09.038
- Marie-Vivien, D., García, C.A., Kushalappa C.G. y Vaast P. (2014). Trademarks, geographical indications and environmental labelling to promote biodiversity: the case of agroforestry coffee India. *Development Policy Review*, 32 (4), 379-398. <http://dx.doi.org/10.1111/dpr.12060>
- MAGAG (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala). (2011). Diagnóstico de la región occidente de Guatemala. Guatemala. Disponible en: http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/planoc_2011.pdf
- Meilgaard, M., Civille, G. V. y Carr, B. T. (1999). Sensory evaluation techniques. CRC Press. Boca Raton, FL., USA.

- Michisita, T., Akiyama, M., Hirano, Y., Ikeda, M., Sagara, Y. y Araki, T. (2010). Gas chromatography/olfactometry and electronic nose of retronasal odor of espresso and correlation with sensory evaluation by artificial neural network. *Journal of Food Science*, 75(9), 477-489. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01828.x
- Neilson, J. (2007). Institutions, the governance of quality and on-farm value retention for Indonesian specialty coffee. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 28, 188–204. DOI: 10.1111/j.1467-9493.2007.00290.x
- Oberthür, T., Läderach, P., Posada, H., Fisher, M. J., Samper, L. F., Illera, J., Collet, L., Moreno, E., Alarcón, R., Villegas, A., Usma, H., Perez, C., Jarvis, A. (2011). Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*, 36, 783–794. doi:10.1016/j.foodpol.2011.07.005
- R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Santato, A., Bertoldi, D., Perini, M., Camin, F. y Larcher, R. (2012). Using elemental profiles and stable isotopes to trace the origin of green coffee beans on the global market. *Journal of Mass Spectrometry*, 47, 1132-1140. doi: 10.1002/jms.3018
- Specialty Coffee American Association (SCAA) (2006). Geographic indications for the origin of coffee. Long Beach, CA, USA. Disponible en: <http://www.scaa.org/PDF/Statement%20on%20Geographical%20Indications%20for%20the%20Origin%20of%20Coffee%20Aug%202006.pdf>
- Stat Soft Inc (2003). Statistica 6.1. Tulsa, OK, USA.
- Suh, J. y MacPherson, A. (2007). The impact of geographical indication on the revitalisation of a regional economy: a case study of ‘Boseong’ green tea. *Area*, 39(4), 518–527. doi: 10.1111/j.1475-4762.2007.00765.x
- Teuber, R. (2010). Geographical indications of origin as a tool of product differentiation: the case of coffee. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 22 (3), 277-298. doi: 10.1080/08974431003641612
- Teuber, R. y Herrmann, R. (2012). Towards a differentiated modeling of origin effects in hedonic analysis: an application to auction prices of specialty coffee. *Food Policy*, 37, 732–740. doi: 10.1016/j.foodpol.2012.08.001
- Wilson, B. R., Conley, J. F., Harris, T. M. y Lephone, F. (2012). New terrains of taste: spatial analysis of price premiums for single origin coffees in Central America. *Applied Geography*, 35, 499-507. doi:10.1016/j.apgeog.2012.10.004
- Yener, S., Romano, A., Capellin, L., Märk, T.D., Sánchez del Pulgar, J., Gasperi, F., Navarini, L. y Biasioli, F. (2014). PTR-ToF-MS characterisation of roasted coffees (*C. arabica*) from different geographic origins. *Journal of Mass Spectrometry*, 49, 929-935. doi:10.1002/jms.3455

5. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL CAFÉ “PLUMA” DE OAXACA EN EL CONTEXTO DE UNA DENOMINACIÓN DE ORIGEN Y EL MERCADO DE ESPECIALIDAD

Resumen

El Café "Pluma" es el café mexicano que cuenta con mayor reputación en el mercado internacional. Se cultiva en condiciones excepcionales en la sierra de la región Costa del Estado de Oaxaca, México. Pese a su reputación, las características del grano y de la bebida de este café no habían sido estudiadas. En esta investigación fueron caracterizados los atributos físicos del grano y los sensoriales de la bebida del café "Pluma" en el contexto del mercado de cafés de especialidad. El estudio fue realizado en un transecto de la sierra para establecer la relación de causalidad entre las características del grano y la temperatura a la que se cultiva en las fincas cafetaleras. Los resultados indican que la temperatura influye significativamente en las características físicas de los granos y de la bebida. Las muestras de zonas de temperaturas más frías ($<21^{\circ}\text{C}$) tienen una mayor complejidad aromática, con la presencia de notas (grupos florales y afrutados) que son muy apreciadas en mercados especializados. Estos resultados suponen la base científica que sirve para conseguir la Denominación de Origen del Café “Pluma” promovida ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI, 2003), pues aporta evidencia de la relación entre las características del producto y factores ambientales, como la temperatura. Esta investigación además permitirá apoyar a los cafeticultores en la diferenciación de su producto para organizar la gestión de la producción y comercialización del café “Pluma”.

Palabras clave: Denominación de origen, calidad, evaluación sensorial, diferenciación de productos, perfil aromático.

5.1. INTRODUCCIÓN

En la red global de suministro de café, los cafeticultores minifundistas son los agentes más vulnerables, debido a que no cuentan con información de mercado, acceso a la tecnología y financiamiento para aprovechar las oportunidades de los mercados emergentes. Estos mercados valoran en un aspecto más amplio la calidad de su producción y son una alternativa al mercado convencional dominado por las grandes transnacionales (Bacon, 2005; Eakin et al., 2006; Oxfam, 2007; Wollni y Zeller, 2007; Kolk, 2012).

Por otra parte, faltan estudios consistentes que caractericen la calidad del café a nivel regional en el contexto de los mercados en términos específicos y no genéricos como cuestionan Pérez y Pérez (2011) a los esfuerzos de diferenciación en México. En la actualidad, el creciente uso de protecciones legales, como las Indicaciones Geográficas Protegidas, demuestra que el origen de un producto es un atributo diferenciador en el mercado (SCAA, 2006; Neilson, 2007; Suh y MacPherson, 2007; Teuber, 2010, Bowen, 2010; Kireeva y O'Connor, 2010; Oberthür et al., 2011; Teuber y Herrmann, 2012; Wilson et al., 2012; Galtier et al., 2013; Marie-Vivien et al., 2014). Una Indicación Geográfica es una figura legal de protección que se define como: “la calidad, reputación u otras características de un producto que pueden determinarse en función del lugar de donde proceden” (OMC, 2011). Se plantea que, mediante esta estrategia, los cafeticultores minifundistas podrían apropiarse de mayor cantidad de valor en la red de suministro.

En México, la mayor parte de la producción de café se vende en el mercado convencional. En menor proporción, algunos productores e instituciones hacen el esfuerzo por diferenciar su producto por su origen para los mercados nicho, no obstante, estos son esfuerzos minoritarios y aislados (Berrocal et al., 2009; Pérez y Pérez, 2011). A pesar de esto, Pérez et al. (2005) evidenciaron que la calidad del café mexicano se puede diferenciar por regiones y que puede tener la calidad para competir en los mercados de alta gama. Uno de los primeros esfuerzos en este sentido se ha realizado en el estado de Veracruz, al gestionar una Denominación de Origen (DO) que permite diferenciar el café que se produce en este estado del resto del país (NOM-149-SCFI-2001; IMPI, 2000), aunque no ha logrado desarrollarse en la actualidad (Pérez y Pérez, 2011).

En el estado de Oaxaca, un grupo de cafeticultores están promoviendo el desarrollo de una Denominación de Origen para proteger el prestigio y reputación del café “Pluma”. Este es de los pocos cafés mexicanos reconocidos a nivel mundial cuya reputación está documentada desde hace más de 90 años por Ukers (1922) y reiterada en la actualidad por Wintgens (2004). Para implementar una protección legal mediante la Denominación de Origen, los cafeticultores requieren cumplir con los requisitos que establece el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Esto implica presentar evidencias del vínculo que existe entre los factores ambientales y culturales con las características del café de la región, para poder proceder a proteger el producto de cualquier tipo de uso indebido de la denominación “Pluma” en el mercado (DOF, 2003).

El objetivo de esta investigación es definir los atributos físicos del grano del café “Pluma” y las características sensoriales de la bebida obtenida en un transecto de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca; para relacionarlas con el régimen térmico de las fincas cafetaleras. La demostración de esta relación contribuirá a la protección legal bajo la DO “Café Pluma” de este café en el mercado nacional e internacional.

5.2. MATERIAL Y MÉTODOS

5.2.1. Área de estudio

El estudio fue realizado en el lugar en el que se considera que se inició el cultivo del café en la región. Se incluyeron los municipios considerados en la declaratoria de protección para la Denominación de Origen del Café Pluma (DOF, 2003): Pluma Hidalgo, Candelaria Loxicha y San Pedro Pochutla de la región de la Costa del Estado de Oaxaca (figura 5.1).

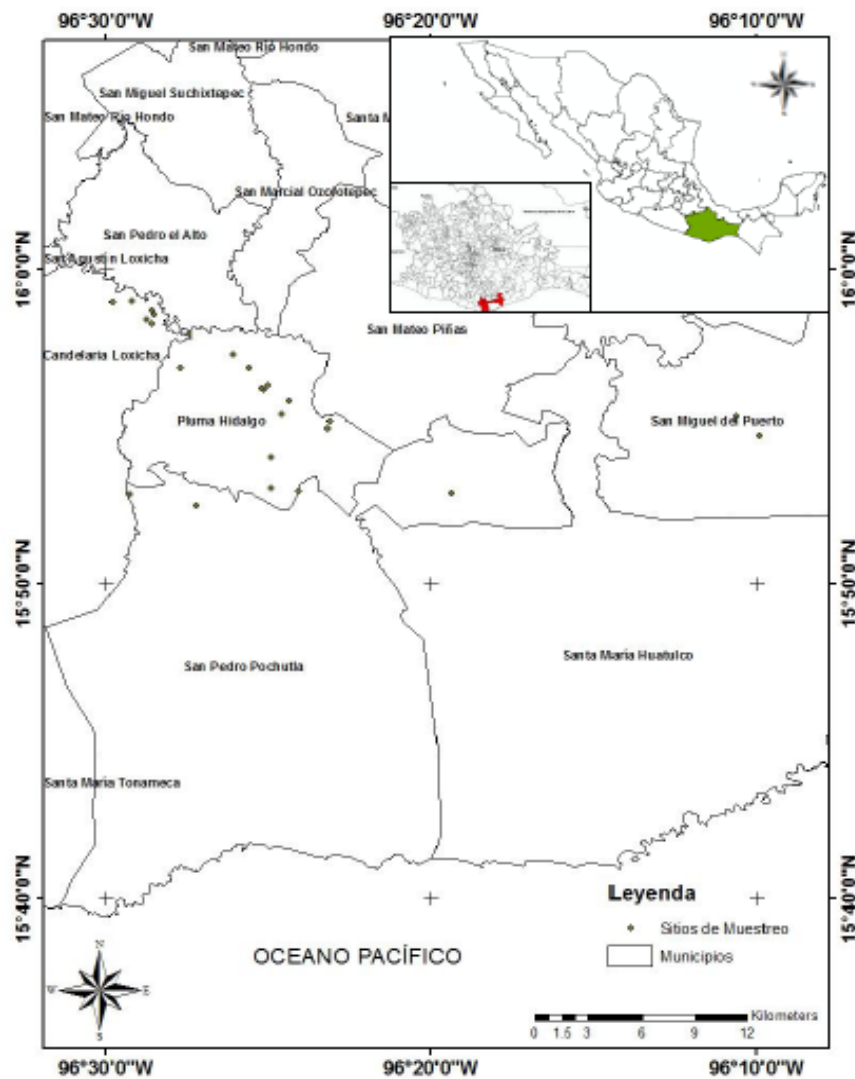


Figura 5.1. Mapa de ubicación geográfica de la región de estudio.

5.2.2. Muestreo

Con el fin de conocer las principales características de la región y ubicar los puntos de muestreo, fue realizada una revisión documental y un recorrido de campo. Como resultado de este primer acercamiento se ubicó un transecto térmico. La temperatura es uno de los principales factores que afectan a la calidad del café como lo demuestran los estudios realizados por Pérez et al. (2005); Da Silva et al. (2005); Bertrand et al. (2006); Joët et al. (2010); y Bertrand et al. (2012). Las muestras de café fueron recolectadas en un transecto corto que se inicia en la parte

intermedia de la montaña hacia el mar, donde se encuentran diferencias importantes en el régimen térmico (Figura 5.1). Las localidades se ubican en un rango de régimen térmico que varió desde los 19.2 hasta los 25.5°C, rango que es representativo de las condiciones de temperatura en que se cultiva y transforma el café en la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

Una vez definido el transecto, fue realizada una estratificación de acuerdo con franjas de régimen térmico. Por medio de un muestreo dirigido, los cafeticultores a considerar en la investigación fueron seleccionados de un censo. Los criterios de elección considerados en cada estrato fueron los siguientes: a) que tuvieran disposición a proporcionar información y b) que pudieran proporcionar una muestra de café pergamino de 5 kg que fuera representativa de un lote de café de la finca. Fueron registrados datos de 25 fincas de café cuya ubicación geográfica se encuentra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1.- Datos de localización y altitud de las fincas de café estudiadas en la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

Muestra	Municipio	Comunidad	Latitud	Longitud	Temperatura
PH001	San Rafael Toltepec	Pochutla	15° 52' 28"	96° 27' 12.2"	25.5
PH002	San Rafael Toltepec	Pochutla	15° 52' 27.7"	96° 27' 12"	25.4
PH003	Tierra Blanca	Pochutla	15° 52' 50"	96° 29' 17"	25.3
PH004	Comala	Pochutla	15° 52' 56"	96° 29' 04"	25.2
PH005	Santa María Magdalena	Pluma Hidalgo	15° 54' 54.9"	96° 23' 11.3"	24.1
PH006	Santa María Magdalena	Pluma Hidalgo	15° 55' 9.5"	96° 23' 5.9"	23.4
PH007	El Refugio	Pluma Hidalgo	15° 53' 59.9"	96° 24' 54.8"	23.2
PH008	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 53' 1.1"	96° 24' 55.3"	22.7
PH009	Concordia	Pochutla	15° 52' 30"	96° 00' 00"	22.5
PH010	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 55' 22.5"	96° 24' 35.7"	22.3
PH011	Copalita	Pluma Hidalgo	15° 57' 55"	97° 27' 27"	22.3
PH012	La Galera	Pluma Hidalgo	15° 55' 48.9"	96° 24' 21.0"	21.5
PH013	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 31.8"	96° 28' 32.1"	21.3
PH014	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 56.1"	96° 29' 48"	20.9
PH015	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 22"	96° 28' 45"	20.8
PH016	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 57.7"	96° 29' 12"	20.8
PH017	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 14.7"	96° 28' 35.4"	20.8
PH018	Las Trancas	Pluma Hidalgo	15° 57' 16.2"	96° 26' 5.3"	20.5
PH019	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 11.6"	96° 25' 07.8"	19.9
PH020	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 56' 12.1"	96° 25' 11.9"	19.8
PH021	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 56' 13.1"	96° 25' 11.9"	19.7
PH022	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 56' 52.7"	96° 25' 36.3"	19.3
PH023	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 17.1"	96° 25' 1.3"	19.3
PH024	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 17.9"	96° 25' 1.24"	19.2
PH025	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 18.4"	96° 25' 1.8"	19.2

5.2.3. Registro de datos

En la entrevista fue registrada la siguiente información:

a) Datos generales. Fueron anotadas las referencias del cafeticultor, de su finca y su ubicación geográfica. Para determinar su posición geográfica fue utilizado un receptor de Geoposicionamiento Global modelo Garmin 12.

b) Procesamiento. Fue registrada la forma de procesar el café: acondicionamiento y selección del “café cereza”, despulpado, fermentación, lavado del grano, secado y almacenamiento. Se hizo énfasis en registrar aquellas condiciones que pudieran afectar a las características físicas del grano y sensoriales de la bebida.

5.2.4. Muestras de café

Fue tomada una muestra de cada una de las 25 fincas de café. Las muestras entregadas fueron representativas de sus fincas, de sus variedades cultivadas: Pluma Hidalgo (un ecotipo de Typica), Mundo novo y Bourbón; y de la forma de procesar el café que declararon los caficultores en la entrevista. Las muestras fueron etiquetadas con los datos siguientes: nombre del caficultor y/o procesador, municipio y comunidad, altitud y fecha. La humedad de las muestras fue homogenizada mediante un secado a las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa, para mantener su humedad en el rango de 10 a 12%. Las muestras fueron guardadas en bolsas de polietileno y almacenadas a una temperatura promedio de 18°C, en el Laboratorio de Evaluación de Calidad de Café de la Universidad Autónoma Chapingo en Huatusco, Veracruz. Después de seis meses las muestras fueron evaluadas, acorde al periodo que permanece almacenado un lote de café hasta su comercialización (periodo de maduración).

5.2.5. Cálculo de la temperatura de cada granja

Mediante el análisis de regresión simple, se determinó la temperatura anual promedio de cada sitio (régimen térmico), utilizando datos de estaciones meteorológicas ubicadas en la zona sur del estado de Oaxaca.

5.2.6. Evaluación física del grano

En la evaluación física de las muestras del grano de café fue utilizado el protocolo de la SCAA (2009a), la Norma Mexicana Café Verde de Especialidad (NMX-F-177-SCFI-2009), la Norma Oficial Mexicana Café Veracruz (NOM-149-SCFI-2001) y otros parámetros de importancia en relación con el origen geográfico. De acuerdo con el procedimiento, una submuestra de 500 g de café pergamino fue utilizada para su evaluación. Primero, la submuestra fue trillada para obtener el grano de café verde (eliminación por fricción mecánica de la capa de pergamino que cubre la semilla). Del café resultante, 350 g fueron utilizados para la evaluación física. La muestra de cada unidad de producción fue evaluada por triplicado con la finalidad de estimar la variabilidad. En la evaluación del café verde en primer lugar el color fue determinado por comparación con la tabla de colores Pantone®. Posteriormente, la humedad del grano fue medida por impedancia eléctrica, utilizando un higrómetro modelo MH-302 marca Quantik. Cada lectura fue corregida considerando la temperatura ambiente.

En el cálculo de porcentaje de tamaño de grano fue empleado un juego de zarandas marca Quantik, el cual tiene 6 unidades graduadas en 1/64 de pulgada e identificadas como zaranda 19, 18, 17, 16, 15 y 0. El procedimiento consistió en vaciar la muestra de 350 g de café verde sobre el juego de zarandas, las cuales previamente fueron colocadas sobre un agitador mecánico. El juego de zarandas fue mantenido en movimiento durante 10 minutos para que los granos se acomodaran en cada malla de acuerdo con su tamaño. Después de este periodo, la cantidad de grano acomodado en cada malla fue pesado en una báscula.

De acuerdo con el protocolo de la SCAA (2009a), los granos de la muestra que presentaron defectos fueron contabilizados y clasificados en primarios y secundarios. También fue registrado el número de granos con espermodermo persistente, por considerarse una característica del café de la región. Adicionalmente, el porcentaje de granos con forma de "planchuela", que puede ser un indicador del material genético, fue calculado. Cabe señalar que estas características del grano de café verde no se encuentran en el protocolo de evaluación, pero son importantes cuando se estudia el efecto del origen geográfico.

5.2.7. Evaluación sensorial de la bebida

La evaluación sensorial fue realizada por un panel de jueces expertos constituido por cuatro integrantes con más de 5 años de experiencia, de los cuales dos son catadores certificados “Q grader” por el Coffee Quality Institute (CQI) de los Estados Unidos de América. Cada muestra fue evaluada por triplicado y de forma aleatoria.

Para la evaluación sensorial de las características de la bebida, se tomó como referencia, el procedimiento que se aplica en el mercado de especialidad, el protocolo Q de la SCAA (SCAA, 2009b). En total fueron evaluados los 11 atributos que establece el protocolo Q (SCAA, 2009b): olor, flavor, regusto, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzor, defectos (cuyo valor se resta), y la puntuación general del catador. En el sistema Q, cada atributo se valora en una escala estructurada de 0 a 10. Al final de la evaluación, los 11 atributos calificados se suman para obtener una puntuación final cuyo máximo valor es de 100 puntos. La puntuación final de las muestras, o puntuación Q, es un valor que sintetiza la estimación de la intensidad de los atributos, la calidad y frecuencia de las notas aromáticas mediante el registro de preferencias establecidas en el mercado de especialidad. La calidad del café se clasifica de acuerdo con la puntuación final, un café de especialidad debe reunir como mínimo 80 puntos. Además de las variables medidas en el protocolo Q, fue descrito el perfil aromático presente en el olor, flavor y regusto de la bebida (bouquet) por parte del panel. Para la descripción del perfil aromático las esencias de Le Nez du Café (Lenoir, 2008) fueron utilizadas.

Para la preparación de la bebida se tostaron 100 g de café verde de cada muestra. El grado de tueste fue mantenido en un rango de intensidad de color que varió entre el disco 55 y 65 (tueste medio). Para determinar el grado de tueste se utilizaron como referencia los discos de la escala Agtron/SCAA.

5.2.8. Análisis de datos

Los datos resultantes de la evaluación sensorial fueron valorados mediante un análisis de varianza de dos factores (muestra y juez) con interacción muestra-juez para determinar la eficacia del panel. Para los parámetros descriptivos de la bebida (olor, flavor, regusto, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzor, defectos, puntuación general y puntuación final) se calcularon las medias y desviación estándar y las tablas de frecuencias en el caso de las variables cualitativas del perfil aromático (olor, flavor y regusto). A continuación, se aplicó el análisis de correlación de Pearson, entre la temperatura y las variables del grano de café verde y el análisis de correlación de Spearman, entre la temperatura y las variables de los atributos sensoriales de la bebida.

Si las correlaciones fueron significativas, se aplicó una regresión lineal para generar un modelo de comportamiento de la calidad con relación al régimen térmico de las fincas cafetaleras.

5.2.9. Modelo cartográfico

El programa Idrisi Selva 17.0 (Eastman, 2015) se utilizó en el análisis cartográfico. La base cartográfica se generó a partir del modelo digital del terreno, escala 1: 250 000 (INEGI, 2017). Para generar las imágenes de las áreas potenciales de producción de cada calidad de la bebida en la región, se utilizaron varios procesos de síntesis analítica y cartográfica.

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1. Características físicas de los granos de la región

Las características físicas del grano de las muestras (media y desviación) se recogen en la tabla 5.2. En cuanto al color del grano, el 80 % de las muestras presentaron colores que van del

verde oliva claro (Pantone 5763C) al verde oliva oscuro (Pantone 5773C), los cuales son valorados en el mercado de especialidad (fino y muy fino de acuerdo con la norma NMX -F -177 - SCFI - 2009).

Las muestras presentan en promedio un 84% de granos medianos y grandes. Esto pudiera ser efecto de las variedades que se cultivan en la región, entre las que se encuentran Pluma Hidalgo, Mundo novo y Bourbon. Estas variedades producen granos de tamaño grande (Martínez et al., 2004).

Tabla 5.2.- Características físicas del grano de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

Muestra	Humedad (%)		Color de grano (Pantone)	Tamaño grande (g/350g)		Tamaños medianos (g/350g)		Tamaños pequeños (g/350g)		Defectos Secundarios (no.)		Café sano con espermodermo (g/350g)		Planchuela (g/350g)	
	$\bar{\chi}$	σ		$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ
PH001	11.4	0.7	5763C	40.8	3.2	190.4	2.4	118.8	2.4	35.5	2.0	128.3	29.1	274.0	1.6
PH002	11.6	0.8	5773c	43.2	3.3	187.4	1.6	119.3	3.3	3.5	0.3	193.9	1.4	293.6	3.6
PH003	11.6	0.4	5763C	78.7	0.7	219.6	2.6	51.7	1.8	18.0	1.7	101.1	9.2	311.7	1.2
PH004	11.6	0.5	5763C	64.7	0.7	195.3	1.2	90.0	1.6	37.0	1.4	168.4	10.8	283.8	0.0
PH005	12.0	0.4	5763C	24.7	1.2	238.4	3.0	86.9	2.6	5.0	2.8	249.9	4.2	327.2	3.3
PH006	11.4	0.1	5763C	96.6	7.2	197.3	4.0	56.2	3.2	42.0	0.8	152.5	8.8	323.7	0.4
PH007	11.7	0.4	5763C	141.1	3.5	171.7	3.2	37.2	0.3	12.5	4.0	116.6	6.8	320.8	1.4
PH008	11.9	0.4	5753C	110.7	3.5	197.1	2.9	42.2	2.1	7.3	5.0	142.9	22.2	322.1	2.5
PH009	11.3	0.5	5763C	133.6	2.9	181.7	2.6	34.7	2.2	66.5	2.2	118.8	11.6	319.1	1.8
PH010	11.5	0.6	5763C	130.7	3.3	178.4	3.7	41.0	1.8	70.0	1.9	185.3	9.7	325.4	2.6
PH011	11.5	0.5	5763C	120.8	3.3	180.5	1.9	48.7	0.8	5.5	1.2	167.1	29.8	320.9	0.8
PH012	11.4	0.9	5753C	145.7	2.2	172.3	2.7	32.0	2.0	18.0	2.7	246.5	7.6	328.1	3.7
PH013	11.9	0.6	5753C	123.0	2.0	182.2	2.3	44.8	1.3	11.0	2.7	202.0	14.9	321.6	3.2
PH014	11.5	0.9	5753C	129.1	1.2	190.5	3.3	30.3	0.8	65.0	0.8	233.4	8.7	330.5	1.9
PH015	11.4	0.5	5753C	99.3	1.6	198.7	1.3	52.1	2.9	0.5	0.7	178.7	2.3	324.2	0.1
PH016	11.3	0.4	5763C	138.9	1.3	170.7	7.2	40.5	1.9	50.0	0.8	198.8	20.0	324.2	1.2
PH017	12.1	0.1	5753C	122.0	5.7	192.0	5.0	36.0	1.2	18.0	4.6	205.7	1.5	329.4	1.1
PH018	11.2	1.0	5753C	90.3	2.0	205.1	1.9	54.6	1.5	50.0	0.9	221.1	18.1	325.3	1.9
PH019	11.5	0.2	5763C	153.0	5.3	158.4	9.2	38.6	1.4	20.9	1.3	208.8	4.0	320.3	1.4
PH020	10.8	0.7	5753C	96.8	3.3	196.0	3.3	57.3	2.1	24.5	2.8	214.4	6.7	322.6	1.3
PH021	11.0	0.5	5773c	83.3	2.3	197.4	2.2	69.4	1.9	5.2	0.9	255.9	2.9	309.3	1.8
PH022	11.0	0.4	5773c	92.6	5.7	192.6	3.8	64.8	3.0	20.1	1.9	221.0	1.9	318.9	0.6
PH023	11.7	0.6	5773c	162.3	7.6	149.6	5.4	38.0	2.2	8.5	4.5	284.1	3.7	322.2	0.9
PH024	11.1	1.0	5773c	133.4	2.1	175.2	1.9	41.3	1.6	32.9	0.9	221.1	15.9	329.1	2.2
PH025	11.4	0.4	5763C	106.9	3.7	192.0	3.8	51.1	2.1	19.2	1.3	215.9	6.7	331.2	1.3
Prom.	11.5	0.3	5763C	106.5	35.28	188.4	17.8	55.1	24.1	25.9	20.6	193.3	46.3	318.4	14.0

Como las muestras fueron entregadas en café pergamino directamente de las fincas, sin pasar por el acondicionamiento del beneficiado seco, presentaron granos con defectos que rebasan los límites establecidos por la norma de la SCAA para un café de especialidad. Se encontraron desde 14 hasta 83 defectos primarios en las muestras PH005 y PH017 respectivamente. Mientras que granos con defectos secundarios se registraron desde 1 hasta 70 en la muestra PH015 y PH010 respectivamente. En promedio las muestras presentan 45 defectos primarios y 26 secundarios. La cantidad de defectos que tienen las muestras de café repercute de manera importante en la calidad del grano. Esto es uno de los aspectos a mejorar en la perspectiva de ingresar a los mercados de especialidad.

La presencia de espermodermo persistente en el grano es una característica que se menciona en la región como la que distingue al café “Pluma” de otros. Aunque Wintgens (2004) y el ITC (2011) lo consideran como defecto (“grano recubierto”), en mercado de especialidad no se considera defecto. Puede ser un atributo distintivo que quizá tenga relación con el ambiente de esta región y no necesariamente a prácticas de cultivo y/o manufactura. Se encontró desde un 28.9% hasta un 81.2% de granos sanos con espermodermo persistente en la muestra PH003 y PH023, respectivamente, el promedio fue de 55%. En cuanto a esta característica no se encontró

referencia para compararla, sin embargo, quizá sea un indicador positivo de la calidad del grano de esta región.

Otra característica que se considera para evaluar la calidad es la forma del grano, existen cuatro tipos de formas: triangular, circular (“caracol”), deforme (“elefante”) y plano-convexa (“planchuela”). La forma que se considera para evaluar la calidad del grano es la de “planchuela”, la cual es la más abundante y la forma típica. Las muestras en la región presentaron desde un 78.3% hasta un 94.6% en la muestra PH001 y en la PH014, respectivamente, con un promedio de 91% de forma de “planchuela”. En general, las muestras de la región cumplen con la Norma Oficial Mexicana NOM-149-SCFI-2001, la cual establece un valor mínimo de 90%. Se ha reportado que la proporción de las diferentes formas del grano de café se puede deber a la variedad cultivada y al ambiente. En el trabajo de campo se encontró que la variedad cultivada que predomina en las fincas seleccionadas es Pluma Hidalgo, los resultados coinciden con los reportados por Martínez et al. (2004) en donde la variedad cultivada "Typica" presentó la mayor proporción de granos con esta forma.

5.3.2. Características sensoriales de la bebida de la región

La eficacia del panel de jueces expertos fue evaluada mediante un análisis de varianza de dos factores (juez-muestra). Los resultados indican que hubo concordancia de juicios, para la mayoría de los atributos que fueron evaluados (tabla 5.3). Sólo en regusto y balance no hubo concordancia, debido a una interacción de dos jueces en algunas muestras, esto se pudo corregir mediante el entrenamiento en el uso de la escala en estos atributos. Sin embargo, esto no afectó la puntuación final de la calidad de la bebida. Los resultados muestran el alto grado de entrenamiento y concordancia de juicios de los jueces expertos usando el protocolo de cata Q.

Tabla 5.3. Valores de p de para cada factor y su interacción, resultantes del análisis de varianza de los juicios emitidos por el panel de evaluación sensorial de café.

Atributo	Muestra	Juez	Muestra-Juez
Olor	0.04534 *	0.33128 ns	0.88126 ns
Flavor	0.00000 ***	0.13354 ns	0.45331 ns
Regusto	0.00001***	0.00070 ***	0.70463 ns
Acidez	0.00000***	0.79107 ns	1.00000 ns
Cuerpo	0.00211**	0.07426 ns	1.00000 ns
Balance	0.00000***	0.00801**	0.99547 ns
Dulzor	0.00000 ***	0.65203 ns	0.99995 ns
Uniformidad	0.00000 ***	1.00000 ns	1.00000 ns
Taza limpia	0.06683 ns	0.75289 ns	0.94277 ns
Puntuación general	0.00000 ***	0.18327 ns	0.99359 ns
Defectos	0.00000***	0.19237 ns	0.99753 ns
Puntuación final	0.00000 ***	0.84716 ns	0.99972 ns

ns = no significativo, *significativo (p<0.05), **significativo (p<0.01), ***significativo (p<0.001)

Los resultados del panel de evaluación sensorial con el perfil de la bebida de café preparada a partir de las muestras se encuentran en la Tabla 5.4. La valoración en el Sistema Q de la bebida integra las intensidades de los atributos de la bebida y la complejidad de las notas aromáticas del bouquet. Las calificaciones del bouquet fueron altas en promedio para olor y el flavor con valores de 8.1 y 8.0 respectivamente, mientras que para el regusto el valor fue de 7.6. La acidez y el dulzor presentaron una calificación promedio de 6.4 y 6.5 respectivamente que es considerada como buena. Un atributo sobresaliente de la bebida de esta región es el cuerpo que tuvo un valor promedio de 7.9.

Con respecto a las notas descriptivas de la bebida de café se presentan en la tabla 5.5, las muestras presentaron poca complejidad aromática, predomina el grupo de las resinas con mayor número de frecuencias seguido de las especias. Se notó que en la medida en que disminuyó las frecuencias de estos grupos; en algunas muestras aumentó la complejidad aromática derivada de la presencia de notas aromáticas de los grupos floral y frutal, que son altamente valorados en los mercados de especialidad. En cuanto a la complejidad aromática sobresalieron las muestras PH022, PH023, PH024 y PH025 que presentaron notas florales y frutales en el bouquet.

7 de las 25 muestras tuvieron notas defectuosas. Las muestras que presentaron daño ligero (PH003, PH008 y PH013) fueron penalizadas con menos de 2 puntos. La muestra PH004 tuvo un daño importante que se valoró con 9.1 puntos.

Los valores asignados a los atributos anteriormente descritos se consideraron para calificar otros atributos de la bebida como es el balance, la taza limpia y la puntuación general del catador, que conjuntamente se toman en cuenta para asignar la puntuación final. En este contexto, las calificaciones asignadas a la bebida de las muestras de café fueron desde 62 puntos de la PH004, que de acuerdo con el protocolo se puede calificar de regular a mala; hasta 85.2 puntos de la PH023, cuya bebida puede ser altamente competitiva en el concurso de la Taza de Excelencia® (mercado de alta gama). La valoración promedio de las muestras de café de la región fue de 78.3, por debajo de los 80 puntos para ser considerado como un café de especialidad. Sin embargo, el 52% de las muestras tuvieron una calificación por arriba de 80 puntos, lo que indica que existe un potencial importante para este tipo de mercado en la región.

5.3.3. Categorización de la calidad de acuerdo con el mercado de especialidad

Como se pudo apreciar en los resultados anteriores, existe alta variabilidad en las características físicas del grano y sensoriales de la bebida del café en la región. En el contexto de obtener una protección legal para el grano de café, se requirió explicar algunas de las causas de esta variabilidad. Al respecto Da Silva et al. (2005); Bertrand et al. (2006); Joët et al. (2010); Bertrand et al. (2012); Galtier et al. (2013) y Wilson y Wilson (2014) identifican la altitud como una variable que afecta de manera importante a las características del grano y la bebida. Aunque otros estudios precisan que el efecto de la altitud es más bien indirecto ya que es la temperatura la que afecta la calidad del café (Pérez et al., 2005; Bertrand et al., 2006; ITC, 2011).

Tabla 5. 4. Resultados del panel de evaluación sensorial de la bebida de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca en el sistema Q (mercado de especialidad).

Muestra	Olor	Flavor	Regusto	Acidez	Cuerpo	Balance	Dulzor	Uniformidad	Taza Limpia	Puntuación General	Defectos	Puntuación Final
PH001	7.9±0.2	7.8±0.2	7.7±0.2	5.2±0.7	7.6±0.6	6.9±0.3	5.4±1.1	10.0±0.0	10.0±0.0	7.1±0.3	-	75.6±2.5
PH002	7.5±0.5	7.1±0.5	7.3±0.5	5.5±1.1	8.0±0.4	6.9±0.4	4.6 ±0.4	10.0±0.0	10.0±0.0	6.4±0.4	-5.6±1.8	67.5±2.7
PH003	8.1±0.1	8.0±0.2	7.3±0.3	6.3±0.3	7.4±0.7	7.1±0.2	5.8±0.8	10.0±0.0	10.0±0.0	6.9±0.3	-1.3±1.9	75.7±2.3
PH004	8.0±0.1	7.4±0.7	6.7±0.7	4.1±0.8	8.1±0.3	6.4±0.8	4.3±1.1	10.0±0.0	10.0±0.4	6.4±0.4	-9.1±5.7	62.0±7.0
PH005	7.9±0.2	7.6±0.8	7.2±0.7	3.8±1.2	8.0±0.4	6.5±0.9	4.6±1.7	10.0±0.0	10.0±0.0	6.8±0.8	- 3.8±5.8	68.6±8.9
PH006	8.1±0.2	8.0±0.1	7.8±0.3	5.1±0.5	8.1±0.3	7.0±0.2	6.6±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	7.3±0.3	-	77.8±0.9
PH007	8.1±0.1	7.9±0.3	7.7±0.4	5.5±0.6	7.7±0.5	7.1±0.2	5.6±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	6.9±0.4	-	76.5±1.1
PH008	8.0±0.4	7.5±0.5	7.3±0.5	5.2±1.1	7.6±0.4	6.9±0.6	6.5±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	7.0±0.6	-1.3±3.5	74.8±4.7
PH009	8.0±0.4	8.1±0.1	7.9±0.4	7.1±0.2	8.0±0.3	7.8±0.4	6.8±0.7	10.0±0.0	10.0±0.0	7.8±0.2	-	81.4±1.2
PH010	8.0±0.2	8.1±0.1	7.5±0.3	7.0±0.2	7.7±0.5	7.5±0.1	6.5±0.8	10.0±0.0	10.0±0.0	7.5±0.3	-	79.7±1.1
PH011	8.0±0.4	7.2±0.8	7.3±0.6	5.4±0.6	7.5±0.3	6.8±0.4	5.8±0.4	10.0±0.0	10.0±0.0	6.8±0.2	-5.0±5.3	69.7±5.8
PH012	8.2±0.2	7.9±0.1	7.6±0.4	7.3±0.6	7.4±0.4	7.4±0.3	6.8±0.7	10.0±0.0	10.0±0.0	7.5±0.3	-	80.1±1.6
PH013	8.3±0.3	8.1±0.3	7.6±0.3	6.8±0.8	8.2±0.4	7.8±0.4	6.6±1.0	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.4	-1.9±2.6	79.0±1.6
PH014	8.1±0.4	8.1±0.1	7.8±0.4	6.4±0.4	8.2±0.4	7.5±0.3	7.6±0.6	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.4	-	81.3±0.9
PH015	8.2±0.2	8.3±0.2	8.2±0.2	6.6±0.5	8.4±0.3	7.6±0.3	7.9±0.7	10.0±0.0	10.0±0.0	7.9±0.2	-	83.0±0.8
PH016	8.2±0.2	8.2±0.3	7.8±0.4	6.8±0.6	8.3±0.3	7.5±0.3	6.8±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	7.8±0.3	-	81.3±1.3
PH017	8.1±0.4	8.1±0.1	7.9±0.3	7.6±0.2	7.8±0.3	7.7±0.3	7.2±0.3	10.0±0.0	10.0±0.0	7.7±0.2	-	82.1±0.8
PH018	8.2±0.2	8.2±0.2	7.9±0.2	7.7±0.4	8.0±0.2	7.6±0.5	6.9±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	7.7±0.2	-	82.2±1.2
PH019	7.8±0.4	8.1±0.2	7.7±0.4	6.1±1.1	8.0±0.6	7.4±0.4	6.6±1.0	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.5	-	79.3±3.1
PH020	8.2±0.4	8.0±0.2	7.7±0.3	6.6±0.9	7.8±0.5	7.5±0.4	6.9±0.8	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.5	-	80.3±1.8
PH021	8.3±0.5	8.1±0.1	7.8±0.3	7.3±0.8	7.8±0.7	7.8±0.2	6.4±1.5	10.0±0.0	10.0±0.0	7.8±0.2	-	81.3±1.8
PH022	8.2±0.2	8.4±0.1	8.1±0.2	7.4±0.4	8.3±0.5	8.1±0.2	8.3±0.4	10.0±0.0	10.0±0.0	8.2±0.3	-	84.9±1.0
PH023	8.4±0.2	8.3±0.2	7.8±0.3	7.8±0.6	8.2±0.2	8.3±0.4	8.1±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	8.2±0.3	-	85.2±1.4
PH024	8.3±0.2	8.3±0.2	7.8±0.3	8.1±0.7	8.0±0.5	8.1±0.1	7.3±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	8.1±0.2	-	83.8±1.1
PH025	8.3±0.3	8.2±0.3	8.0±0.3	7.8±0.8	7.7±0.3	7.7±0.3	7.6±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	8.0±0.4	-	83.2±2.7
Media	8.1±0.3	8.0±0.5	7.6±0.5	6.4±1.3	7.9±0.5	7.4±0.6	6.5±1.3	10.0±0.0	10.0±0.1	7.4±0.6	-1.1±3.1	78.3±6.5

Tabla 5.5. Frecuencias relativas de los grupos aromáticos en el bouquet de la bebida de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

Muestra	Bouquet	Grupo Resinas	Grupo Especies	Grupo Chocolate	Grupo Caramelo	Grupo Nueces	Grupo Floral	Grupo Frutal	Grupo Pirolítico	Grupo Herbal	Grupo Defectos
PH001	Olor	37.1±0.2	31.0±0.2	5.0±0.1	13.3±0.1	8.6±0.1	5.0±0.1	0	0	0	0
	Flavor	35.1±0.2	41.5±0.3	16.7±0.2	3.1±0.1	3.6±0.1	0	0	0	0	0
	Regusto	54.2±0.1	19.0±0.2	17±0.1	3.6±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
PH002	Olor	35.2±0.1	8.3±0.1	9.1±0.1	16.3±0.2	19.1±0.1	2.8±0.1	0	9.1±0.1	0	0
	Flavor	15.7±0.1	10.3±0.1	27.1±0.2	0	5.6±0.1	0	4.2±0.1	9.8±0.1	0	27.3±0.2
	Regusto	13.7±0.0	13.7±0.0	44.7±0.1	0	0	0	0	19.6±0.1	0	8.3±0.1
PH003	Olor	40.0±0.2	16.7±0.2	13.3±0.1	12.5±0.2	8.3±0.1	9.2±0.1	0	0	0	0
	Flavor	37.5±0.3	19.6±0.1	15.5±0.2	7.1±0.1	11.9±0.1	0	8.3±0.2	0	0	0
	Regusto	39.6±0.1	24.6±0.1	19.4±0.2	0	0	0	4.2±0.1	0	0	12.3±0.1
PH004	Olor	33.3±0.2	15.5±0.2	15.5±0.0	7.7±0.1	20.2±0.2	7.7±0.1	0	0	0	0
	Flavor	27.6±0.1	26.8±0.2	20.7±0.2	3.6±0.1	0	0	0	9.2±0.1	0	12.1±0.1
	Regusto	23.7±0.2	28.9±0.0	0	3.6±0.1	0	0	0	0	0	43.9±0.2
PH005	Olor	56.3±0.2	16.7±0.1	0	14.6±0.1	12.5±0.3	0	0	0	0	0
	Flavor	44.4±0.1	27.2±0.2	23.4±0.2	0	0	0	0	0	0	5.0±0.1
	Regusto	31.3±0.1	29.0±0.2	22±0.2	0	0	0	0	3.6±0.1	0	14.2±0.2
PH006	Olor	29.2±0.1	23.3±0.2	0	24.2±0.1	15±0.2	8.3±0.2	0	0	0	0
	Flavor	29.5±0.2	37.5±0.3	26.8±0.2	0	0	0	6.3±0.1	0	0	0
	Regusto	48.8±0.2	19.0±0.2	28±0.3	0	0	0	4.2±0.1	0	0	0
PH007	Olor	34.1±0.1	14.8±0.1	26.8±0.2	24.3±0.2	0	0	0	0	0	0
	Flavor	10.7±0.1	32.1±0.2	37.5±0.2	3.6±0.1	3.6±0.1	0	12.5±0.3	0	0	0
	Regusto	14.9±0.1	26.8±0.1	54.8±0.1	0	3.6±0.1	0	0	0	0	0
PH008	Olor	56.3±0.3	8.3±0.1	12.5±0.2	14.6±0.1	4.2±0.1	4.2±0.1	0	0	0	0
	Flavor	33.9±0.2	26.8±0.1	7.1±0.1	19.6±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	6.3±0.1
	Regusto	35.4±0.3	33.3±0.3	11.5±0.1	13.5±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
PH009	Olor	40.7±0.2	8.3±0.2	9.2±0.1	16.3±0.1	13.6±0.2	11.9±0.1	0	0	0	0
	Flavor	17.0±0.1	24.1±0.2	14.4±0.0	6.7±0.1	4.2±0.1	0	33.6±0.2	0	0	0
	Regusto	29.6±0.2	31.3±0.1	13.9±0.1	2.8±0.1	0	0	22.4±0.1	0	0	0
PH010	Olor	39.9±0.1	32.1±0.1	15.5±0.1	8.3±0.1	4.2±0.1	0	0	0	0	0
	Flavor	38.2±0.1	39.9±0.2	15.6±0.2	6.3±0.1	0	0	0	0	0	0
	Regusto	30.1±0.2	39.0±0.1	16.5±0.1	7.3±0.1	0	0	0	3.6±0.1	0	3.6±0.1
PH011	Olor	39.6±0.1	25.0±0.2	12.5±0.2	16.7±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
	Flavor	17.9±0.1	21.4±0.1	34.5±0.2	0	0	0	11.3±0.1	0	0	14.9±0.0
	Regusto	38.3±0.1	27.9±0.1	4.2±0.1	0	6.3±0.1	0	10.0±0.2	0	0	13.3±0.1
PH012	Olor	39.5±0.2	29.7±0.3	25.2±0.2	2.8±0.1	0	2.8±0.1	0	0	0	0
	Flavor	20.8±0.1	37.2±0.3	20.5±0.1	3.1±0.1	3.1±0.1	0	12.5±0.3	2.8±0.1	0	0
	Regusto	11.9±0.1	50.4±0.1	30.8±0.1	0	0	0	4.2±0.1	2.8±0.1	0	0
PH013	Olor	45.2±0.1	12.5±0.2	6.3±0.1	24.6±0.1	8.3±0.2	3.1±0.1	0	0	0	0
	Flavor	24.7±0.1	38.1±0.2	22.8±0.2	2.8±0.1	0	0	9.2±0.1	0	2.5±0.1	0
	Regusto	35.3±0.3	16.5±0.1	12.5±0.1	6.3±0.1	0	0	3.6±0.1	0	9.8±0.1	16.1±0.1
PH014	Olor	31.4±0.2	3.6±0.1	32.6±0.2	10.7±0.1	6.3±0.1	7.7±0.1	7.7±0.1	0	0	0
	Flavor	31.8±0.1	23.5±0.1	29.0±0.1	3.6±0.1	0	3.6±0.1	3.6±0.1	0	0	5.0±0.1
	Regusto	28.1±0.2	26±0.3	39.6±0.1	0	0	0	6.3±0.1	0	0	0
PH015	Olor	31.3±0.0	22.9±0.2	12.5±0.1	12.5±0.1	10.4±0.1	4.2±0.1	0	6.3±0.1	0	0
	Flavor	20.2±0.1	36.2±0.3	14±0.0	3.1±0.1	0	4.2±0.1	22.3±0.2	0	0	0
	Regusto	34.4±0.2	40.1±0.2	16.3±0.1	4.2±0.1	0	0	0	5.0±0.1	0	0
PH016	Olor	42.1±0.3	8.6±0.1	13.6±0.1	17.1±0.1	10.0±0.1	5.0±0.1	0	3.6±0.1	0	0
	Flavor	35.0±0.1	39.3±0.3	15.7±0.1	0	0	5.0±0.1	5.0±0.1	0	0	0
	Regusto	44.0±0.1	25.9±0.1	15.5±0.1	0	0	10.4±0.1	0	4.2±0.1	0	0
PH017	Olor	36.2±0.1	10.8±0.2	18.4±0.1	17.9±0.1	7.5±0.2	6.7±0.1	0	2.5±0.1	0	0
	Flavor	11.1±0.1	23.8±0.2	29.8±0.2	3.6±0.1	8.3±0.2	0	14.3±0.3	9.1±0.1	0	0

Muestra	Bouquet	Grupo Resinas	Grupo Especies	Grupo Chocolate	Grupo Caramelo	Grupo Nueces	Grupo Floral	Grupo Frutal	Grupo Pirolítico	Grupo Herbal	Grupo Defectos
PH018	Regusto	30.9±0.1	29.9±0.1	11.5±0.1	6.9±0.1	3.1±0.1	0	5.9±0.1	8.7±0.1	0	3.1±0.1
	Olor	47.5±0.1	21.3±0.2	8.1±0.1	18.1±0.1	2.5±0.1	2.5±0.1	0	0	0	0
	Flavor	26.7±0.1	35.8±0.3	21.8±0.2	0	3.1±0.1	6.3±0.1	6.3±0.1	0	0	0
PH019	Regusto	51.2±0.1	35.4±0.2	10.3±0.1	3.1±0.1	0	0	0	0	0	0
	Olor	28.3±0.1	9.2±0.1	8.3±0.2	24.2±0.3	17.5±0.1	0	0	8.3±0.2	0	4.2±0.1
	Flavor	22.6±0.1	26.2±0.2	16.1±0.1	11.3±0.1	7.1±0.1	8.3±0.2	8.3±0.2	0	0	0
PH020	Regusto	40.5±0.1	31.5±0.2	7.7±0.1	11.9±0.1	0	0	0	8.3±0.2	0	0
	Olor	30.0±0.2	12.5±0.2	9.2±0.1	25.0±0.2	5.0±0.1	18.3±0.2	0	0	0	0
	Flavor	8.1±0.1	40.6±0.3	9.4±0.1	13.5±0.1	4.2±0.1	5.0±0.1	19.2±0.3	0	0	0
PH021	Regusto	16.7±0.1	29.2±0.2	33.3±0.3	14.6±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
	Olor	39.5±0.2	11.5±0.2	16.2±0.1	6.7±0.1	2.8±0.1	23.4±0.1	0	0	0	0
	Flavor	12.6±0.1	24.9±0.2	27.5±0.2	6.3±0.1	0	12.6±0.1	16.1±0.2	0	0	0
PH022	Regusto	14.0±0.1	37.5±0.2	28.3±0.2	5.6±0.1	0	2.8±0.1	11.8±0.1	0	0	0
	Olor	34.8±0.1	11.3±0.1	19.3±0.2	20.5±0.1	0	10.0±0.2	4.2±0.1	0	0	0
	Flavor	20.1±0.0	36.1±0.2	10.4±0.1	6.9±0.1	0	6.3±0.1	20.1±0.0	0	0	0
PH023	Regusto	14.9±0.1	34.5±0.1	8.3±0.2	11.3±0.1	0	8.3±0.2	22.6±0.2	0	0	0
	Olor	24.7±0.1	16.1±0.2	21.1±0.1	9.8±0.1	0	24.7±0.1	3.6±0.1	0	0	0
	Flavor	27.9±0.2	28.1±0.2	8.1±0.1	0	0	10.0±0.2	22.7±0.1	0	3.1±0.1	0
PH024	Regusto	15.5±0.2	31.5±0.2	13.3±0.2	8.6±0.1	0	5.0±0.1	26.1±0.2	0	0	0
	Olor	34.0±0.3	11.3±0.1	20.2±0.2	5.0±0.1	0	29.4±0.2	0	0	0	0
	Flavor	25.2±0.0	38.2±0.1	3.1±0.1	2.8±0.1	0	15.7±0.1	14.9±0.1	0	0	0
PH025	Regusto	28.0±0.1	35.1±0.3	8.3±0.2	0	0	12.5±0.2	16.1±0.1	0	0	0
	Olor	43.2±0.3	3.6±0.1	16.1±0.1	14.0±0.1	11.9±0.2	11.3±0.1	0	0	0	0
	Flavor	7.7±0.1	23.8±0.2	8.3±0.1	7.7±0.1	3.6±0.1	24.4±0.1	24.4±0.3	0	0	0
Total	Regusto	8.6±0.1	34.5±0.1	9.8±0.1	0	8.6±0.1	14.8±0.1	12.5±0.3	0	0	11.3±0.1
	Olor	38.0±0.2	15.4±0.2	13.9±0.1	15.1±0.1	7.5±0.1	7.9±0.1	0.9±0.0	1.2±0.0	0	0.2±0.0
	Flavor	24.1±0.2	30.4±0.2	19.0±0.2	4.6±0.1	2.3±0.1	4.1±0.1	11.3±0.2	1.2±0.0	0.2±0.0	2.8±0.1
	Regusto	29.3±0.2	30±0.2	19.1±0.2	4.1±0.1	0.9±0.0	2.2±0.1	6.7±0.1	2.2±0.1	0.4±0.0	5.0±0.1

5.3.3.1. Relación entre la temperatura y las características físicas del grano

En la Tabla 5.6 se presenta la relación entre la temperatura de cultivo en las unidades de producción y las características físicas del grano. Se puede observar que existe correlación con el tamaño, la presencia de espermodermo persistente y la forma de los granos.

Tabla 5.6. Valores de correlación y de probabilidad entre las características físicas de los granos y la temperatura de cultivo del café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

Parámetro	r	p
Color del grano	0.39	0.079
Tamaños grandes (g/350 g)	-0.59	0.002
Tamaños medianos (g/350 g)	-0.39	0.053
Tamaños pequeños (g/350 g)	0.58	0.002
Café sano con espermodermo (g/350 g)	-0.64	0.001
Planchuela (g/350g)	-0.65	0.000

Se encontró una relación inversa entre la temperatura y el tamaño de granos grandes. Así, el tamaño de los granos se incrementa a medida que disminuye la temperatura de cultivo en las fincas, una relación directa se presenta con la proporción de granos pequeños. Esto coincide con los estudios realizados por Vaast et al. (2006) y Somporn et al. (2012), quienes encontraron que

las temperaturas más frescas, debido a la mayor altitud o la mayor cobertura arbórea, impactan en el tamaño de los granos.

Los defectos primarios y secundarios presentes no muestran correlaciones significativas con respecto a la temperatura debido a que las prácticas de cultivo y procesamiento primario tienen mayor impacto en éstos.

El espermodermo persistente en los granos (capa plateada que cubre la semilla) mencionan los cafeticultores que es una característica distintiva del café “Pluma”, sin embargo, ésta no se encuentra presente en la misma cantidad en las muestras de la región. Fue encontrada una relación inversa entre la temperatura de cultivo en las fincas de café y la cantidad de granos con espermodermo persistente. Esto es, en la medida en que el café se cultiva a menor temperatura aumenta la cantidad de granos con espermodermo persistente. Aunque algunos autores señalan a esta característica como un defecto (Wintgens, 2004; ITC, 2011) parece ser un atributo relacionado con la altitud en esta región.

En la región se encontró una relación inversa entre la cantidad de forma de “planchuela” del grano (plano-convexa) y la temperatura de cultivo en las fincas cafetaleras. Esta relación coincide con los resultados obtenidos por Martínez et al. (2004).

En el medio cafetalero se hace mención a que a temperaturas más frescas el color del grano tiende a ser de color verde olivo oscuro, el cual es mejor valorado por el mercado. Sin embargo, al aplicar un ANOVA de 1 factor (temperatura) se encontró que el color del grano de las muestras que procedían de fincas con temperaturas más bajas no fue significativamente diferente a las muestras provenientes de fincas con temperaturas más altas. Es probable que este resultado se deba a que las muestras provenientes de fincas con temperaturas más bajas presentan mayor cantidad de granos con espermodermo persistente, dando la apariencia de un color más claro. El color de los granos de las muestras de las zonas más frescas ($<19.9^{\circ}\text{C}$) tiende a ser de color verde claro (5773C) en el 67% de las muestras.

5.3.3.2. Relación de la temperatura y las características sensoriales de la bebida

Los atributos que presentaron valores más altos de correlación con la temperatura fueron: acidez, balance, dulzor, puntaje general y puntuación final (Tabla 5.7). Así, las muestras que provienen de fincas cafetaleras con temperaturas más bajas presentan mayor calificación en acidez y dulzor, mejorando su balance, esto incrementa la puntuación general de apreciación de los jueces expertos y resulta en una puntuación final mayor.

La relación de la acidez de la bebida y la temperatura también ha sido encontrada en otras regiones cafetaleras del mundo, ha sido reportada por Avelino et al. (2005); Pérez et al. (2005); Bertrand et al. (2006), Oberthür et al. (2011) y Galtier et al. (2013).

Por otra parte, las muestras que provenían de fincas con temperaturas menores a 20.9°C no registraron este tipo de notas en el perfil aromático ($r=0.57$ y $p<0.01$). Bertrand et al. (2012) encontraron una relación similar y mencionan que este tipo de notas están presentes en el café que crece en ambientes de mayor temperatura y se debe a un tipo de compuestos de la fracción aromática de los granos.

Tabla 5.7. Coeficiente de correlación de Pearson (r) y su probabilidad de la relación de la temperatura y los atributos valorados en el sistema de cata Q de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

Atributo	r	p
Olor	-0.36	0.000
Flavor	-0.50	0.000
Regusto	-0.46	0.000
Acidez	-0.77	0.000
Cuerpo	-0.19	0.008
Balance	-0.82	0.000
Dulzor	- 0.84	0.000
Uniformidad	--	--
Taza limpia	-0.19	0.006
Puntuación general	-0.88	0.000
Defectos	-0.57	0.002
Puntuación Final	-0.80	0.000

Otro componente de la evaluación sensorial del café se refiere al del tipo de notas aromáticas presentes en el olor, flavor y regusto de la bebida. En la Tabla 5.8 se muestra la correlación de la altitud y la frecuencia de los grupos aromáticos. Así, se observa que las frecuencias de algunos grupos de notas se relacionan con la temperatura de manera significativa ($p < 0.05$), en la que sobresale la relación con el grupo floral que fue significativa en el olor, flavor y regusto, seguido del frutal. En el olor se encontró que a medida que la temperatura disminuye, la frecuencia de las notas a avellanas tostadas ($r = 0.58$) decrece, mientras las que pertenecen al grupo floral ($r = -0.47$) y a vainilla ($r = -0.42$) aumentan.

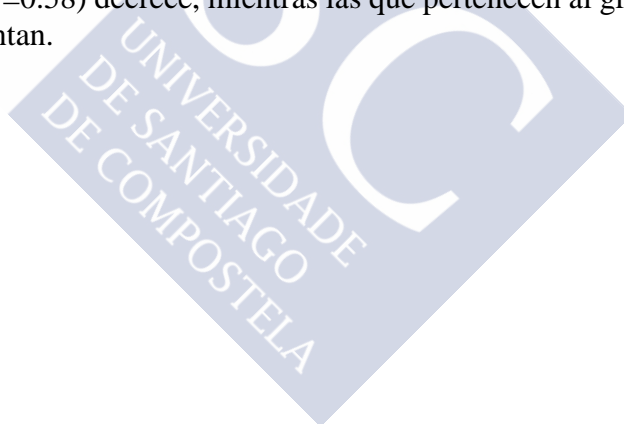


Tabla 5.8. Valores de la correlación de Pearson (r) (p<0.05) entre la temperatura y la frecuencia relativa de los grupos aromáticos presentes en el olor, flavor y regusto de la bebida del café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

Descriptor	Olor		Flavor		Regusto	
	r	p	r	p	r	p
Cedro	0.38	0.0600	0.55	0.0041**	0.43	0.0322*
Jarabe de Maple	-0.11	0.5945	-0.17	0.4267	-0.21	0.3052
Grupo de las Resinas	0.21	0.3068	0.41	0.0424*	0.30	0.1497
Clavo	-0.16	0.4414	0.09	0.6733	-0.24	0.2411
Pimienta	0.36	0.0736	0.29	0.1665	0.07	0.7445
Semillas de Cilantro	0.14	0.5014	-0.57	0.0028**	-0.49	0.0123*
Grupo de las Especias	0.33	0.1116	-0.27	0.1959	-0.51	0.0096**
Chocolate amargo	0.11	0.6103	0.49	0.0128*	0.19	0.3514
Tostado	-0.14	0.5160	0.16	0.4579	0.31	0.1330
Vainilla	-0.42	0.0382*	-0.04	0.8319	-0.21	0.3131
Grupo Chocolate	-0.35	0.0871	0.36	0.0787	0.22	0.2950
Flor de café	-0.39	0.0566	-0.56	0.0039**	-0.26	0.2142
Miel	-0.18	0.3796	--	--	--	--
Té de rosas	-0.29	0.1526	-0.49	0.0121*	-0.53	0.0062**
Grupo Floral	-0.47	0.0172*	-0.70	0.0001***	-0.54	0.0054**
Limon	-0.25	0.2330	-0.24	0.2515	-0.01	0.9606
Grosella negra	-0.14	0.5178	-0.52	0.0084**	-0.45	0.0238*
Grupo Frutal	-0.21	0.3048	-0.56	0.0033**	-0.45	0.0249*
Mantequilla fresca	-0.23	0.2749	0.06	0.7768	-0.09	0.6620
Caramelo	0.17	0.4181	-0.25	0.2323	-0.38	0.0578
Grupo de los Caramelos	-0.02	0.9305	-0.16	0.4376	-0.37	0.0721
Almendras tostadas	-0.00	0.9992	0.40	0.0482	--	--
Avellanas tostadas	0.58	0.0025**	0.17	0.4143	-0.18	0.3834
Nuez de Castilla	-0.09	0.6773	0.04	0.8537	0.04	0.8473
Grupo de las Nueces	0.46	0.0215*	0.24	0.2548	-0.15	0.4600
Café tostado	0.05	0.7987	0.48	0.0141*	0.16	0.4545
Tabaco de pipa	-0.10	0.6386	0.14	0.4921	0.18	0.3813
Grupo Piroлитico	0.04	0.8667	0.36	0.0766	0.20	0.3258
Pepino	--	--	-0.23	0.2716	-0.05	0.8154
Grupo Herbal	--	--	-0.23	0.2716	-0.05	0.8154
Caucho	--	--	0.24	0.2401	0.40	0.0466
Humo	--	--	0.39	0.0516	0.50	0.0108*
Paja	--	--	0.36	0.0795	-0.28	0.1794
Bistec cocido	-0.19	0.3682	--	--	0.45	0.0249*
Cuero	--	--	0.34	0.0989	0.06	0.7869
Grupo de los Defectos	-0.19	0.3682	0.49	0.0128*	0.45	0.0230*

*significativo (p<0.05), **significativo (p<0.01), ***significativo (p<0.001)

En el flavor de la bebida fue encontrada una relación inversa entre la temperatura y la frecuencia de las notas que pertenecen a grupos florales y frutales ($r=-0.70$ y $r=-0.56$), así como la nota a semillas de cilantro que pertenece al grupo de las especias ($r=-0.57$). De manera directa con la frecuencia de nota a cedro ($r=0.55$), a chocolate ($r=0.49$) y café tostado ($r=0.48$); así como los grupos aromáticos de las resinas ($r=-0.41$) y de sabores defectuosos ($r=0.49$).

Por otro lado, también de manera directa a la temperatura, en el regusto de la bebida fue significativa la relación con el grupo de sabores defectuosos, en especial las notas como a humo y bistec cocido. Además, la nota a cedro que pertenece al grupo aromático de las resinas tiene frecuencias más altas en las muestras de café que proceden de fincas con temperaturas mayores. En el regusto las notas que se incrementan al disminuir la temperatura de cultivo son: semillas de cilantro, té de rosas y grosella negra. Como grupos las correlaciones significativas fueron con los grupos: especias, floral y frutal. Un comportamiento similar entre la frutuosidad de la bebida y los granos de café que crecen a menor temperatura reportaron Bertrand et al. (2012) y Galtier et al. (2013).

Al igual que en la presencia del grupo de notas que indican defectos, su frecuencia se reduce de manera directa en el flavor y regusto en la medida en que las muestras de café provienen de fincas con temperaturas más bajas, inclusive no se presentan en las muestras que se encuentran a temperaturas inferiores a 20.9°C . Las notas que se identificaron son bistec cocido, caucho, cuero, humo y paja, las cuales afectan de manera importante la valoración de la bebida.

En el análisis fue encontrado que hay una relación altamente significativa entre la puntuación final de la bebida (puntuación Q) y la altitud de las fincas cafetaleras ($r=-0.8$, $p<0.001$). La relación es inversa, a medida que el café se cultiva en fincas con temperaturas más bajas la puntuación final de la bebida fue mayor. Esta relación también fue reportada por Decazy et al. (2003); Avelino et al. (2005); Bertrand et al. (2006); Donnet et al. (2008); Bertrand et al. (2012); Galtier et al. (2013); y Wilson y Wilson (2014). En la Figura 5.2 se presenta el modelo $Y = 126.957 - 2.235 (X)$; donde: Y, es la puntuación final (puntuación Q); y X, la altitud de origen de la muestra.

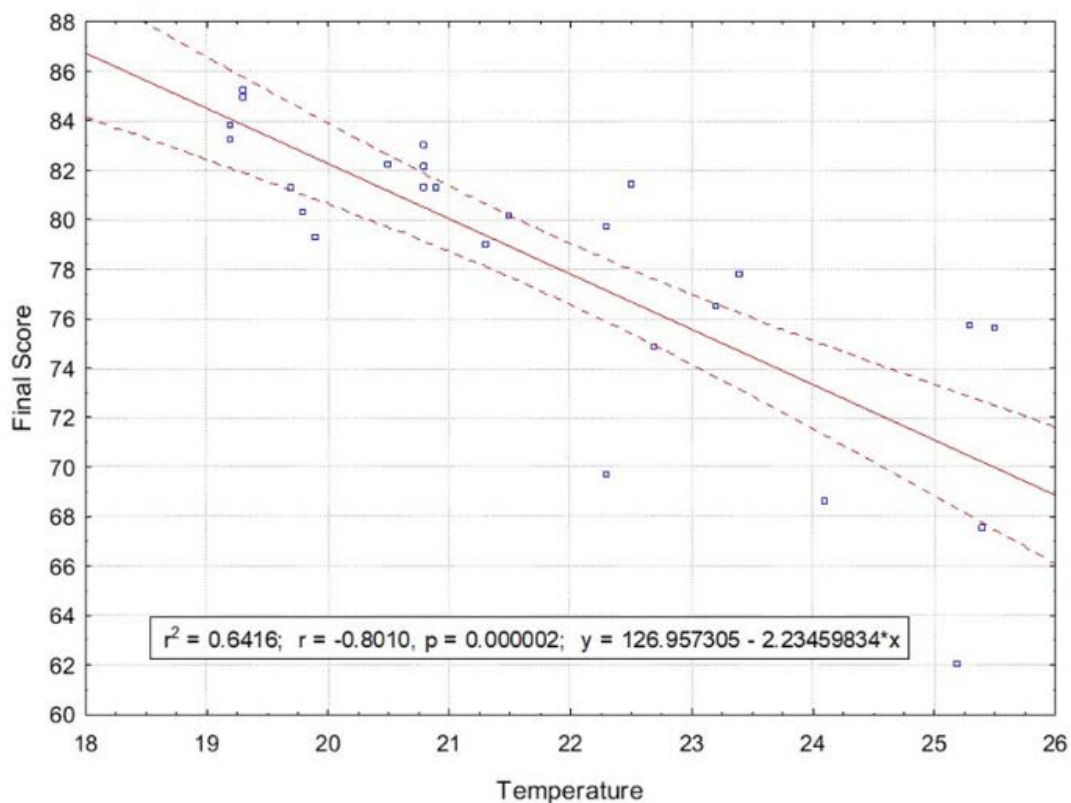


Figura 5.2. Relación de la temperatura y la puntuación final Q de la bebida de las muestras de café de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca.

5.3.3.3. Categorización de la calidad del café en la región

De acuerdo a los resultados obtenidos se propone la clasificación de la calidad del café en relación con la temperatura de cultivo del café, considerando que:

- I. Las variables de las características físicas del grano se pueden mejorar con tecnología.
- II. La evaluación sensorial es determinante para definir la calidad de un café.
- III. La evaluación de la puntuación final Q es una síntesis de las valoraciones de las intensidades, complejidad y calidad aromática de la bebida de café.
- IV. La correlación entre la altitud y la puntuación final Q fue altamente significativa ($r = -0.8$, $p < 0.001$), y explica en una gran proporción la variabilidad en la calidad del café de la región.

Como el protocolo de cata en el sistema Q de clasificación de la bebida establece que aquellos cafés que se valoren con más de 80 puntos se consideran como de especialidad (SCAA, 2009b), utilizando la ecuación $X = (Y - 126.957) / (-2.235)$ y el valor de 80 puntos, se encontró que por debajo de los 21°C de temperatura media anual de cultivo existe mayor probabilidad de encontrar café de especialidad.

En el contexto del mercado de café de especialidad y en perspectiva de una protección legal para la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca; se propone la clasificación de calidad del café siguiente:

- a) Café para el mercado de especialidad o calidad “E”, con puntajes finales en el sistema Q por encima de los 80 puntos, preferentemente cultivado a menos de 21°C (Figura 4.3).
- b) Café de calidad “C”, con puntuaciones finales en el sistema Q de valoración de la bebida por debajo de los 80 puntos.

Las características más importantes del perfil de la bebida de cada grupo se presentan a continuación:

Café calidad "E". La bebida presenta en el olor notas como a jarabe de maple y a flor de café. En el flavor y regusto se presentan notas del grupo aromático de las especias, particularmente a pimienta. En el bouquet de la bebida se presentan notas distintivas florales como a semillas de cilantro y flor de café e inclusive frutales, como a grosella negra. La nota a cedro puede estar presente, pero con poca frecuencia. Presenta altas puntuaciones en el bouquet debido a su complejidad y calidad aromática. Tiene una pronunciada intensidad de acidez y dulzor, así como de cuerpo. Su acidez es agradable y es balanceada con el dulzor. Todas estas características hacen que sea una bebida balanceada en todos sus atributos. No presenta sabores defectuosos, esto permite valorar la bebida por arriba de los 80 puntos.

Café calidad "C". Bebida con intensidad de media a baja en acidez y dulzor. Un bouquet con notas aromáticas predominantemente a resinas, la nota a cedro tiene mayor frecuencia. La bebida tiene poca o nula frecuencia de notas florales y frutales. No tiene complejidad y calidad aromática, normalmente presenta una o dos notas en el bouquet. Tiene un desbalance entre su pronunciado cuerpo y el resto de los atributos. Flavores defectuosos en bajas intensidades pueden estar presentes. Debido a su poca complejidad y calidad aromática en el bouquet, su desbalance y presencia de defectos sus calificaciones son inferiores a los 80 puntos.

Los resultados obtenidos complementan la identidad del Café "Pluma" al describirla con mayor detalle, en comparación con la que se presenta en la Declaratoria de Protección de la Denominación de Origen DOF (2003); también exhiben que no existe una calidad única en la región.

La identificación de la temperatura de cultivo como un factor importante en el comportamiento de la calidad del café, permite ubicarla en el espacio geográfico de la región. Sin embargo, habría que hacer mención que además existen otros factores que también afectan la calidad del café, como son los culturales (de cultivo y procesamiento), genéticos y otros de tipo ambiental como el cambio climático. El estudio de todos los factores que afectan la calidad complementa los requisitos que establece el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (DOF, 2003) para hacer la declaratoria de protección legal, bajo la figura de denominación de origen para el Café "Pluma".

La Figura 5.3 muestra la representación espacial de las calidades de la bebida en la región de estudio. Existe un área potencial para la producción de café de especialidad de 112,096.0 hectáreas, que representa el 43.4% del área con potencial de producción de café en la región estudiada.

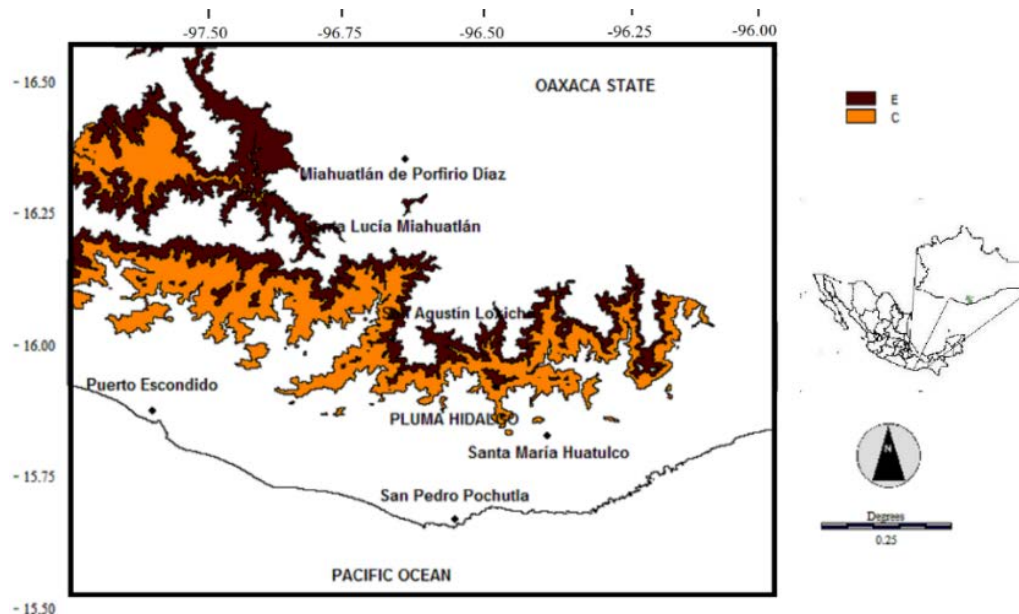


Figura 5.3. Representación especial de las calidades de la bebida en la región de Pluma Hidalgo (Oaxaca, México). E= Calidad de Especialidad, C= Calidad Convencional.

5.4. CONCLUSIONES

En general, las características físicas de los granos de café evaluados cumplen con los estándares de los mercados de especialidad; se encontró que estas características están condicionadas por la temperatura a la que se cultiva el café en las fincas.

Hay importantes contrastes en los atributos sensoriales de la bebida; una parte significativa de la variabilidad en los perfiles de sabor es causada por la temperatura. Por lo tanto, las muestras de las fincas con temperaturas más bajas (<21°C) tienen una mayor complejidad aromática, asociada a la presencia de notas que pertenecen a los grupos florales y afrutados; y estos últimos son muy valorados en el mercado de cafés especiales.

Los resultados proporcionan conocimiento para apoyar el vínculo entre las características sensoriales de la bebida y el origen del grano, que es importante para lograr la protección legal del café "Pluma" producido en la región de Pluma Hidalgo.

5.5. REFERENCIAS

- Avelino, J.; B. Barboza; J. C. Araya; C. Fonseca; F. Davrieux; B. Guyot and C. Cilas. (2005). Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1869–1876.
- Bacon, C. (2005). Confronting the Coffee Crisis: Can FairTrade, Organic, and Specialty Coffees Reduce Small-Scale Farmer Vulnerability in Northern Nicaragua? *World Development*, 33 (3), 497–511.
- Berrocal, J.; K. Schroeder y A. Villalobos. (2009). Café y desarrollo territorial rural: contraste de experiencias en Centro América y México. En: *El valor del patrimonio cultural: territorios rurales, experiencias y proyecciones latinoamericanas*. Claudia Ranaboldo y Alexander Schejtman, eds. Lima: IEP, RIMISP; Territorios con Identidad Cultural, 2009. (Estudios de la Sociedad Rural, 35). Pp. 349–374.
- Bertrand, B.; P. Vaast; E. Alpizar; H. Etienne; F. Davrieux y P. Charmetant. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, 26, 1239–1248.

- Bertrand, B.; R. Boulanger; S. Dussert; F. Ribeyre; L. Berthiot; F. Descroix y T. Joët. (2012). Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. *Food Chemistry*, 135, 2575–2583.
- Bowen, S. (2010). Development from Within The Potential for Geographical Indications in the Global South. *Journal of World Intellectual Property*, 13(2), 231–252.
- Da Silva, E.; P. Mazzafera; O. Brunini; E. Sakai; F. Arruda; L. Mattoso; C. Carvalho y R. Pires. (2005). The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 17(2), 229-238.
- Decazy, F.; J. Avelino; B. Guyot; J.J. Perriot; C. Pineda and C. Cilas. (2003). Quality of Different Honduran Coffees in Relation to Several Environments. *Journal of Food Science*, 68 (7), 2356-2361.
- Di Donfrancesco, B.; Gutiérrez Guzmán, N. y Chambers IV, E. (2014). Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 29, 301-31.
- DOF. (2003). Diario Oficial de la Federación. Declaración general de protección a la denominación de origen Café Pluma. Secretaría de Economía, México, 27 de agosto de 2003.
- Donnet, M. L.; D. D. Weatherspoon y J. P. Hoehn. (2008). Price determinants in top-quality e-auctioned specialty coffees. *Agricultural Economics*, 38, 267-276.
- Eakin, H.; C. Tucker y E. Castellanos. (2006). Responding to the coffee crisis: a pilot study of farmers' adaptations in Mexico, Guatemala and Honduras. *The Geographical Journal*, 172 (2), 156–171.
- Eastman, J. R. (2015). Idrisi Selva 17.0. Clark Labs. Worcester, USA.
- Galtier, F.; Belletti, G. y Marescotti, A. (2013). Factors Constraining Building Effective and Fair Geographical Indications for Coffee: Insights from Dominican Case Study. *Development Policy Review*, 31 (5), 597-615.
- IMPI. (2000). Declaratoria general de protección a la denominación de origen Café Veracruz. México, D.F., a 6 de noviembre de 2000. Disponible en: http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file_id=220956 (revisado el 11 de diciembre del 2014).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2017). Modelo digital del terreno. Aguascalientes, México.
- ITC (2011). International Trade Centre. *The Coffee Exporter's Guide*. – [3rd ed.] Geneva, Switzerland. 247 p. Pgs.:5,191,196. Disponible en : <http://www.intracen.org/The-Coffee-Exporters-Guide---Third-Edition/> (revisado el 26 de mayo del 2015).
- Joët, T.; A. Laffargue; F. Descroix; S. Doubeau; B. Bertrand; A. de Kochko y S. Dussert. (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. *Food Chemistry*, 118, 693–701.
- Kireeva, I. y O'Connor, B. (2010). Geographical Indications and the TRIPS Agreement: What Protection is Provided to Geographical Indications in WTO Members? *The Journal of World Intellectual Property*, 13(2), 275–303.
- Kolk, A. (2012). Towards a Sustainable Coffee Market: Paradoxes Faced by a Multinational Company. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 19, 79–89.
- Lenoir, J. (2008). *Le Nez du Café*. Ed. Jean Lenoir. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica. Pp. 117.
- Marie-Vivien, D.; García, C.A.; Kushalappa C.G. y Vaast Philippe. (2014). Trademarks, Geographical Indications and Environmental Labelling to Promote Biodiversity: The Case of Agroforestry Coffee India. *Development Policy Review*, 32 (4), 379-398.
- Martínez, D.; Pérez, E.; Partida, J.G.; Escamilla, E.; López, F.J., Díaz, S.; Morales, V.; Castillo, G. y Contreras, A. (2004). El manejo agronómico en la calidad del café. En: *Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano*. INIFAP; CP; ITA No. 18; ITMA, ITMAR No. 1; UACH, UV, eds. Libro Científico No.1. Veracruz, México. Pp. 145-151.
- NOM-149-SCFI-2001. (2001). Norma Oficial Mexicana Café Veracruz- Especificaciones y métodos de prueba. Declaratoria de Vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de septiembre de 2001.

- NMX-F-177-SCFI-2009. (2009). Café verde de especialidad – especificaciones, clasificación y evaluación sensorial. Declaratoria de Vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de febrero de 2009.
- Neilson, J. (2007). Institutions, the governance of quality and on-farm value retention for Indonesian specialty coffee. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 28, 188–204.
- Oberthür, T; Läderach, P; Posada, H; Fisher, MJ; Samper, LF; Illera, J; Collet, L; Moreno, E; Alarcón, R; Villegas, A; Usma, H; Perez, C; Jarvis, A. (2011). Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*, 36, 783–794.
- OMC. (2011). Indicaciones geográficas: Antecedentes y situación actual. Ginebra, Suiza. Pp: 1-4. Disponible en: http://www.wto.org/spanish/tratop_s/trips_s/gi_background_s.htm (revisado el 10 de diciembre del 2014).
- Oxfam. (2007). *Small scale coffee farmers make headway in new International Coffee Charter*. Disponible en: <http://www.oxfam.org/en/node/205> con acceso el 28/05/13
- Pérez, A.; P. y Pérez T., M. (2011). Las denominaciones de origen del café mexicano y sus cuestionamientos como modelo de desarrollo regional. *Perspectivas Rurales. Nueva época*, 10(19), 97-110.
- Pérez, P., E.; Partida, S., J. G. y Martínez P., D. (2005). Determinación de las sub denominaciones de origen del café Veracruz. *Revista Geografía Agrícola*, 35, 23-38.
- SCAA. (2006). Geographic Indications for the Origin of Coffee. Long Beach, CA, USA. Pp: 1-4. Disponible en: <http://www.scaa.org/PDF/Statement%20on%20Geographical%20Indications%20for%20the%20Origin%20of%20Coffee%20Aug%202006.pdf> (revisado el 10 de diciembre del 2011).
- SCAA. (2009a). SCAA Protocols/Grading Green Coffee. Long Beach, CA. USA. Disponible en: <http://scaa.org/PDF/PR%20GREEN%20GRADING%20PROTOCOLS%20V.22NOV2009A.pdf>. (revisado el 05 de diciembre del 2014). Pp:1-3.
- SCAA. (2009b). Cupping specialty coffee. Cupping protocols. Versión: 21NOV2009A. Long Beach, CA. USA. Disponible en: <http://www.scaa.org/?page=resources&d=cupping-protocols> (revisado el 05 de diciembre del 2014) Pp:1-7.
- Somporn, C.; Kamtuo, A.; Theerakulpisut, P. and Siriamornpun, S. (2012). Effect of shading on yield, sugar content, phenolic acids and antioxidant property of coffee beans (*Coffea Arabica* L. cv. Catimor) harvested from north-eastern Thailand. *Journal of Science and Food Agriculture*, 92, 1956–1963.
- Suh, J. y MacPherson, A. (2007). The impact of geographical indication on the revitalisation of a regional economy: a case study of ‘Boseong’ green tea. *Area*, 39(4), 518–527.
- Teuber, R. (2010). Geographical Indications of Origin as a Tool of Product Differentiation: The Case of Coffee. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 22 (3), 277 — 298.
- Teuber, R. y Herrmann, R. (2012). Towards a differentiated modeling of origin effects in hedonic analysis: An application to auction prices of specialty coffee. *Food Policy*, 37, 732–740.
- Ukers, W. H. (1922). *All About Coffee*. The Tea and Coffee Trade Journal Company. New York. U.S.A. Pg. 796. Pp: 222, 346, 359.
- Vaast, P.; Bertrand, B.; Perriot, J. J.; Guyot, B. y Génard, M. (2006). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of Science and Food Agriculture*, 86, 197–204.
- Wilson, B. R., Conley, J. F.; Harris, T. M. y Lafone, F. (2012). New terrains of taste: Spatial analysis of price premiums for single origin coffees in Central America. *Applied Geography*, 35, 499-507.
- Wilson, A.P. and Wilson, N.L.W. (2014). The economics of quality in the specialty coffee industry: insights from the Cup of Excellence auction programs. *Agricultural Economics* 45 suplement 91-105.
- Wintgens, J. N. (2004). *Coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook for growers, processors, traders and researchers*. Editor Wiley-VCH. Federal Republic of Germany. Pg. 975. Pp: 791.
- Wollni, M. y Zeller, M. (2007). Do farmers benefit from participating in specialty markets and cooperatives? The case of coffee marketing in Costa Rica. *Agricultural Economics*, 37, 243–248.



6. EFECTO TERROIR EN LOS PERFILES SENSORIALES DEL CAFÉ DE LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ, MÉXICO

Resumen

Existe un aumento en la tendencia hacia la diferenciación del café por sus características intrínsecas (calidad) y extrínsecas (orígenes y certificaciones). El concepto holístico de terroir o "sabor del lugar", aplicado fundamentalmente a vinos, fue planteado para conocer su efecto en las características de la bebida de café producido en la región central de Veracruz, (México) como forma de diferenciación. Para ello, muestras de frutos de diferentes variedades de café fueron recolectadas en 33 fincas cafetaleras. De forma paralela, se registraron datos de variables ambientales durante un año y se analizaron las muestras de suelo. Las muestras de café fueron procesadas por la vía húmeda, tostadas y la bebida preparada fue evaluada por un panel para determinar las características sensoriales de la bebida.

Tras el análisis de las variables ambientales mediante análisis multivariante de componentes principales y de clústers, se definieron los terroirs presentes en la región. Por otra parte, las características organolépticas de las bebidas fueron analizadas mediante un análisis de clústers. Los resultados demuestran la existencia de la relación entre los terroirs y los perfiles sensoriales de la bebida. Los factores que afectan a los perfiles sensoriales son temperatura y humedad relativa presente durante el periodo de máximo desarrollo del fruto y el pH del suelo ($p < 0.05$).

Palabras clave: análisis sensorial, QDA, análisis de clústers jerárquicos, *Coffea arabica* L.



6.1. INTRODUCCIÓN

En el mercado y en la industria del café existe una tendencia cada vez mayor hacia la diferenciación del café por sus características intrínsecas (calidad) y extrínsecas (orígenes y certificaciones). Esta tendencia es adoptada en Francia para promover el desarrollo rural mediante la implantación del concepto denominado terroir (terruño), entendido con simplicidad como el "sabor del lugar". Este concepto trata de comparar los alimentos producidos de manera industrial y transnacionalmente versus los producidos localmente a pequeña escala y de manera artesanal (Demossier, 2011). Sin embargo, es un concepto mucho más complejo y en constante construcción. El Instituto Nacional del Origen y de la Calidad de Francia (INAO, 2016) lo define como "un espacio geográfico preciso, en el cual una comunidad humana construyó a lo largo de su historia, una producción colectiva basada en el conocimiento en un sistema de interacciones entre un ambiente físico y biológico y una serie de factores humanos; los factores socio-técnicos que derivan de esta situación conducen a que una mercancía producida en este espacio geográfico presente una originalidad, una especificidad y una reputación".

A los alimentos que se identifican con un nombre, debido a su fuerte vínculo al terroir, se les confieren ciertas características que lo hacen auténtico. Entre estas características se encuentran las sensoriales (como sabor especial) y las culturales (producción tradicional a pequeña escala). Sin considerar algunos elementos que se contemplan en el concepto de terroir, en este escrito se hace énfasis al fuerte vínculo entre las condiciones únicas de una región productora de café, y unas características sensoriales distintivas.

Mediante el conocimiento del medio físico y biológico, así como de los factores de la producción local se debe demostrar que efectivamente existen factores que le confieren una tipicidad a los productos locales, que los hacen de mejor calidad que los producidos masivamente. Por otra parte, el producto que está incluido en la definición de terroir, debe ser analizado de forma objetiva para definir sus características sensoriales. Una vez caracterizado objetivamente el producto puede ofertarse bajo el concepto de local y típico. Por tanto, el problema de los alimentos del terroir es caracterizarlos sensorialmente de manera objetiva, es decir, definir el "sabor del terroir". Esto debe conducir a definir su tipicidad y, por tanto, a lograr la diferenciación, identificación y el reconocimiento del producto. En base a ello, la definición de la tipicidad involucra el estudio de las características sensoriales, técnicas y ambientales (Cadot et al., 2010).

Aun cuando el uso del concepto terroir no es nuevo, existe poca investigación al respecto en el contexto del café. De todos los elementos que interactúan en la definición de terroir quizá los más documentados son los factores ambientales. En la literatura científica existen escasos artículos (Vilanova et al., 2010; Paxson, 2010; Fernández-Marín et al., 2013; Tarr et al., 2013) que documentan el "efecto terroir" o el efecto de los factores ambientales en las características sensoriales de algunos productos agroalimenticios, tales como vino, sidra y aceite de oliva, pero no se han encontrado para café.

Las Indicaciones Geográficas Protegidas y las Denominaciones de Origen, tratan de definir la tipicidad de los productos bajo protección incluyendo la caracterización sensorial de los mismos, así como su proceso de demarcación y certificación para evitar el engaño al consumidor (INAO, 2016). Este tipo de protección legal es ampliamente usada en Europa. México ha sido el primer país no europeo en establecer un sistema de Denominaciones de Origen (DO). En 1974 se estableció la DO para el tequila, pero sin favorecer la producción artesanal (Bowen y Valenzuela, 2009). México también fue pionero en establecer la primera Denominación de Origen para el café Veracruz en el año 2000, a la cual le han seguido el café de Chiapas y se encuentra pendiente la del café de Oaxaca.

La tendencia a usar este instrumento legal en café va en aumento en los países productores motivados por Starbucks, la empresa líder en cafeterías a nivel mundial, que ha sido pionera en diferenciar su oferta, mediante un eslogan publicitario "Geography is a flavor" para vender sus cafés de origen. Esto es un avance en la tendencia mundial de consumo de café ya que los países productores esperan que en el futuro se incremente el consumo de cafés locales y artesanales con un nombre de origen que sea reconocido por el consumidor y abandonar el consumo de mezclas anónimas.

Un tema que preocupa en la actualidad es el cambio climático y su efecto sobre la agricultura. Esto constituye uno de los temas de mayor importancia en muchos países, entre ellos México. Los impactos del cambio climático en la actividad agrícola pueden ser inciertos, sin embargo, es de fundamental importancia observar la existencia de efectos negativos sobre los ciclos productivos de los diferentes cultivos. En este trabajo se analiza el medio físico y biológico de la producción del café, elementos importantes que definen los terroirs que son afectados por el cambio climático.

El objetivo del presente trabajo es conocer el efecto terroir en las características de la bebida de café producido en los agroecosistemas cafetaleros de la región central de Veracruz, (México) como forma de diferenciación de dicho café.

6.2. MATERIAL Y MÉTODOS

6.2.1. Área de estudio

La investigación fue realizada en 33 fincas cafetaleras de productores que participan en el programa estatal de sanidad vegetal localizadas en 20 municipios de la zona centro de Veracruz (Tabla 6.1). En estas parcelas se estudia el comportamiento de las plantas de café en relación con la enfermedad producida por la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). El efecto de la susceptibilidad o tolerancia a esta enfermedad por parte de las variedades fue medida en las plantas para conocer el efecto en la calidad de la bebida. Para su análisis, las diferentes variedades cultivadas se agruparon en tolerantes (TR) y susceptibles (SR) a la roya de acuerdo con mediciones del daño provocado a las plantas realizadas en cada parcela.

Tabla 6.1. Localidades y ubicación geográfica de las 33 fincas cafetaleras en la región centro de Veracruz.

Sitio	Localidad	Municipio	Latitud N	Longitud W
1	Rancho Nuevo	Comapa	19.3269	- 96.8587
2	Manzanillo	Atoyac	18.9509	- 96.8396
3	Capoluca	Ixtaczoquitlán	18.7998	- 97.0272
4	San José	Tenampa	19.2563	- 96.8520
5	Tlacotengo	Fortín de las Flores	18.9268	- 96.9930
6	Tuzamapa	Coatepec	19.4050	- 96.8821
7	El Zapote	Atoyac	18.9986	- 96.8209
8	Zacamitla	Ixhuatlán	19.0577	- 96.9166
9	Tlamatoca	Huatusco	19.0983	- 96.9399
10	Ocotitlán	Ixhuatlán	19.0642	- 96.9001
11	Tlacotepec de Mejía	Tlacotepec de Mejía	19.1805	- 96.8292
12	Tepeztingo	Huatusco	19.1740	- 96.8292
13	El Bajío	Córdoba	18.9993	- 96.9239
14	Agua Escondida	Zentla	19.0847	- 96.7897
15	Guadalupe Barreal	Córdoba	18.9333	- 96.9562
16	Moyoapan	Ixtaczoquitlán	18.9253	- 97.0456
17	Estanzuela	Emiliano Zapata	19.4627	- 96.8690
18	Tlaltetela	Tlaltetela	19.3253	- 96.8748
19	Piedra Parada	Cosautlán de Carvajal	19.3445	- 96.9657
20	Tlapala	Totutla	19.2507	- 96.9240
21	Coetzala	Coetzala	19.7806	- 96.8517
22	San Rafael, Río Seco	Amatlán de los Reyes	18.8866	- 96.9499
23	Fresnal	Ixtaczoquitlán	18.8295	- 96.9796
24	Cacahuatal	Amatlán de los Reyes	18.8213	- 96.8523
25	Monte Blanco	Teocelo	19.3730	- 96.9280
26	Santecomatepec	Huatusco	19.1439	- 96.9776
27	Cerro Tlalchinotepec	Chocamán	19.0246	- 96.7037
28	El Recreo	Tenampa	19.2259	- 96.8806
29	Amatlán	Amatlán de los Reyes	18.8582	- 96.8619
30	Axocuapan	Tlaltetela	19.1439	- 96.9776
31	Rancho Nuevo	Chichiquila	19.1769	- 97.0584
32	Rancho Nuevo	Chichiquila	19.1769	- 97.0584
33	Dos Caminos	Cuichapa	19.2886	- 97.4276

6.2.2. Registro de variables ambientales

Durante un ciclo productivo, mediante la instalación de registradores de datos (data loggers), se registraron en cada finca las variables climáticas de: temperatura, punto de rocío y humedad relativa. Los datos de fenología (floración, desarrollo del fruto y cosecha) del café se registraron en cada finca cada dos semanas. Se calcularon los valores máximos, mínimos, promedio y la diferencia entre el valor máximo y el mínimo (amplitud) para la temperatura, punto de rocío y humedad relativa. Mediante la observación del comportamiento fenológico de las plantas y su relación con las variables de humedad y temperatura, se establecieron las etapas fenológicas desde la floración hasta la cosecha. De acuerdo con Pereira et al. (2008) y Ruiz-Cárdenas (2015), el comportamiento de las variables en la etapa de “hinchamiento” de los frutos fue seleccionado como periodo crítico que se ve afectado en mayor medida por el clima. Así, con el comportamiento de las variables climáticas en esta etapa, se establecieron los índices de estrés climático (número de días con estrés hídrico, número de días con estrés por alta temperatura y número de días fríos). Por otra parte, para conocer la composición química del suelo de cada parcela valores de pH, materia orgánica, nitrógeno total, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno, azufre, acidez intercambiable fueron

determinados en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). De acuerdo con las recomendaciones del cultivo, se elaboraron los índices de calidad del suelo con respecto al contenido de nitrógeno, fósforo, cationes intercambiables y microelementos.

6.2.3. Muestras de café

Una muestra de café de 10 kg de frutos frescos maduros fue seleccionada de cada finca. Se registró la variedad y el estado fitosanitario de la planta, de donde fue obtenida la muestra de café. Las muestras de café fueron procesadas por vía húmeda (despulpado, fermentado, lavado y secado) en el Centro Regional Universitario Oriente (CRUO) de la UACH. A continuación, las muestras de café pergamino fueron procesadas y tostadas de acuerdo con el protocolo de la SCAA (2015) para su posterior evaluación sensorial en el laboratorio de evaluación de la calidad de café del CRUO-UACH.

6.2.4. Panel de catadores

Los jueces sensoriales fueron seleccionados y entrenados conforme al procedimiento establecido por Meilgaard et al. (1999) y la norma ISO 8586 (2012). El panel de evaluación sensorial, compuesto por tres mujeres y siete hombres con edades de entre 19 y 44 años, fue entrenado directamente con la bebida de café mediante la técnica de análisis descriptivo cuantitativo en sesiones de una hora diaria con un tiempo de formación acumulada de 1200 horas en el momento de hacer este estudio.

6.2.5. Atributos sensoriales

Los atributos cuantitativos valorados en la bebida de café fueron: olor, flavor, regusto, acidez, dulzor, amargor, salado y textura. Las intensidades de los diferentes atributos fueron medidas por los jueces utilizando escalas no estructuradas de 10 cm. En el caso de los atributos del olor, flavor y regusto, el juego de 36 esencias aromáticas (flor de café, té de rosas, miel, limón, manzana, albaricoque, guisante, patata, pepino, caramelo, mantequilla fresca, cacahuates tostados, avellanas tostadas, almendras tostadas, nueces, chocolate oscuro, vainilla, tostado, pimienta, clavo, semillas de cilantro, jarabe de maple, grosella negra, cedro, malta, café tostado, tabaco de pipa, tierra, cuero, paja, pulpa de café, arroz basmati, medicinal, caucho, bistec cocido, humo) de Le Nez du Café (Lenoir 2008) fue utilizada como referencia.

La definición para cada atributo fue realizada según la norma ISO 5492 (2008) adaptada a la bebida de café. Con base a ello, los atributos fueron definidos como sigue:

Olor: sensación percibida por medio del órgano olfatorio al oler ciertas sustancias volátiles que se desprenden de la infusión del café inmediatamente después de ser servida.

Flavor: combinación compleja de las sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación percepción bucal de la bebida inmediatamente después de tomar un sorbo de café.

Regusto: percepción bucal y retronasal de la intensidad de la bebida después de tres minutos de haber tragado al menos tres sorbos de café.

En el caso de olor, flavor y regusto, cada juez mide la intensidad total y de cada una de las notas aromáticas que percibe.

Acidez: intensidad del sabor básico producido por los ácidos orgánicos presentes en la bebida percibidos en la boca, pero principalmente en los bordes posteriores de la lengua. Como referencia este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de ácido cítrico.

Dulzor: intensidad del sabor básico producido por los azúcares presentes en la bebida percibidos en la boca, pero principalmente en el borde inicial de la lengua. Como referencia de este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de sacarosa.

Amargor: intensidad del sabor básico producido por varias sustancias entre ellas la quinina y la cafeína presentes en la bebida percibido en la boca, pero principalmente en la parte central posterior de la lengua. Como referencia de este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de cafeína.

Salado: intensidad del sabor básico producido por sustancias como el cloruro de sodio presentes en la bebida percibido en la boca, pero principalmente en el primer tercio de la lengua. Como referencia de este atributo se utilizaron diferentes concentraciones de cloruro de sodio.

Textura: sensación táctil de la bebida percibida en la boca relacionada con el grado de suavidad, astringencia, aspereza o una combinación de ellas; apreciada mediante la fricción de la lengua contra el paladar. Como referencia para la textura, se utilizaron cafés comerciales característicos para cada tipo: suave, astringente, áspera y su combinación.

Cada juez mide la intensidad percibida para cada descriptor.

6.2.6. Preparación de la bebida y evaluación sensorial

El procedimiento para la preparación de la bebida se basó en los parámetros técnicos emitidos por el Istituto Nazionale Espresso Italiano (2006) para preparar un espresso. El café en grano de cada muestra fue molido en un molino marca Mahlköning modelo K30ES, $7 \pm 0,5$ g de café fueron puestos en el portafiltro para la extracción de la infusión en la máquina de espressos marca “La Cimbali” modelo M22 Premium. La extracción de $25 \pm 2,5$ mL de concentrado de café fue realizada (correspondientes a un espresso) con agua a 88 ± 2 °C, a una presión de 9 ± 1 bar en un tiempo de 25 ± 5 segundos. La bebida de café para evaluar sensorialmente fue preparada con aproximadamente 200 mL de extracto de café (8 espressos) y fue llevada a 1 L con agua a 93°C. La dilución obtenida fue introducida en un termo marca BUNN modelo Airpot para mantener la bebida a más 55°C durante la sesión de cata.

Las muestras fueron presentadas al panel de manera codificada y aleatorizadas, siguiendo un diseño de bloques completos; la infusión fue servida a cada juez en una taza.

6.2.7. Análisis de datos

Para caracterizar los terroirs, se realizó un análisis de componentes principales y de clústers. Además, se utilizó un modelo de análisis de la varianza (F-test) y la significación de sus coeficientes (T-test) para identificar que variables del medio-significativas que caracterizan de forma significativa a cada terroir. Para caracterizar los perfiles sensoriales de la región, se realizó un análisis de componentes principales y de clústers. Además, se utilizó un modelo de análisis de la varianza (F-test) y la significación de sus coeficientes (T-test) para conocer los atributos sensoriales que caracterizan de forma significativa a cada perfil. Para hacer un análisis de la relación entre las variables del terroir y los atributos sensoriales valoradas por el panel, se utilizó un análisis de componentes principales (PCA) y regresiones lineales. Para la realización de los análisis estadísticos, se utilizó el software FactoMineR y SensoMineR (Lê y Husson 2008) de R (RDevelopment Core Team 2017).

6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.3.1. Terroirs de la región central de Veracruz

Las variables ambientales de los 33 sitios de muestreo fueron analizadas mediante técnicas multivariantes con el objetivo de identificar los terroirs (clústers ambientales homogéneos). En

la figura 6.1, se muestran los resultados obtenidos; en la figura 6.1a se encuentra la representación espacial de los sitios y las variables ambientales medidas, en las primeras dos dimensiones del PCA, que recoge el 58.6% de la variabilidad. En la primera dimensión (32.7% de la variabilidad), la variable temperatura promedio de los sitios, muestra una correlación positiva ($r=0.98$, $p<0.001$). Mientras que las variables humedad relativa promedio ($r=-0.89$, $p<0.001$) y días fríos ($r=-0.91$, $p<0.001$) de los sitios muestra una correlación negativa. En tanto que en la dimensión dos que recoge menor variabilidad (15.9%) tiene una correlación positiva con las variables de la composición del suelo, principalmente con el pH ($r=0.77$, $p<0.001$).

Después de realizar el PCA, mediante un análisis de clústers jerárquicos sobre componentes principales (HCPC) fueron conformados 4 terroirs (clústers ambientales homogéneos), cuyos valores promedio de las variables ambientales se muestran en la tabla 6.2. Los terroirs definidos tienen las siguientes características sobresalientes de acuerdo con el ANOVA y comparación de medias realizado:

Terroir 1. Agrupa los lugares que presentan los valores significativamente inferiores de temperatura ($p<0.001$), estrés por altas temperaturas ($p=0.03$), amplitud hídrica ($p<0.001$) y estrés hídrico ($p<0.001$). Además, presentan de forma significativa valores más elevados de días de frío ($p<0.001$) y de mayor humedad relativa ($p<0.001$) (tabla 6.2). En resumen, este cluster se caracteriza por ser un “terroir frío y húmedo” para el cultivo de café.

Terroir 2. Agrupa los lugares que presentan una temperatura promedio, pero con varios días fríos durante la etapa más crítica de desarrollo del fruto significativamente diferentes ($p<0.05$). Los suelos presentan valores significativamente bajos ($p<0.05$) en pH, nitrógeno total, materia orgánica, K, Ca, Mg, acidez intercambiable, Cu y Zn. Este clúster se caracteriza por ser un “terroir templado frío”.

Terroir 3. Incluye los lugares que tienen valores de temperatura media alta, pero con varios días con estrés hídrico en la etapa crítica de desarrollo del fruto ($p<0.05$). Los suelos presentan valores mayores en pH, materia orgánica, nitrógeno total, Ca y Mg ($p<0.05$). Este clúster se caracteriza por ser un “terroir semicálido seco”.

Terroir 4. Integrado por los lugares con mayor temperatura, amplitud de la humedad relativa y días de estrés hídrico en la etapa crítica de desarrollo del fruto ($p<0.05$), pero menor humedad relativa y días fríos durante la etapa crítica de desarrollo del fruto ($p<0.05$). Sin embargo, presentan valores altos de contenido de N, P, Fe, Cu y Zn del suelo ($p<0.05$). Este clúster se caracteriza por ser un “terroir cálido y seco”.

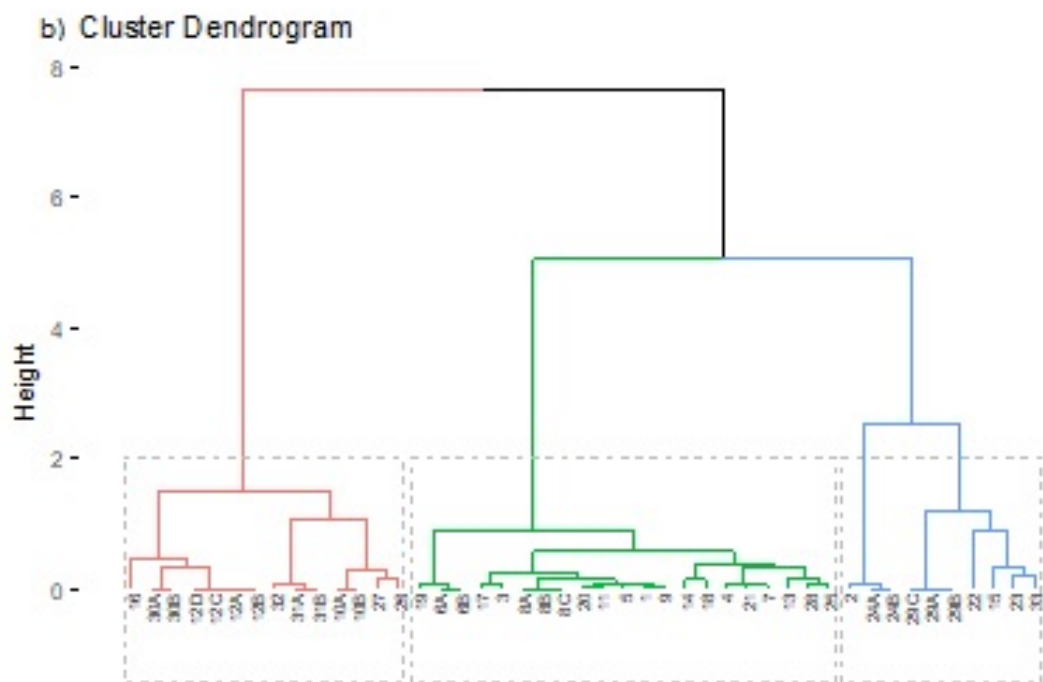
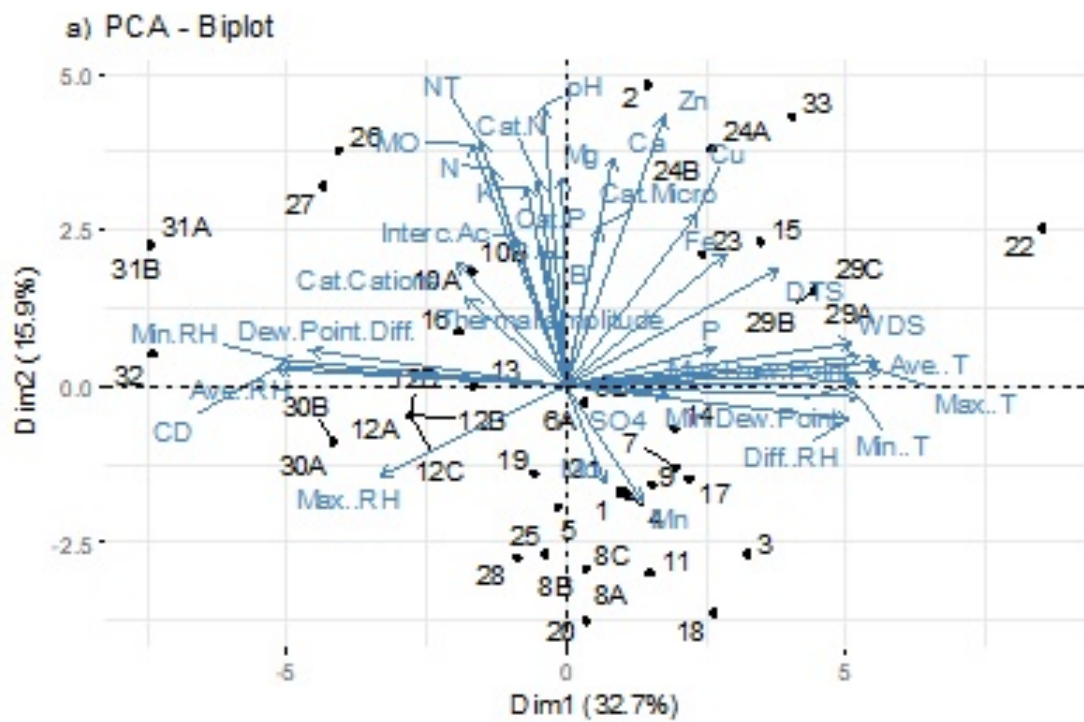


Figura 6.1. Configuración de los terroirs: a) Representación de los sitios y las variables agrupadas en el espacio resultante del PCA, b) Representación del dendrograma de los terroirs.

Tabla 6.2. Valores promedio de las variables ambientales de los terroirs definidos en la región cafetalera del centro de Veracruz, México*.

Variable	Terroir 1	Terroir 2	Terroir 3	Terroir 4
Temperatura promedio (°C)	19.6c	22.3b	24.0a	24.5a
Amplitud térmica (°C)	15.4a	10.8b	9.6b	14.5a
Días con estrés térmico (DTS)	0.0b	1.3b	6.3ab	12.9a
Días fríos (CD)	84.5a	28.7b	2.7c	7.0c
Temperatura de punto de rocío (°C)	16.9c	19.6b	21.4a	21.3a
Amplitud de punto de rocío (°C)	7.5a	5.9b	5.2b	5.6b
Humedad relativa promedio (%)	89.5a	85.4b	85.6b	82.3c
Amplitud de humedad relativa (%)	21.1c	29.0b	28.3b	33.8a
Días con estrés hídrico (DWS)	0.8c	10.6b	17.7a	18.9a
pH	5.4b	4.8c	6.5a	5.4b
Materia orgánica (%)	7.5b	4.7c	12.0a	5.5c
Nitrógeno total(%)	0.4b	0.2c	0.6a	0.3c
Nitrógeno (mgKg-1)	18.7ab	11.0b	18.9ab	19.7a
Fósforo (mgKg-1)	11.1b	44.9ab	8.4b	99.5a
Potasio (mgKg-1)	277.5a	182.5c	231.3ab	292.6a
Calcio (mgKg-1)	1776.1b	837.8c	10033.0a	2049.4b
Magnesio (mgKg-1)	432.0b	218.0c	803.3a	416.1b
Hierro (mgKg-1)	39.6b	41.6b	37.5b	106.7a
Cobre (mgKg-1)	1.7b	1.2b	1.2b	3.3a
Zinc (mgKg-1)	1.7bc	1.1c	2.8ab	3.7a
Manganeso (mgKg-1)	25.2b	46.4a	25.2ab	29.4ab
Boro (mgKg-1)	0.9a	0.9a	1.0a	1.0a
Acidez intercambiable (Cmol(+))Kg-1)	1.8ab	1.4b	2.0ab	2.1a
Azúfre (meqL-1 SO4)	0.5a	0.6a	0.6a	0.6a
Categoría de Nitrógeno	1.9b	1.4b	2.0ab	2.4a
Categoría de Fósforo	2.1b	1.8b	3.0a	1.6b
Categoría de Cationes	2.2a	1.5b	1.0b	1.9ab
Categoría de Microelementos	2.2ab	1.9b	2.0ab	2.4a

*Valores en negrita corresponden a valores altos y los valores en gris corresponden a los valores bajos. Distintas letras corresponden a valores significativamente diferentes en la prueba de comparación de medias de Fisher.

6.3.2. Perfil sensorial de la bebida

6.3.2.1. Características generales de la bebida de café de la región

Olor

En la figura 6.2a, se muestran los valores medios, máximos y mínimos del olor de la bebida evaluada por el panel. La intensidad total del olor presenta poca variación, con una media de 8.3 y un valor mínimo 7.8 y un valor máximo de 8.9 para todas las muestras. Sin embargo, las intensidades de las notas aromáticas presentan variaciones importantes entre el valor máximo y el mínimo determinado por cada muestra valorada. Destaca la intensidad del olor a caramelo cuyo valor medio se encuentra en 3.6 pero sus intensidades varían en las muestras desde 0 hasta 7.6. Otras notas aromáticas con mayor intensidad y variación son: chocolate amargo, vainilla, té de rosas, flor de café y mantequilla fresca. El resto de notas aromáticas tiene intensidades por debajo de 1 pero con una amplia variación entre el valor máximo y el mínimo.

Flavor

En la figura 6.2b se muestran los valores promedio, máximo y mínimo de las intensidades sensoriales del flavor. La intensidad del flavor medida por el panel presenta poca variación, con un valor promedio de 8.2, un valor mínimo de 7.8 y un máximo de 8.7. Las notas aromáticas de mayor intensidad son: chocolate amargo, caramelo, semillas de cilantro, tostado y té de rosas. El resto presenta valores promedio próximos o inferiores a 1 pero con amplia variación entre el

valor mínimo y el máximo. Destacan entre estas las notas a mantequilla fresca, almendras, flor de café y albaricoque cuya amplitud supera las 5 unidades. La sensibilidad y diferenciación de las muestras por parte del panel se reflejan en estas notas aromáticas, cuya amplitud es debida a las diferentes condiciones ambientales.

Regusto

En la figura 6.2c se muestran los valores promedio, máximo y mínimo de las intensidades sensoriales del regusto. La intensidad promedio del regusto es de 7.6, con un valor máximo de 8.3 y un valor mínimo de 6.9. Las notas aromáticas con mayor intensidad promedio son: chocolate amargo, caramelo y tostado. Las notas aromáticas con amplitud mayor a 3 son: te de rosas, semillas de cilantro, flor de café, mantequilla fresca, tabaco de pipa, miel, cedro y albaricoque. Estas notas se ven afectadas por las diferentes condiciones ambientales.

Sabor

En la figura 6.2d se muestran los valores promedio, máximo y mínimo de las intensidades de los sabores fundamentales. Las intensidades promedio se ordenan de la siguiente manera: amargor con un valor promedio de 6.8, un máximo de 8.3 y un mínimo de 5.7; la acidez con un valor promedio de 5.9, un valor máximo de 7.7 y un mínimo de 2.6; el dulzor con un valor promedio de 5.0, un valor máximo de 6.7 y un mínimo de 3.0; y salado con un valor promedio de 2.0, un valor máximo de 3.3 y un mínimo de 0.8. Sobresalen la acidez y el dulzor de la bebida como las variables de mayor amplitud. Por su parte el amargor y salado de la bebida no presentan mucha amplitud, presentando el gusto salado muy bajos valores promedio mientras que el amargor valores muy altos.

Textura

En la figura 6.2e se muestran los valores promedio, máximo y mínimo de las intensidades sensoriales de la textura de la bebida. La intensidad promedio de la textura es de 6.7, con un valor máximo de 8.1 y un valor mínimo de 5.5. Sobresalen la textura suave de la bebida con un valor promedio de 3.1 pero con una amplitud de 5.2 y la textura aterciopelada de la bebida con un valor promedio de 1.5 y una amplitud de 4.7.

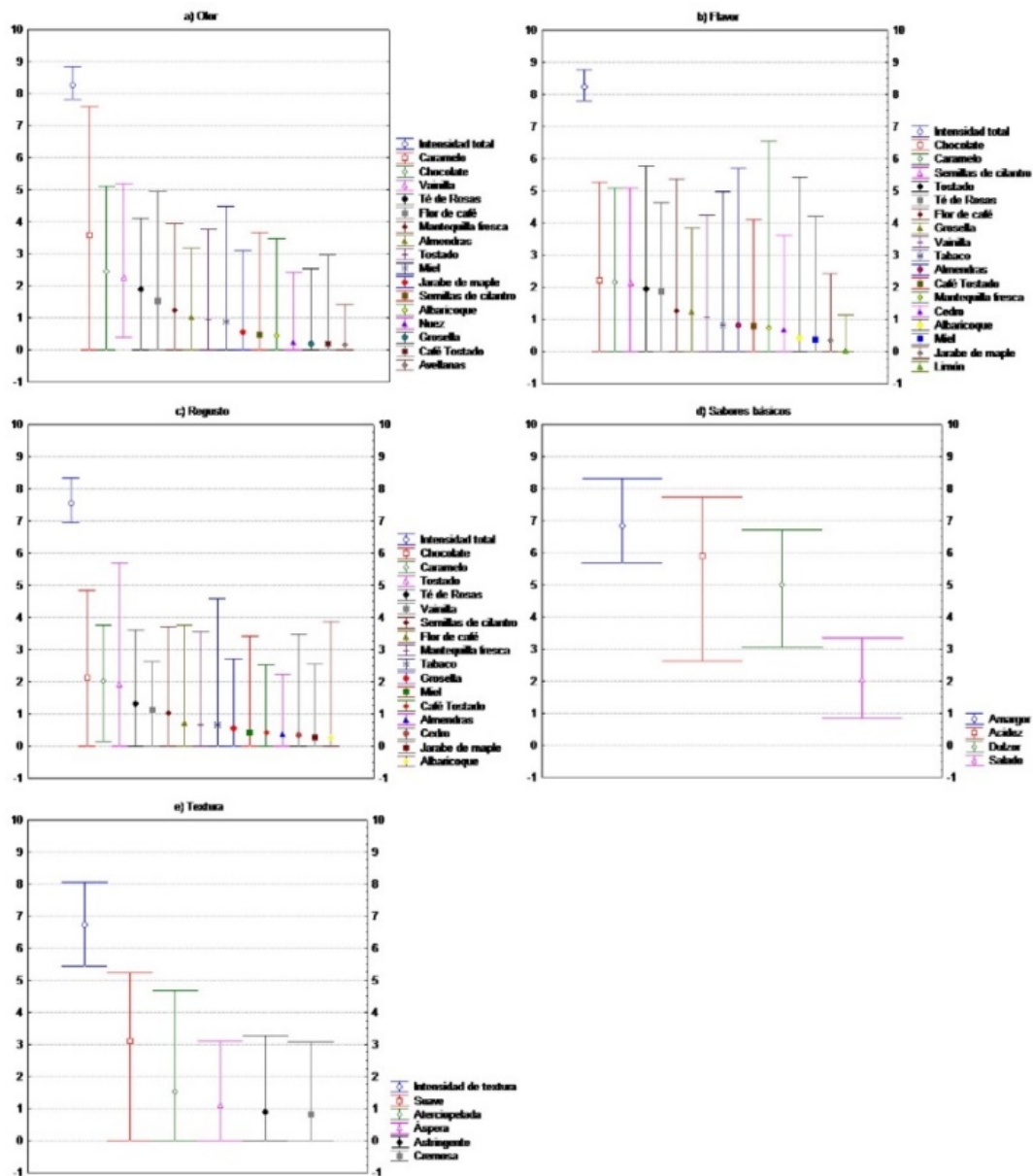


Figura 6.2. Valores promedio, máximo y mínimo de los atributos sensoriales de la bebida del café de la región centro de Veracruz determinada por el panel de evaluación sensorial.

Considerando los valores promedio máximos, el perfil sensorial promedio de la bebida del café de la región centro de Veracruz es de un olor a caramelo, chocolate amargo y vainilla; un flavor a chocolate amargo, caramelo y semillas de cilantro, un regusto a chocolate amargo, caramelo y tostado. En cuanto al sabor la bebida es una combinación amarga, ácida y dulce con una textura suave. Sin embargo, hay que tener en cuenta que existe una proporción importante de variables que tienen mucha variación.

6.3.2.2. Perfiles sensoriales específicos

De acuerdo con el PCA y al HCPC aplicado a las variables que describen las características sensoriales de las muestras de café valoradas por el panel (figura 6.3), se determinan 4 perfiles sensoriales de la bebida de la región centro de Veracruz. Se describen de acuerdo con las variables significativas que caracterizan a cada perfil (tabla 6.4) como sigue:

Perfil 1

Agrupar a las muestras con puntuaciones significativamente superiores a las muestras de los otros perfiles ($p < 0.05$) en el olor a chocolate amargo y café tostado; en el flavor a café tostado, cedro y tabaco de pipa; así como en el regusto a tabaco de pipa y café tostado. Estas muestras presentan sabor amargo y salado.

Perfil 2

Agrupar a las muestras con una intensidad significativamente superior a las de los otros perfiles ($p < 0.05$) en olor a vainilla, mantequilla fresca y nuez de Castilla; con flavor almendras tostadas y mantequilla fresca; así como un regusto a tostado, almendras tostados y mantequilla fresca. Estas muestras también presentan puntuaciones significativamente superiores del sabor ácido y amargo, aunque sin diferencias significativas con las de otros perfiles.

Perfil 3

Lo integran las muestras de café con una intensidad total ligeramente más baja ($p < 0.05$) en olor, flavor y regusto a los demás perfiles. Además, estas muestras presentan valores intermedios de olor a té de rosas, flavor a tostado, así como regusto a té de rosas. Poseen además valores intermedios de acidez, dulzor, amargor y salado, así como una textura suave; si bien, las diferencias no son significativas con las muestras de los otros perfiles.

Perfil 4

Reúne a las muestras de café con el perfil más complejo con promedios significativamente ($p < 0.05$) superiores a la media de la región en los siguientes atributos: olor a flor de café, té de rosas, miel, y jarabe de maple; flavor a flor de café, grosella negra, albaricoque y miel y regusto a té de rosas, flor de café, albaricoque, miel y jarabe de maple. Su sabor es significativamente el más dulce y ácido, aunque en este último caso sin diferencias significativas con el perfil 2. Su textura es aterciopelada.



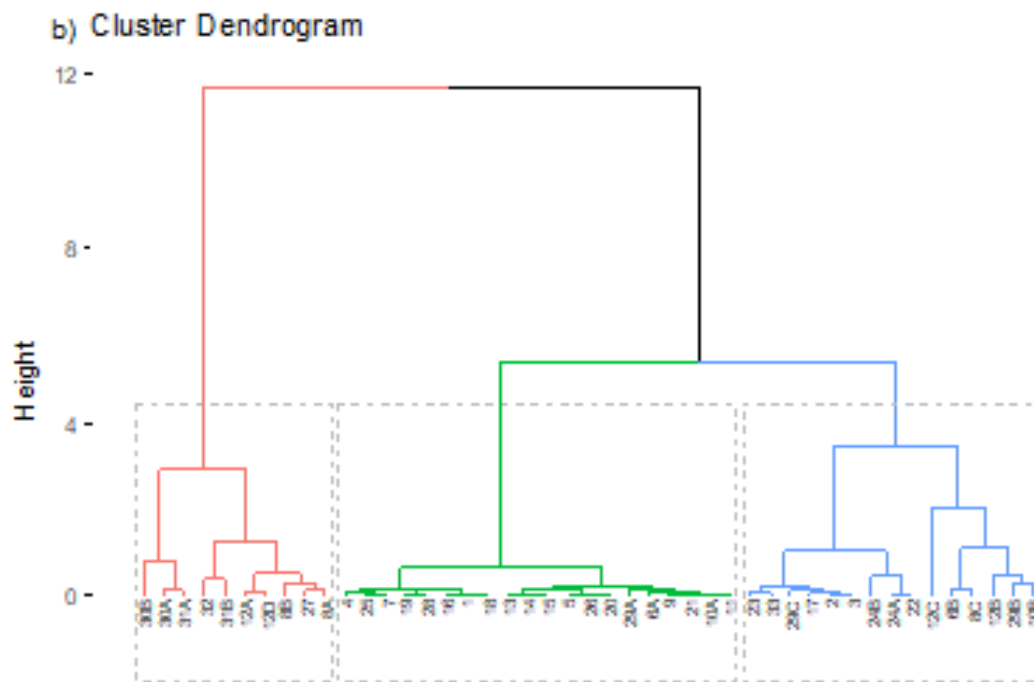
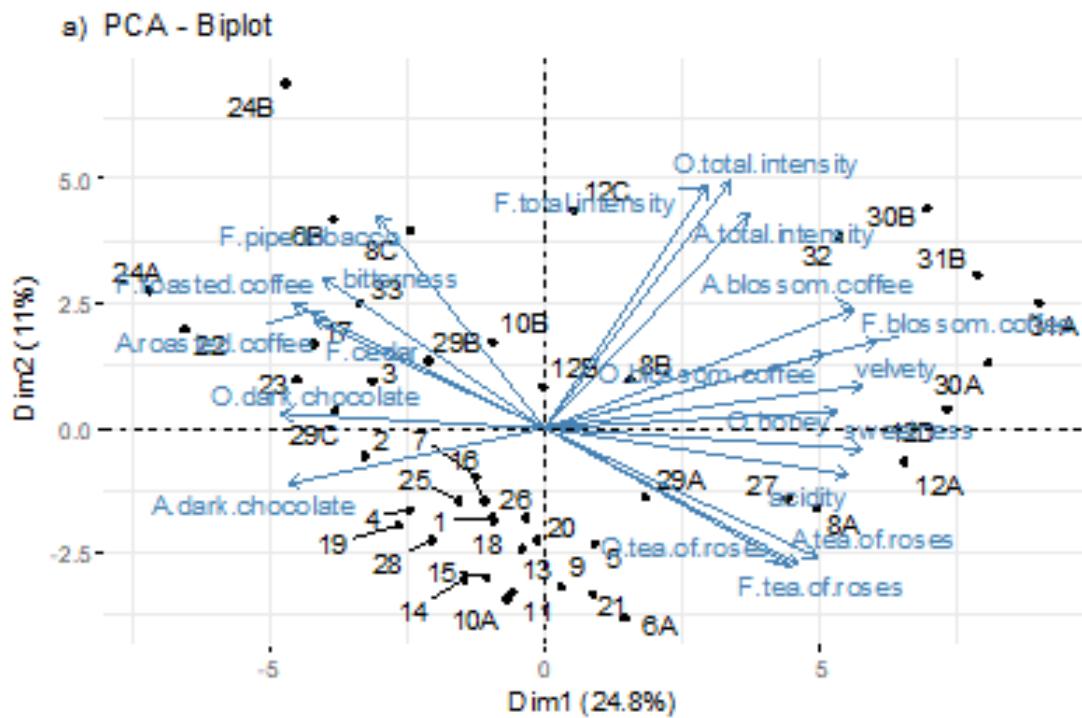


Figura 6.3. Perfiles sensoriales regionales del café. a) Representación espacial de las muestras evaluadas por el panel y las 20 variables con mayor correlación a las dimensiones. b) Representación del dendrograma de la agrupación de las muestras en clústers (perfiles) sensoriales.

Tabla 6.4. Valores promedio de las variables sensoriales valoradas por el panel para los perfiles sensoriales de la bebida del café de la zona centro de Veracruz, México*.

Variable sensorial	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4
Olor				
Intensidad total	8.3b	8.4ab	8.1c	8.6a
Chocolate amargo	3.5a	1.9bc	2.6b	1.1c
Tostado	1.6a	0.8ab	0.9ab	0.5c
Vainilla	2.4b	3.8a	2.0b	2.0b
Caramelo	3.1b	4.9a	4.2a	2.3b
Mantequilla fresca	1.2b	2.3a	1.0b	1.3b
Almendras tostadas	1.0a	1.4a	0.9a	1.1a
Avellanas tostadas	0.3a	0.0a	0.2a	0.1a
Nuez de Castilla	0.2b	0.7a	0.1b	0.1b
Té de rosas	0.9c	1.0c	2.1b	2.9a
Flor de café	0.9b	0.5b	1.1b	3.4a
Miel	0.3b	0.2b	0.7b	2.3a
Grosella negra	0.1a	0.0a	0.1a	0.5a
Albaricoque	0.2b	0.9a	0.2b	1.1a
Jarabe de maple	0.3b	0.8b	0.3b	1.1a
Semillas de cilantro	0.6ab	0.2b	0.2b	0.9a
Café tostado	0.6a	0.0b	0.1b	0.0b
Flavor				
Intensidad total	8.3b	8.4ab	8.1c	8.5a
Miel	0.1b	0.3b	0.0b	1.5a
Té de rosas	0.6b	0.7b	2.2a	2.9a
Flor de café	0.2b	0.5b	0.7b	3.9a
Grosella negra	0.6b	0.7b	1.1b	2.4a
Limón	0.0b	0.0b	0.0b	0.2a
Albaricoque	0.1b	0.0b	0.2b	1.7a
Semillas de cilantro	0.9b	1.8ab	2.6a	2.5a
Cedro	2.0a	0.5b	0.5b	0.0b
Jarabe de maple	0.0b	0.4ab	0.2b	0.8a
Caramelo	1.3c	2.9a	2.7a	1.7bc
Mantequilla fresca	0.7b	2.1a	0.6b	0.4b
Tostado	3.0a	3.6a	1.7b	0.5c
Chocolate amargo	3.2a	0.9b	2.6a	1.2b
Vainilla	0.8a	1.4a	1.1a	1.1a
Almendras tostadas	0.4b	3.3a	0.6b	0.4b
Tabaco de pipa	2.0a	0.9b	0.5b	0.3b
Café tostado	2.2a	0.7b	0.5b	0.0b
Regusto				
Intensidad total	7.5bc	7.7ab	7.4c	7.9a
Cedro	1.0a	0.5ab	0.1b	0.0b
Semillas de cilantro	0.3b	0.3b	1.4a	1.4a
Vainilla	1.0a	1.6a	1.2a	0.8a
Té de rosas	0.3c	0.5c	1.4b	2.5a
Flor de café	0.1b	0.4b	0.2b	2.4a
Grosella negra	0.2b	0.8ab	0.3b	1.2a
Albaricoque	0.0b	0.2b	0.0b	1.1a
Mantequilla fresca	0.7ab	1.4a	0.3b	1.0a
Miel	0.2b	0.2b	0.1b	1.5a

Variable sensorial	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4
Tostado	2.5b	3.4a	1.9b	0.5c
Jarabe de maple	0.0b	0.0b	0.2b	0.7a
Caramelo	1.8a	2.0a	2.2a	2.3a
Chocolate amargo	2.8a	2.3a	2.4a	0.8b
Almendras tostadas	0.5b	1.5a	0.0c	0.4b
Tabaco de pipa	1.7a	0.3b	0.4b	0.3b
Café tostado	1.4a	0.2b	0.2b	0.0b
Sabores básicos				
Acidez	4.5c	6.6a	5.8b	7.1a
Dulce	4.2c	4.8b	5.0b	6.0a
Amargor	7.5a	6.9b	6.7bc	6.4c
Salado	2.6a	1.7c	2.1b	1.6c
Textura				
Intensidad total	6.5a	6.7a	6.7a	6.9a
Astringente	0.8a	0.7a	1.1a	0.7a
Suave	2.7b	3.2ab	3.7a	2.3b
Aterciopelado	0.5c	0.7bc	1.4b	3.3a
Cremosa	1.2a	1.2ab	0.7ab	0.5b
Áspera	1.9a	1.5ab	0.9b	0.4c

*Valores en negrita corresponden a valores altos y los valores en gris corresponden valores bajos. Distintas letras corresponden a valores significativamente diferentes en la prueba de comparación de medias de Fisher.

6.3.3. Efecto terroir sobre las características sensoriales del café

A continuación, se procede a evaluar la influencia de las características de los terroirs sobre las características sensoriales de la bebida de café, incluyendo otra variable que es la tolerancia a la roya de las variedades de café. Esta variable es de gran importancia dentro del concepto de terroir ya que corresponde a la parte biológica y cultural. Por tanto, es necesaria su observación debido a que la alteración climática incrementa la incidencia de la roya del cafeto y los sistemas de producción están siendo modificados con nuevas variedades tolerantes a esta enfermedad. En base a ello, se analiza el efecto en el perfil sensorial de las muestras provenientes de variedades tolerantes (TR) y susceptibles a la roya del cafeto (SR).

6.3.3.1. Efecto del terroir en el perfil sensorial de la bebida

En la figura 6.4 se muestran la representación espacial de los terroirs y los perfiles sensoriales sobre las primeras dos dimensiones resultantes del PCA aplicado a las variables del medio físico. En la figura 6.4a se observan por separado las elipses y sus centroides de cada uno de los clústeres. A la izquierda se muestran los 4 terroirs (clústeres del medio físico), los cuales se encuentran en diferentes planos, salvo los terroir 3 y 4 que se encuentran en el mismo cuadrante. De hecho, se puede considerar el terroir 3 un caso especial del terroir 4, donde las variables que muestran el contenido de Ca y Mg en el suelo hacen que se alejen en la dimensión 2. Por otra parte, a la derecha se encuentran las elipses y centroides para los tipos varietales (clústers del medio biológico), ambos cerca del centro del plano. Su cercanía indica que para los diferentes terroirs tienen representación los dos grupos de variedades estudiados, aunque ligeramente las variedades tolerantes a la roya (TR) tienden estar en mayor presencia en los terroirs 1 y 2. En el centro, se encuentran las elipses y centroides de los perfiles sensoriales. Los centroides de los cuatro perfiles se ubican en los diferentes cuadrantes del plano, sin embargo, el perfil sensorial 2 tiene una elipse más grande que cubre a la elipse del perfil sensorial 3 y alcanza a las elipses de

los perfiles 1 y 4. Por lo que se considera que el perfil sensorial 2 tiene mayor variabilidad con algunos rasgos de los otros perfiles. Los perfiles 1, 2 y 4 son completamente diferentes entre si.

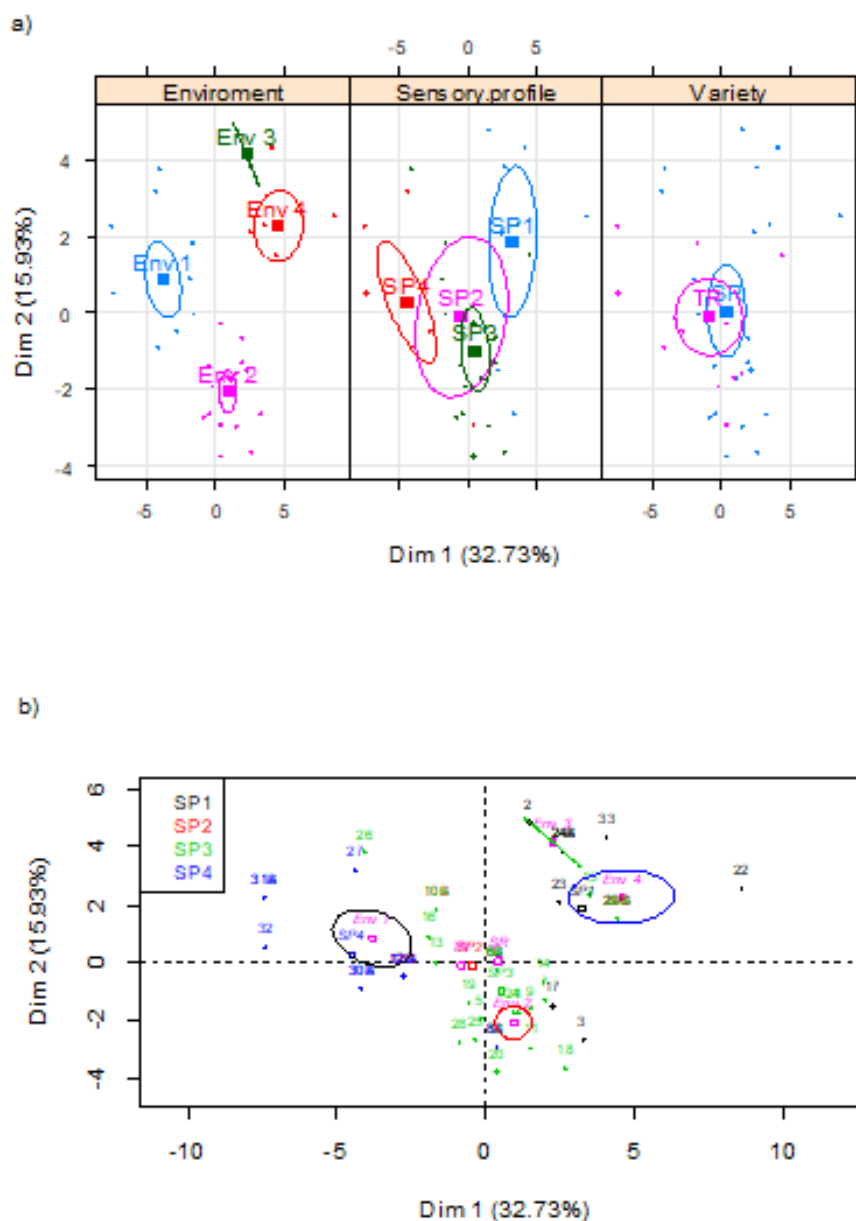


Figura 6. 4. Representación espacial de las variables ambientales, grupo varietal de tolerancia a la roya y perfiles sensoriales de la bebida. a) Elipses de confianza que agrupan a los clústers ambientales (Env), perfiles sensoriales (SP) y grupo varietal de tolerancia a la roya (TR y SR), cada una en las primeras dos dimensiones del PCA. b) representación espacial de los perfiles sensoriales de las muestras y elipses de confianza de los clústers ambientales y tipos de variedad de café en las dos dimensiones resultantes del PCA.

En la figura 6.4b, se sitúan los clústeres del medio físico, de tipo varietal y de perfiles sensoriales en las primeras dos dimensiones del PCA resultante de las variables ambientales. A la izquierda se aprecia que el centroide del terroir 1 está muy cercano al centroide del perfil sensorial 4 (Env1 y SP4). Esto indica la influencia de las variables significativas y representativas del terroir 1 (frío y húmedo) en las características sensoriales del perfil 4 (principalmente un

bouquet complejo principalmente floral a flor de café y miel además de otros matices como olor y regusto a té de rosas, textura aterciopelada, acidez y dulzor elevado). En la parte superior derecha, los centroides de los terroirs 3 y 4 (cálidos y secos), están muy próximos al perfil sensorial 1 (Env3, Env4 y SP1), que se caracteriza por un bouquet principalmente pirolítico a chocolate amargo y café tostado alta intensidad de amargor y salado. En la parte central, el centroide del terroir 2 (templado frío) se encuentra muy cercano al perfil sensorial 3 que presenta un bouquet floral con notas específicas a té de rosas, flavor a tostado, sabores básicos de intensidad intermedia y textura suave. Por último, en la parte central, el centroide del perfil sensorial 2 se encuentra muy cercano del centroide del grupo varietal de resistencia a la roya (SP2 y TR), lo cual sugiere que el grupo de variedades tolerantes a la roya modifican el perfil sensorial de la bebida con independencia del ambiente. Estos cafés pueden tener rasgos característicos del ambiente donde se encuentran, pero el grupo varietal de resistencia a la roya cultivado le agrega notas específicas del grupo de las nueces (almendras tostadas y nueces), del caramelo (mantequilla fresca) y pirolítico (tostado) al bouquet de la bebida.

6.3.3.2. Efecto del terroir en el bouquet de la bebida

El olor, flavor y regusto de la bebida se ve afectado por el medio físico y el biológico (terroir).

La figura 6.5a, 6.5b y 6.5c muestra el comportamiento que tiene la variable intensidad total del olor, flavor y regusto con respecto a la temperatura media del periodo crítico de desarrollo del fruto y el pH del suelo. La relación encontrada es directa con respecto al pH e inversa con respecto a la temperatura. Al aumentar el pH del suelo aumenta la intensidad total del olor, flavor y regusto; mientras que al aumentar la temperatura promedio en el periodo crítico de desarrollo del fruto las intensidades bajan.

Con respecto a notas específicas en el bouquet de la bebida, la figura 6.5d muestra la relación entre la nota característica del olor del perfil 1 (chocolate amargo) y el contenido de Ca en el suelo y la temperatura promedio en el periodo crítico del desarrollo del fruto. Esta nota se intensifica a altas temperaturas y con la mayor concentración de Ca en el suelo, rasgos que son característicos de los terroirs 3 y 4. La figura 6.5e muestra la relación entre la intensidad del olor de la nota característica del perfil 4 (flor de café) con respecto a la temperatura y humedad relativa en el periodo de desarrollo crítico del fruto. Así, al disminuir la temperatura y aumentar la humedad relativa, rasgos característicos del terroir 1, se intensifica el olor a flor de café en la bebida. Estas dos notas (flor de café y chocolate amargo) están relacionadas por lo que al disminuir una aumenta la otra, de tal suerte que en el perfil 1 no se encuentra la nota a flor de café y de la misma forma en el perfil 4 no se encuentra la nota a chocolate amargo en el olor de la bebida.

La figura 6.5f y 6.5g muestra la relación de la nota a caramelo en el olor y la nota a semillas de cilantro en el flavor, con respecto a la temperatura, contenido de Mg y pH del suelo. En este caso, la máxima intensidad de estas notas en el olor y el flavor se alcanza en los valores intermedios de temperatura, de contenido de Mg y pH del suelo que son característicos del terroir 2. A medida que aumentan o disminuyen los valores de temperatura, contenido de Mg y pH del suelo, la intensidad de las notas a caramelo en el olor y a semillas de cilantro en el flavor de la bebida disminuye.

Por otra parte, el efecto de la variedad y del contenido en K del suelo se observa en la nota característica del perfil 2 a almendras tostadas en el flavor y el regusto (figura 6.5h). Así, a mayor contenido de K, mayor intensidad de la nota a almendras tostadas en el regusto de la bebida. Sin embargo, mientras que las variedades susceptibles requieren concentraciones mayores a 300 mg

de K kg^{-1} de suelo para presentar intensidades altas en la nota a almendras tostadas en el regusto de la bebida, las variedades tolerantes a la roya la presentan, a bajos niveles de contenido de K en el suelo.

6.3.3.3 Efecto del terroir en los sabores básicos de la bebida

Los sabores básicos de la bebida se ven afectados por el terroir. Las figuras 6.5i, 6.5j, 6.5k y 6.5l muestran el comportamiento de los sabores ácido, dulce, amargo y salado con respecto a los días fríos y con el estrés hídrico durante el periodo crítico de desarrollo del fruto. La acidez y el dulzor incrementan su intensidad con el aumento de días fríos y la disminución de días con estrés hídrico. Así, la bebida de café más ácida y dulce, característica del perfil 4, se asocian al terroir 1. Con los sabores salado y amargo, se produce la situación contraria. La disminución de días fríos y el aumento de días con estrés hídrico incrementan la intensidad de los sabores salado y amargo en la bebida. Por tanto, estas características del perfil sensorial 1 se asocian con los terroirs 3 y 4. Los perfiles sensoriales 2 y 3 muestran valores intermedios de los sabores básicos.

6.3.3.4. Efecto del terroir en la textura de la bebida

La textura también se ve afectada por el terroir. La figura 6.5m muestra la relación de la textura aterciopelada de la bebida con la temperatura promedio del periodo crítico de desarrollo del fruto y la concentración de los microelementos del suelo. A menor temperatura mayor intensidad de la textura aterciopelada en la bebida. Sin embargo, la relación con el contenido de microelementos del suelo es más débil, la intensidad de la textura aterciopelada de la bebida disminuye con el aumento de la concentración de microelementos del suelo, en especial de Mn ($p < 0.005$). Un comportamiento inverso tiene la textura áspera con respecto a las mismas variables (figura 6.5n). Así, el perfil sensorial 1, relacionado con el terroir 4 (altas temperaturas y altas concentraciones de microelementos), se caracteriza por tener una bebida con textura áspera ($p < 0.001$). Aunque puede existir una interacción con el tipo varietal (figura 6.5o), las variedades susceptibles a la roya en ambientes de altas temperaturas tendrán mayor intensidad en textura áspera comparadas con las variedades tolerantes ($p = 0.02$). Por otra parte, en la figura 6.5p se muestra el comportamiento de la textura suave, característica del perfil sensorial 3. La máxima intensidad de la textura suave se presenta en los valores promedio de temperatura y entre los valores de 0 a 600 mg kg^{-1} de Mg en el suelo.

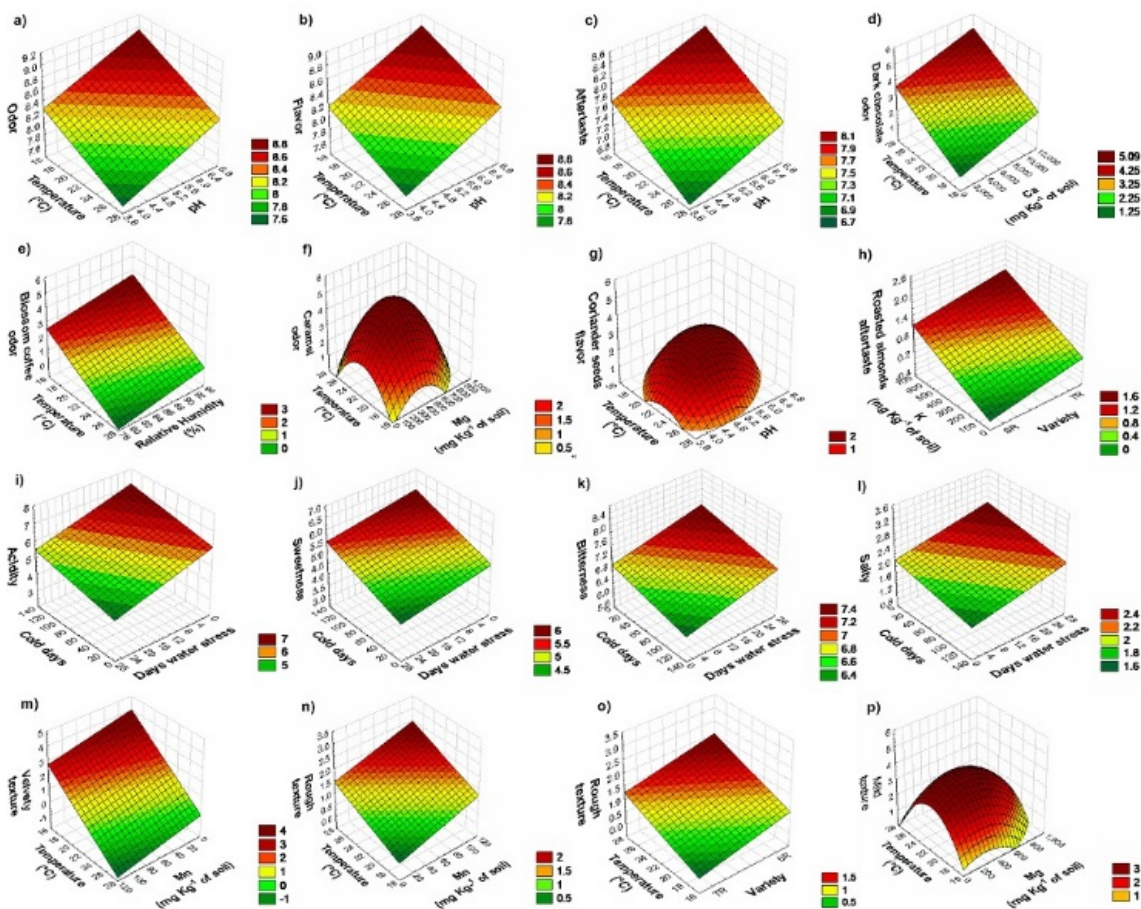


Figura 6.5. Relaciones entre variables del *terroir* y los atributos sensoriales: a) intensidad de olor, b) intensidad de sabor, c) intensidad de regusto, d) olor a chocolate amargo, e) olor a flor de café, f) olor a caramelo, g) sabor a semillas de cilantro, h) regusto a almendras tostadas, i) acidez, j) dulzor, k) salado, l) amargor, m) textura aterciopelada, n) textura áspera, o) textura áspera y variedad y p) textura suave.

6.4. CONCLUSIONES

Se establecen 4 *terroirs* para el cultivo del café en la región centro de Veracruz definidos principalmente por la temperatura y la humedad relativa presente en el periodo crítico de desarrollo del fruto y, en menor medida, por características del suelo en la que sobresale el pH.

El perfil sensorial promedio de la bebida de café de esta región tiene una base aromática en los grupos chocolates, caramelos y pirolíticos, presenta balance en los sabores básicos y una textura suave. Estas características son afectadas por los *terroirs* presentes en la región. Así los *terroirs* “cálidos y secos” refuerzan el perfil aromático de la bebida con las notas a chocolate amargo, tostado y café tostado en el bouquet, intensifican el sabor amargo y salado, así como la textura astringente. Mientras que los *terroirs* “fríos y húmedos” disminuyen las características medias incrementando la complejidad aromática de la bebida con el aumento de la frecuencia de notas florales principalmente a flor de café en el bouquet, aumentando el sabor ácido y dulce y favoreciendo una textura aterciopelada. El *terroir* “templado frío”, que es el predominante en la región, mantiene características medias de la bebida y le proporciona notas a caramelo y a semillas de cilantro en el bouquet, balance en el sabor (ácido, dulce, amargo y salado) y una textura suave.

Con independencia de las variables del medio físico, el grupo varietal tolerante a la roya puede agregar otras notas al perfil característico de cada uno de los terroirs. Así, las notas del grupo aromático de las nueces, en especial almendras tostadas, del caramelo, en especial a mantequilla fresca, y del chocolate, en especial la nota a tostado, pueden estar presente en el bouquet de muestras de café provenientes de variedades tolerantes a la roya del café.

6.5. REFERENCIAS

- Bowen, S. and Valenzuela Z., A. (2009). Geographical Indications, terroir, and socioeconomic and ecological sustainability: The case of Tequila. *Journal of Rural Studies*, 25, 108-119.
- Cadot, Y.; Caille, S.; Samson, C.; Barbeau, G. and Cheynier, V. (2010). Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assesment. *Analytica Chimica Acta*, 660, 53-62.
- Demossier, M. (2011). Beyond terroir: territorial construction, hegemonic discourses, and French wine culture. *Journal Anthropological Institute (N.S.)*, 17, 685-705.
- Fernández-Marín, M.I.; Guerrero, R.F.; García-Parrilla, M.C.; Puertas, B.; Ramírez, P. y Cantos-Villar, E.. (2013). Terroir and variety: Two key factors for obtaining stilbene-enriched grapes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1 (2), 191-198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.05.009>
- Gergauda, O. y Ginsburgh, V. (2010). Natural Endowments, Production Technologies and the Quality of Wines in Bordeaux. Does Terroir Matter? *Journal of Wine Economics*, 5 (1), 3-21.
- INAO (Institute National d'Origen et Calidade). (2016). Guide du demandeur d'une appellation d'origine protégée (AOP) ou d'une indication géographique protégée (IGP). Versión noviembre 2016. Montreuil-sus-Bois Cedex France. 2016. Pp 26. https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/sites/regions_france3/files/assets/documents/2017/09/02/201612_guideaopigp-3239319.pdf
- INEI (Istituto Nazionale Espresso Italiano) (2006). L'espresso italiano e il cappuccino Italiano certificati. Editore: Centro Studi Assaggiatori soc. coop. Brescia (Italy). Available at: http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf/7 Accessed 08 June 2017
- ISO 5492 (2008) Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 8586 (2012). Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- Lê, S., Josse, J. and Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. doi: 10.18637/jss.v025.i01
- Lenoir, J. Le Nez du Café. Ed. Jean Lenoir. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica. 2008. Pp. 117.
- Meilgaard, M.; Civille, G. V. and Carr, B. T. (1999). Sensory Evaluation Techniques. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Paxson, H. (2010). Locating Value in Artisan Cheese: Reverse Engineering Terroir for New-World Landscapes. *American Anthropologist*, 112 (3), 444-457. DOI: 10.1111/j.1548-1433.2010.01251.x
- Pereira, R. A., Camargo, P. A. y Camargo, M. B. (2008). Agrometeorologia de cafezais no Brasil. Campinas: Instituto Agrônômico.
- R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>
- Ruiz-Cárdenas, R. (2015). 1. A cafeicultura e sua relação com o clima. In: J. Braz Matillo, F. Carlota Nery & R. Pereira Venturin, eds. A cafeicultura e sua relação com o clima. LavrasMG, Brasil: Projeto Gráfico e Editoração, Artes Gráficas Formato Ltda, p. 3.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). (2015). SCAA protocols-Cupping specialty coffee. Retrieved from SCAA Protocols <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>
- StatSoft Inc. Statistica 6.1. Tulsa, OK; U.S.A. 2003.

Tarr, P.T., Dreyer, M.L., Athanas, M. et al. (2013). A metabolomics based approach for understanding the influence of terroir in *Vitis Vinifera* L. *Metabolomics*, 9 (Suppl 1), 170. <https://doi.org/10.1007/s11306-013-0497-x>

Vilanova, M.; Zamuz, S.; Vilariño, F. y Sieiro, C. (2007). Effect of terroir on the volatiles of *Vitis vinifera* cv. Albariño. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1252–1256





7. INFLUENCIA DEL PROCESADO POSCOSECHA DEL CAFÉ VARIEDAD “GARNICA” SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y LA ACEPTABILIDAD GLOBAL DE LA BEBIDA

Resumen

Evaluar la influencia de los procesos poscosecha del café sobre las características sensoriales de la bebida obtenida permite innovar con el fin de satisfacer mercados nicho, incrementar ventajas en costo-beneficio y cumplir con normas ambientales y de calidad. En este estudio cuatro procesos poscosecha (“natural”, “despulpado”, “fermentado” y “lavado”) fueron aplicados a frutos de café de la variedad “Garnica”. La bebida resultante de cada proceso fue evaluada sensorialmente por catadores expertos para caracterizarla mediante análisis descriptivo y, paralelamente, por consumidores para conocer la aceptabilidad global. Se confirma que los procesos poscosecha modifican las características sensoriales de la bebida. El bouquet de la bebida a vino tinto, obtenida por el proceso “natural”, condiciona la aceptación global de los consumidores y la aceptación de los otros cafés está condicionada por la nota a limón. El “despulpado” y el “fermentado” representan opciones viables al café “lavado” con características sensoriales y aceptación general similares, pero con menor impacto ambiental. Mediante un mapa de aceptación, resultante de un análisis factorial múltiple a los datos sensoriales y hedónicos, se encontró que el proceso “despulpado” aplicado al café de la variedad Garnica representa una opción viable para reemplazar al café “lavado”.

Palabras clave: procesado de café, análisis descriptivo, estudio de consumidores, análisis factorial múltiple, mapa de aceptación.



7.1. INTRODUCCIÓN

En el mercado mundial, el café se diferencia principalmente por la especie (*C. arabica* L. o *C. canephora* P.) y por el tipo de proceso poscosecha (“natural” o “lavado”). El proceso poscosecha para obtener café “natural” se denomina vía seca, no utiliza agua, y es el método más antiguo y económico utilizado tradicionalmente en países de climas secos como Etiopía y Yemen y, posteriormente, adoptado en Brasil. Para obtener café “lavado” o “suave” se utiliza el proceso poscosecha húmedo (“beneficiado húmedo”), que fue desarrollado posteriormente y es el método más utilizado en Colombia, México, Guatemala, Honduras, Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, entre otros países. Esta tecnología requiere de grandes cantidades de energía y agua, algunos autores reportan un rango entre 1 y 10 m³ de agua por t de fruto fresco, que impactan negativamente en el ambiente (Chapagain y Hoekstra, 2007, Subedi, 2011; Boot, 2016; GIZ, 2016).

Existe la necesidad de innovar en los sistemas de producción y de procesos poscosecha del café para no impactar en el abastecimiento de agua para el consumo humano y evitar la contaminación de los ecosistemas acuáticos en los cuerpos receptores de las aguas de desecho del beneficiado. Por otra parte, las innovaciones en el procesamiento poscosecha de café deben presentar ventajas en costo-beneficio, cumplir con las normas ambientales y obtener productos que cumplan con los estándares de calidad teniendo en cuenta las preferencias del consumidor. El efecto del método poscosecha en la calidad de la bebida es un factor importante y cada vez más estudiado (Bytof et al., 2000; Leloup et al., 2004; Bytof et al., 2005; Selmar, et al. 2005; Knopp et al., 2006; González-Ríos et al., 2007; Daniels, 2009; Duarte et al., 2010; Joet et al., 2010; Tarzia et al., 2010; Arruda et al. 2012; Silva, 2014; Fernandes et al., 2014; Koskei et al., 2015; Lee et al., 2015; Garo et al., 2016; Hamdouche et al., 2016; Ribeiro et al. 2017). Sin embargo, existe poca información acerca del impacto que puedan tener los procesos poscosecha sobre las valoraciones de los consumidores.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo es conocer cómo afecta el tipo de procesado del café (natural o seco, húmedo o lavado, despulpado y fermentado) a las características organolépticas y la aceptación global del consumidor de las bebidas obtenidas con el fin de innovar en los procesos poscosecha que permitan reducir costos, agua y energía.

7.2. MATERIAL Y MÉTODOS

7.2.1. Muestras de café

Como materia prima se utilizaron frutos de café de la variedad “Garnica” cultivados a 1330 msnm en la región de Huatusco en Veracruz (México). Sobre estos frutos, se aplicaron cuatro procesos poscosecha. a) Proceso “natural”: los frutos únicamente fueron secados. b) Proceso de “despulpado”: el exocarpio del fruto fue eliminado y el grano con mesocarpio adherido fue secado. c) Proceso de “fermentado”: el exocarpio del fruto, fue eliminado y, tras un reposo de 24 horas a temperatura ambiente, los granos fueron secados. d) Proceso “lavado”: el exocarpio del fruto fue eliminado, y, tras un reposo de 24 horas a temperatura ambiente, los granos fueron lavados, para eliminar el mesocarpio, y secados. En todos los procesos un secador solar fue utilizado para deshidratar los granos hasta alcanzar un 12% de humedad.

7.2.2. Caracterización de los procesos poscosecha

Para caracterizar cada proceso poscosecha, se midieron variables tecnológicas (características de los procesos, tiempos de cada proceso, temperaturas de los procesos, calidad del café), variables ambientales (uso de agua en los procesos, energía usada en los procesos y

cantidad de desechos generados) y variables económicas (materias primas, materias auxiliares, insumos y mano de obra).

7.2.3. Preparación de la bebida de café

El procedimiento para la preparación de la bebida fue basado en los parámetros técnicos emitidos por el INEI (2006). Para ello, el café en grano de cada muestra fue molido en un molino (Mahlkoning modelo K30ES), a continuación 7.0±0.5 g de café fueron colocados en el portafiltro para la extracción de la infusión en la máquina de espressos (“La Cimbali” modelo M22 Premium), con agua a 88±2 °C y una presión de 9±1 bar en un tiempo de 25±5 segundos. Se obtuvo así un café espresso (25±2.5 mL). La bebida de café tipo “americano” para evaluar sensorialmente fue preparada con aproximadamente 200 mL de extracto de café (8 espressos) y llevada a 1000 mL con agua caliente. La dilución obtenida fue mantenida en un termo (BUNN modelo Airpot) a más 55°C hasta el momento de realizar la evaluación sensorial.

7.2.4. Análisis sensorial

Un panel de catadores expertos fue utilizado para valorar sensorialmente la bebida obtenida a partir de los cuatro procesos, mediante la técnica de análisis descriptivo. La bebida de cada proceso aplicado fue servida en tazas y evaluada al menos en dos sesiones de cata por cada uno de los 10 jueces. Las muestras fueron presentadas al panel de manera codificada y aleatorizadas, utilizando un diseño de bloques completos.

Los atributos valorados fueron los que se integran en el protocolo de cata de la SCAA (2015): olor, flavor, regusto, acidez, dulzor, cuerpo, balance y apreciación; así como las notas aromáticas presentes en el bouquet de la bebida tomando como referencia el juego de 36 esencias aromáticas de Le Nez du Café (Lenoir, 2008). La evaluación fue realizada por triplicado en un laboratorio bajo condiciones controladas.

7.2.5. Estudio de consumidores

Para conocer si los diferentes procesos poscosecha de café tienen influencia sobre la aceptación global de la bebida obtenida, se seleccionó un grupo de consumidores habituales de café de la región de Huatusco en Veracruz (México). De las 66 personas participantes en este estudio un 66% fueron hombres y un 40% mujeres con una edad promedio de 27 años.

Las bebidas de café “americano” fueron preparadas y presentadas en las mismas condiciones que al panel de catadores. Para determinar la aceptación global de la bebida, por parte de los consumidores, se utilizó una escala hedónica de 5 puntos (odié, no me gusta, indiferente, me gusta, me encanta) siguiendo el método validado por da Cunha et al. (2013).

7.2.6. Análisis de datos

Para caracterizar los procesos, se aplicaron los indicadores técnicos, ambientales y económicos, un análisis de correlaciones y de componentes principales. La eficacia del panel fue evaluada mediante un análisis de varianza de 3 factores con interacción. Para conocer la influencia del procesado del café sobre las características sensoriales de la bebida resultante se utilizó un modelo de análisis de varianza (F-test) y la significación de sus coeficientes (T-test), y un análisis de componentes principales (PCA). Un análisis de varianza no paramétrica de rangos de Kruskal-Wallis fue utilizado sobre las valoraciones otorgadas por los consumidores. Para hacer un análisis de la relación de las variables sensoriales valoradas por el panel de expertos con la aceptación de los consumidores, se utilizó un análisis de componentes principales (PCA), regresiones lineales y análisis factorial múltiple (MFA). Para la realización de los análisis

estadísticos, se utilizó el software FactoMineR (Lê et al., 2008) y SensoMineR (Husson et al., 2014) de R (RDevelopment Core Team 2017).

7.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.3.1. Caracterización de los procesos poscosecha

De acuerdo con el PCA realizado con los datos de las variables tecnológicas, ambientales y económicas, se observa que los indicadores que explican el 84% de la variabilidad son los costos de operación, el uso de energía, el agua consumida en el proceso y la dificultad tecnológica. Estas cuatro variables permiten hacer la caracterización de los procesos poscosecha que se muestra en la tabla 7.1. En relación con los indicadores analizados, los resultados permiten hacer una organización de los procesos poscosecha desde el punto de vista de menor dificultad tecnológica, menor impacto ambiental y mayor economía en el siguiente orden: “natural”, “despulpado”, “fermentado” y “lavado”.

Tabla 7.1. Características de los procesos poscosecha de café obtenida a partir de las variables de mayor importancia obtenidas por PCA.

Tratamiento poscosecha	Tecnología	Uso de agua	Impacto ambiental	Uso de energía	Costos de operación
Lavado	Mayor infraestructura. Mayor complejidad tecnológica. Requiere de al menos 5 procesos (selección, despulpado, fermentado, lavado y secado)	Usa la mayor cantidad de agua. El volumen de agua mínimo requerido es de $1 \text{ L} \cdot \text{kg}^{-1}$ de fruto fresco procesado	Genera desechos líquidos y sólidos que requieren de tratamiento para reducir su impacto al ambiente	Utiliza energía en una relación de $0.283 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ de fruto fresco	El costo de operación es de $0.62 \$ \cdot \text{kg}^{-1}$ de fruto fresco
Fermentado	Menor infraestructura que el “lavado”. Se suprime la operación de lavado del grano. La dificultad tecnológica es mayor. El secado y almacenamiento es un punto crítico por la alta carga de microorganismos en el grano.	Presenta un ahorro de agua del 67%, respecto al “lavado”	Se reducen los desechos líquidos, produce la misma cantidad de desechos sólidos	Usa la misma energía que el “lavado”	Costo de operación similar al “lavado”.
Despulpado	Menos infraestructura que el “fermentado”. La dificultad tecnológica está en la posible contaminación con hongos durante el secado y almacenamiento del grano	Usa un 83% menos que el “lavado” para el proceso de despulpe y limpieza del equipo	Disminuye las aguas de desecho y el exocarpio del fruto como residuo sólido es igual que el “lavado”	La energía usada es mayormente renovable y representa un 26% menor que el “lavado”	Su costo de operación es un 39% menor que el “lavado”
Natural	Representa el de menor dificultad tecnológica, requiere de poca infraestructura, sólo consta de dos procesos (selección y secado).	No requiere de uso de agua	No genera desechos líquidos ni sólidos, su impacto en el ambiente es mínimo	La energía que requiere es un 32% más que el “lavado” en el proceso de secado	Su costo de operación es un 32% menor que el “lavado”

7.3.2. Caracterización de la bebida por panel de evaluación sensorial

7.3.2.1. Eficacia del panel

En la tabla 7.2 se presentan los resultados del análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos de la evaluación sensorial de la bebida obtenida tras la aplicación de los diferentes procesos poscosecha a los frutos de café. Los resultados muestran que el panel es discriminante, reproducible y concordante ya que presenta pocas interacciones (panelista-sesión y muestra-panelista) significativas.

Tabla 7.2.- Resultados del ANOVA (valores de p, asociados con la prueba de F) para los efectos evaluados al panel de catadores expertos*.

Atributo	Muestra	Juez	Sesión	Muestra-Juez	Muestra-Sesión	Juez-Sesión
Vino tinto	0.000 ***	0.295 ns	0.422 ns	0.288 ns	0.455 ns	0.455 ns
Flor de café	0.001 **	0.733 ns	0.630 ns	0.780 ns	0.015 *	0.224 ns
Limón	0.004 **	0.189 ns	0.137 ns	0.827 ns	0.001 **	0.721 ns
Acidez	0.011 *	0.007 **	0.619 ns	0.128 ns	0.018 *	0.843 ns
Cuerpo	0.013 *	0.104 ns	0.089 ns	0.308 ns	0.140 ns	0.153 ns
Mantequilla fresca	0.032 *	0.024 *	0.824 ns	0.444 ns	0.993 ns	0.516 ns
Chocolate amargo	0.034 *	0.024 *	0.013 *	0.710 ns	0.018 *	0.530 ns
Dulzor	0.051 ns	0.617 ns	0.514 ns	0.750 ns	0.053 ns	0.695 ns
Té de rosas	0.066 ns	0.023 *	0.422 ns	0.099 ns	0.112 ns	0.659 ns
Flavor	0.067 ns	0.081 ns	0.010 *	0.225 ns	0.098 ns	0.850 ns
Puntuación general	0.083 ns	0.149 ns	0.104 ns	0.107 ns	0.038 *	0.126 ns
Caramelo	0.112 ns	0.006 **	0.506 ns	0.499 ns	0.263 ns	0.285 ns
Olor	0.117 ns	0.279 ns	0.320 ns	0.756 ns	0.361 ns	0.427 ns
Balance	0.118 ns	0.070 ns	0.032 *	0.050 ns	0.352 ns	0.352 ns
Grosella negra	0.130 ns	0.881 ns	0.050 ns	0.280 ns	0.237 ns	0.237 ns
Regusto	0.180 ns	0.122 ns	0.022 *	0.001 **	0.028 *	0.165 ns
Semillas de cilantro	0.225 ns	0.156 ns	0.627 ns	0.881 ns	0.598 ns	0.287 ns
Tostado	0.342 ns	0.840 ns	0.043 *	0.033 *	0.115 ns	0.809 ns
Nuez de Castilla	0.601 ns	0.709 ns	0.422 ns	0.356 ns	0.149 ns	0.228 ns
Vainilla	0.925 ns	0.041 *	0.670 ns	0.037 *	0.101 ns	0.030 *
Jarabe de maple	0.928 ns	0.040 *	0.969 ns	0.190 ns	0.465 ns	0.359 ns

ns = no significativo, *significativo (p<0.05), **significativo (p<0.01), ***significativo (p<0.001)

7.3.2.2. Perfil sensorial de cada proceso

Las notas aromáticas presentes en el bouquet de la bebida fueron 12 de las 36 esencias incluidas en Le Nez du Café (flor de café, limón, mantequilla fresca, chocolate amargo, té de rosas, caramelo, grosella negra, semillas de cilantro, tostado, nuez de Castilla, vainilla, jarabe de maple), más una nota que no está incluida en las esencias y que el panel la definió como vino tinto.

Como se observa en la tabla 7.2, el procesado de café presenta una influencia significativa en 7 de las 21 características sensoriales evaluadas. Los atributos afectados por el procesado del café fueron: vino tinto (p<0.001), flor de café (p=0.001), limón (p=0.004), acidez (p=0.011), cuerpo (p=0.013), mantequilla fresca (p=0.032) y chocolate amargo (p=0.034).

En la tabla 7.3, se muestran los valores promedio de los descriptores de la bebida obtenida tras la aplicación de cada uno de los procesos poscosecha estudiados. Según, el resultado del análisis de la varianza teniendo en cuenta el procesado (Prueba F y la significación de sus coeficientes de la prueba de T), en la tabla 7.3, se señalan en negrita los valores significativamente diferentes por encima de la media del atributo en cada proceso y en gris los valores significativamente diferentes por debajo de la media. El proceso “natural” muestra las mayores diferencias con respecto a los otros procesos, la nota a vino tinto es única a este proceso y presenta el mayor valor de cuerpo. De los otros tres procesos sobresale el “fermentado” con

valores promedio superiores en los atributos caramelo, flor de café, dulzor, balance, tostado, acidez y regusto.

En la figura 7.1, se presenta el resultado del PCA con la representación los atributos sensoriales de la bebida y de cada proceso poscosecha de acuerdo con las valoraciones del panel de expertos en las primeras dos dimensiones. Las variables significativamente vinculadas a la dimensión 1, que explica el 61.6% de la variabilidad, ordenadas de acuerdo al signo de correlación y al valor de p, son: puntuación general ($r=0.997$, $p=0.002$), flavor ($r=0.996$, $p=0.004$), regusto ($r=0.994$, $p=0.006$), acidez ($r=0.990$, $p=0.01$), té de rosas ($r=0.985$, $p=0.01$), vino tinto ($r=-0.970$, $p=0.03$) y jarabe de maple ($r=-0.986$, $p=0.01$). En la dimensión 2, que explica el 30.3% de la variabilidad, no se encontró ninguna correlación significativa.

Tabla 7.3. Valores promedio de los atributos de la bebida para los diferentes procesos poscosecha de café aplicados. *

Atributo	Natural	Lavado	Despulpado	Fermentado
Jarabe de maple	0.75	0.58	0.58	0.50
Vino tinto	2.50	-	-	-
Cuerpo	8.31	8.06	8.06	8.27
Chocolate amargo	0.67	0.50	0.92	0.17
Grosella negra	0.42	0.92	0.17	0.33
Semillas de cilantro	0.25	0.58	0.67	0.33
Vainilla	0.25	0.25	0.25	0.42
Caramelo	1.17	1.42	1.08	2.08
Mantequilla fresca	-	0.83	0.92	0.33
Nuez de Castilla	0.08	0.25	0.33	0.17
Flor de café	0.17	0.08	0.83	1.33
Olor	8.04	8.25	8.27	8.15
Dulzor	7.42	7.48	7.54	7.77
Balance	7.92	8.04	8.02	8.19
Limón	-	0.75	0.92	0.67
Tostado	0.17	0.58	0.58	1.00
Té de rosas	0.08	1.00	1.00	1.08
Acidez	7.52	8.04	8.00	8.15
Regusto	7.60	7.88	7.92	8.02
Flavor	8.04	8.21	8.25	8.29
Puntuación general	8.00	8.19	8.23	8.27

*La significación de sus coeficientes (T-test) se muestra en negritas y en grises.

En el lado positivo de la dimensión 1 del PCA (figura 7.1), se agrupan los cafés a los que les fue retirado el exocarpio del fruto: “lavado”, “despulpado” y “fermentado” y en el lado negativo se ubica el método “natural” (con exocarpio).

El café “lavado” y el café “despulpado” muestran mayor similitud, aunque el café “lavado” es el que presenta valores significativamente superiores en la nota a grosella negra ($p<0.05$) del bouquet de la bebida que posiblemente se deba a la incorporación de taninos y ácidos al grano durante el proceso de lavado. En tanto que la muestra de café “despulpado” sólo sobresale significativamente por la nota a mantequilla fresca ($p<0.05$) en el bouquet que posiblemente se deba a que este proceso favorezca la fermentación butírica.

La muestra de café “fermentado” se diferencia de las demás por la mayor intensidad en regusto ($p<0.05$), acidez ($p<0.05$), balance ($p<0.05$) y dulzor ($p<0.05$); así como en las notas aromáticas a tostado ($p<0.05$), flor de café ($p<0.05$) y caramelo ($p<0.05$) en el bouquet esto coincide con los valores promedio de la prueba T presentada en la tabla 7.3. Esta muestra es la

calificada con un perfil aromático complejo e intenso y con la mayor puntuación para un mercado de “especialidad” (puntuación Q = 85).

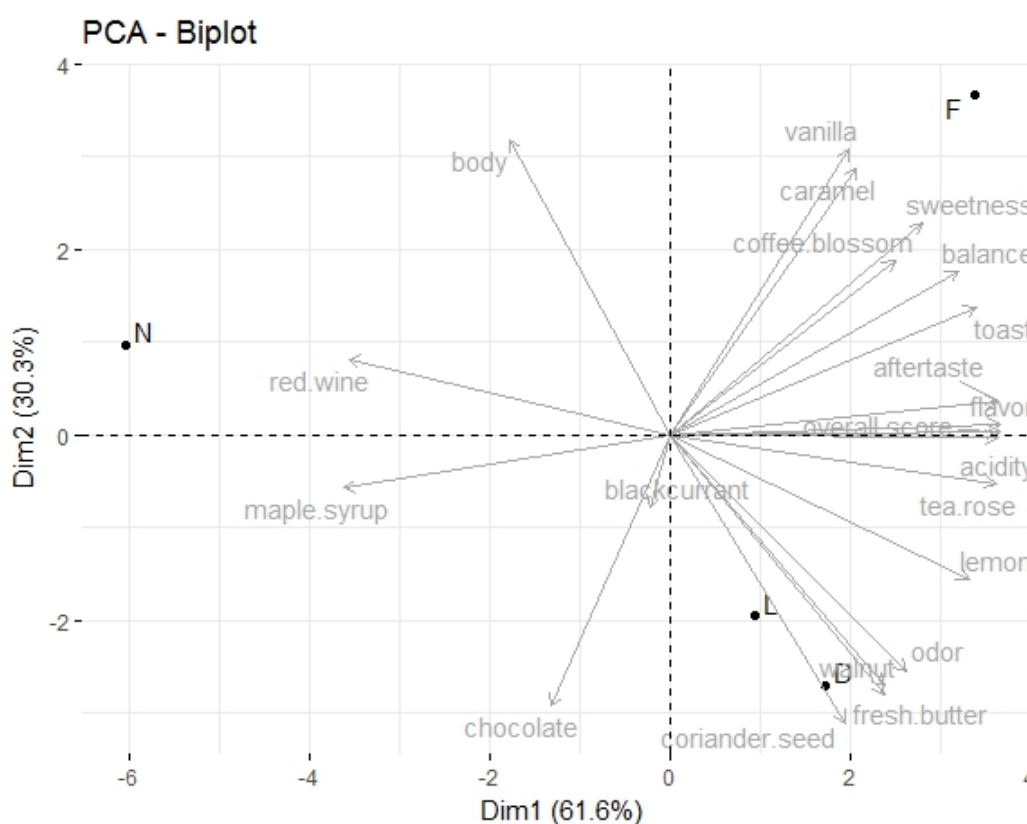


Figura 7.1. Representación de los atributos sensoriales de la bebida (en gris) y de los procesos poscosecha (en negro) aplicados al café en las primeras dos dimensiones resultantes del PCA (L=lavado, F= fermentado, D= despulpado y N=natural).

Se confirma que el carácter distintivo de los cafés sin exocarpio (“lavado”, “despulpado” y “fermentado”) no se debe estrictamente al proceso de fermentación del mesocarpio adherido al grano durante su reposo antes de secarse. El comportamiento observado en estos procesos poscosecha implican la activación del metabolismo inicial de la germinación del grano, propiciado por la eliminación del exocarpio del fruto y las condiciones iniciales de alta humedad y temperatura del grano, tal como lo establecen Bytof et al. (2000). Este proceso metabólico es el responsable de generar acidez de la bebida como mencionan Bytof et al. (2005) y compuestos aromáticos que aportan a la complejidad del bouquet (flavor y regusto, principalmente en las notas a té de rosas que posiblemente esté relacionada con el ácido málico y la nota a limón relacionada con el ácido cítrico). Esto a su vez se ve reflejado en la apreciación general por parte del panel de expertos.

En lado negativo de la dimensión 1 del PCA, se ubica distante el café “natural” que resulta de otro metabolismo del grano, pues permanece con todas sus capas (exocarpio y mesocarpio) hasta secarse. Este tipo de proceso se correlaciona con las notas aromáticas a jarabe de maple ($p < 0.05$) y vino tinto ($p < 0.05$), así como la intensidad del cuerpo ($p < 0.05$) de la bebida en la dimensión 2. La nota a vino tinto quizá se deba a la fermentación anaerobia al parecer de los ácidos y otros compuestos orgánicos presentes, ya que son sensiblemente menos presentes las notas a té de rosas y limón así como la acidez en este café.

Como resultado de este análisis se confirma que el perfil sensorial de la bebida del café “natural” es significativamente diferente a los cafés procesados sin exocarpio (“lavado”, “despulpado” y “fermentado”), debido a que los granos siguen diferentes procesos metabólicos. Dentro de los cafés sin exocarpio, existen algunas diferencias en el perfil aromático debido a los distintos procesos poscosecha, esto coincide con lo reportado por Koskei, et al. (2015). Cabe resaltar el hecho que dos procesos muy similares, el “lavado” y el “fermentado”, fueron diferentes; sobresaliendo el “fermentado” en siete atributos (regusto, acidez, balance y dulzor; así como en las notas aromáticas a tostado, flor de café y caramelo) sobre el “lavado”. Por otra parte, el café “lavado” presenta resultados similares al café “despulpado”, que es sometido al proceso de secado sin reposar. Se intuye que algunos de los compuestos aromáticos desarrollados durante el reposo del café “lavado” se pierden parcialmente con el lavado del grano, como también lo mencionan Selmar et al. (2005).

7.3.3. Estudio de consumidores

Los consumidores evalúan el café tipo “americano”, elaborado a partir de los granos sometidos a los cuatro procesos poscosecha. Los resultados obtenidos del ANOVA de Kruskal-Wallis de rangos aplicado a las valoraciones de los consumidores muestran que no existen diferencias significativas ($p=0.066$) en la aceptación global entre los diferentes tipos de café, sin embargo, el valor de p es muy cercano al valor de decisión de la prueba de hipótesis. Para analizar a mayor detalle el comportamiento del grupo de consumidores estudiado en la figura 7.2 se muestra el histograma categorizado donde se observan que las distribuciones de las escalas hedónicas de aceptación para cada proceso poscosecha no son homogéneas ni similares. Las tendencias resultantes indican que un 37.9% de los consumidores valoran positivamente el café de los cuatro procesos (me gusta y me encanta). El café “lavado” es el que recibe las mejores puntuaciones (50%), seguido de los cafés sometidos a los procesos de “despulpado”, “natural” y “fermentado” con un 34.9%, 33.3% y 33.3%, respectivamente. Un 25% de los consumidores presenta una postura indiferente al café obtenido mediante los cuatro procesos. Estas diferencias presentadas en la aceptación global serán analizadas juntamente con los resultados del panel de expertos para encontrar sus causas en los siguientes análisis.

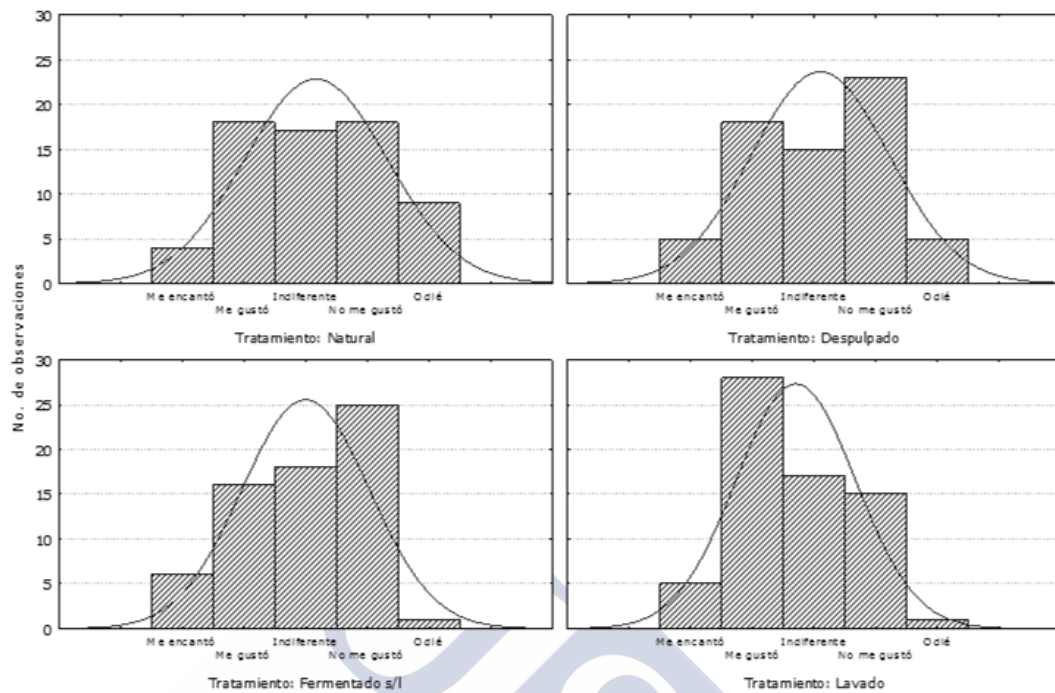


Figura 7.2. Histograma con la valoración de la aceptación global de los diferentes cafés por parte de los consumidores.

7.3.4. Relación de las valoraciones sensoriales del panel y las preferencias de los consumidores

Se procede a analizar la relación de los atributos sensoriales evaluados por el panel de catadores con la aceptación global de los consumidores. Al aplicar PCA a los datos de aceptación de los consumidores, se observa que la dimensión 1 explica el 37.7% de la variabilidad, mientras que la dimensión dos el 33.3% (figura 7.3). Así la configuración de la ubicación de los procesos cambia, el café “natural” se opone completamente al “lavado” mientras que en el PCA de la figura 7.1 era el “fermentado”. La apreciación global de los consumidores para el café “natural” está condicionada por la nota a vino tinto del bouquet ($r=-0.961$, $p=0.039$), mientras que la apreciación de las muestras de café “fermento”, “despulpado” y “lavado”, a la derecha en la dimensión 1, está condicionada por el olor ($r=0.973$, $p=0.027$) y la nota aromática a limón del bouquet ($r=0.968$, $p=0.032$).

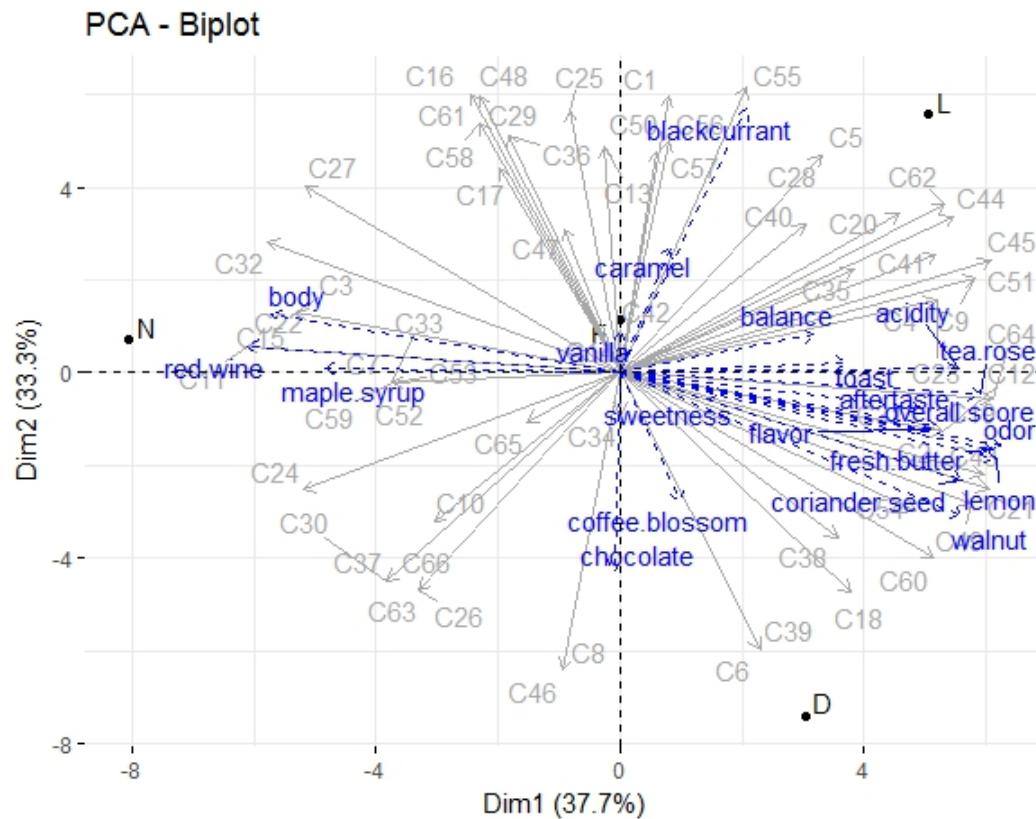


Figura 7.3. Representación de los procesos poscosecha y de los atributos sensoriales en las dos primeras dimensiones resultantes del PCA sobre la aceptabilidad global de los consumidores (L=lavado, F= fermentado, D= despulpado, y N=natural).

Con la finalidad de proponer cafés de procesos alternativos al tradicional (“lavado”) que permitan reducir costos, agua y energía pero que no afecten la aceptación de los consumidores, se sintetiza la información analítica del panel de catadores y la hedónica de los consumidores mediante un MFA. Para evaluar e interpretar los tipos de café en el espacio se consideran algunos coeficientes del MFA tal como lo recomiendan Lê y Worch (2015). El primer criterio evaluado es el valor del primer eigenvalue del MFA, cuya cuantía es de 1.943, lo que indica que la primera dimensión de ambos grupos (analítico y hedónico) tiende a ser homotética. Esto es, la principal dimensión de variabilidad del espacio analítico coincide con las principales diferencias en términos de aceptación entre los cafés, esto es consistente con las figuras 7.1 y 7.3.

El siguiente criterio que se evalúa es el coeficiente RV, que mide el vínculo entre los dos grupos de variables: objetivas (panel de expertos) y subjetivas (consumidores). El coeficiente RV entre los grupos es de 0.84, lo que indica que existe un fuerte vínculo entre las dos matrices de datos. El siguiente criterio valorado es el coeficiente Lg, que mide la riqueza de la estructura común entre los dos grupos, cuanto más alto sea el valor de Lg la estructura común es mayor. El valor de Lg para el grupo hedónico es de 2.37, mucho más multidimensional, mientras que para el grupo sensorial es de 1.25 y, entre ellos, es de 1.45, lo que implica que las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores pueden ser usadas para explicar la valoración hedónica de los consumidores, tal y como se muestra en la figura 7.4(a).

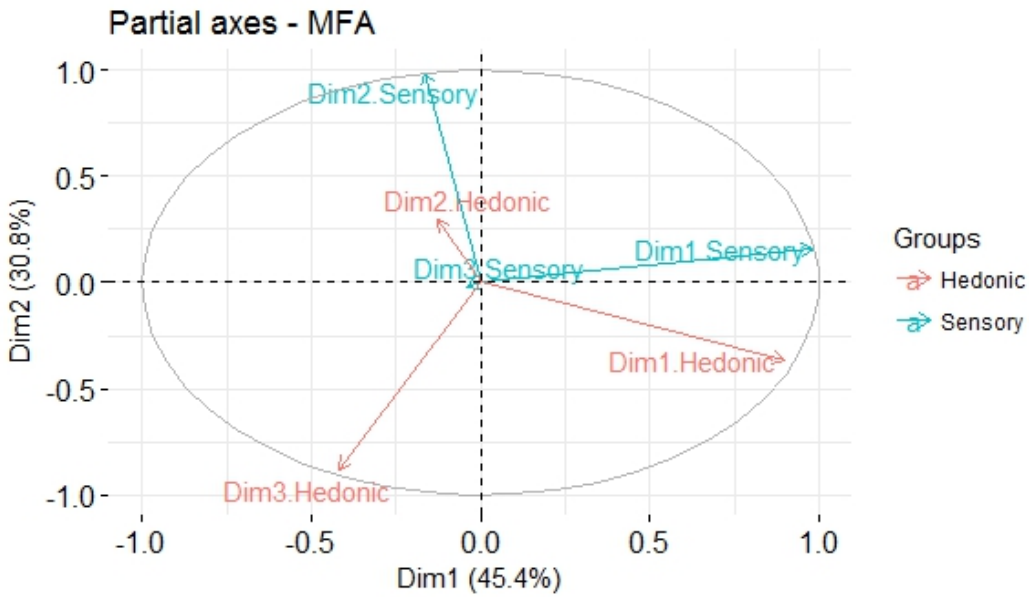
Los ejes parciales muestran una alta correlación entre las valoraciones de los catadores y las de los consumidores, esto confirma que el primer plano del espacio sensorial es la mejor solución posible en dos dimensiones para explicar los datos de aceptación.

En el mapa individual de factores del MFA (figura 7.4b) cada proceso poscosecha se presenta con sus puntos parciales. En general, se observa poca diferencia entre las percepciones objetivas y subjetivas en la dimensión 1 (45.4% de inercia), siendo el café “fermento” el que presenta mayor diferencia. Por otra parte, el café “natural” es el que presenta menor inercia interna y es el más lejano del resto de cafés, lo que implica un amplio consenso en ambas apreciaciones. Los cafés sin exocarpio (“lavado”, “despulpado” y “fermentado”) se ubican muy cercanos en la dimensión 1 y en la comparación entre las percepciones sensorial y hedónica presentan mayor inercia interna. La mayor inercia interna del café “fermentado” se debe a que el panel de expertos lo ubica como un café diferente al “despulpado” y “lavado” en la dimensión 1 y 2 así como los consumidores en la dimensión 2. Esto implica que es un proceso cuya bebida es diferente al “lavado”.

En cuanto a las características organolépticas evaluadas por los catadores, las bebidas de café se pueden dividir en tres grupos: (1) “natural” en el lado negativo del mapa en la dimensión 1, (2) “lavado” y “despulpado” en el lado positivo en la dimensión 1 y negativo en la dimensión 2, y (3) “fermentado” en el lado positivo de las dimensiones 1 y 2. Este último proceso se presenta como diferente dentro del grupo de los cafés con eliminación de exocarpio, se intuye que al no lavarse el grano, después de reposar 24 horas, la inercia del metabolismo continúa durante el proceso de secado al sol. Esto posiblemente permite generar otros compuestos precursores de olores en el interior del grano, que no ocurren en los otros procesos, al parecer por el lavado del grano en el proceso “lavado” y en el secado inmediato después de eliminar el exocarpio en el proceso “despulpado”. Este comportamiento del grano debe ser retomado para un posterior estudio.



(a)



(b)

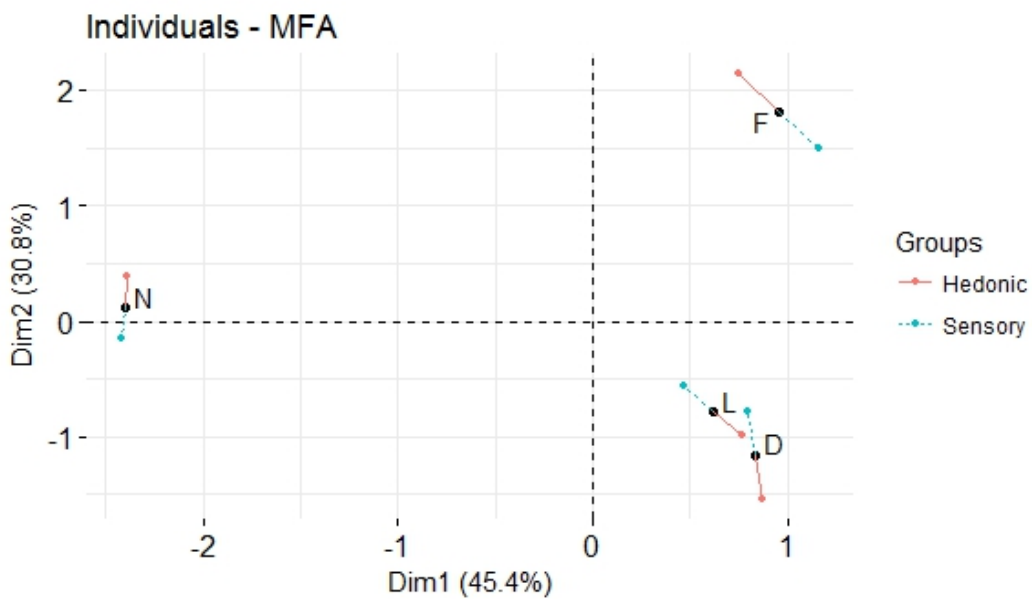


Figura 7.4 (a). Representación de las dimensiones resultantes de los análisis separados sobre las dos primeras dimensiones obtenidas a partir de un MFA. (b) Representación de los procesos poscosecha (L=lavado, F= fermentado, D= despulpado y N=natural) y sus puntos parciales sobre las dos dimensiones obtenidas a partir de un MFA.

Con la finalidad de segmentar la aceptación global de los consumidores y encontrar un proceso con aceptación similar al proceso tradicional (“lavado”) a partir del MFA de la información de los consumidores y los catadores se busca una solución denominada PrefMFA, que revela como el primer plano del grupo de variables valoradas por el panel de catadores

corresponde a la mejor solución bidimensional para explicar el comportamiento los datos de aceptación de la bebida. La solución PrefMFA se presenta en la figura 7.5, donde se observa que el café “despulpado” se ubica en una zona de mayor aceptación (aproximadamente 40%) y muy próximo al café “lavado”. Esto implica que el proceso “despulpado” es una solución viable desde el punto de vista de la aceptación de los consumidores para sustituir al café obtenido por medio del proceso tradicional. Ubicados a los extremos del mapa, el café “natural” y el “fermentado” con similar aceptación, pero con diferentes características sensoriales son productos alternativos para distintos grupos de consumidores. Este mapa representa una solución equilibrada donde se incrementa el peso de las apreciaciones de los catadores y es consistente con la figura 7.1. Esto permite esclarecer que atributos sensoriales de la bebida están afectando a la aceptación global de los consumidores. De esta forma se puede caracterizar la aceptación global de los consumidores que participaron en el estudio en: (1) grupo de consumidores que aceptan el café “lavado” y “despulpado”, que tienen características sensoriales muy parecidas como el bouquet a fresh butter y menor cuerpo ($p<0.5$); (2) grupo de consumidores que aceptan el café “natural” por su bouquet a vino tinto y mayor cuerpo ($p<0.5$) y (3) grupo de consumidores (nicho gourmet) que aceptan el café “fermentado” por su bouquet a caramelo, flor de café y tostado, así como por su mayor balance debido a su mayor regusto, acidez y dulzor ($p<0.5$).

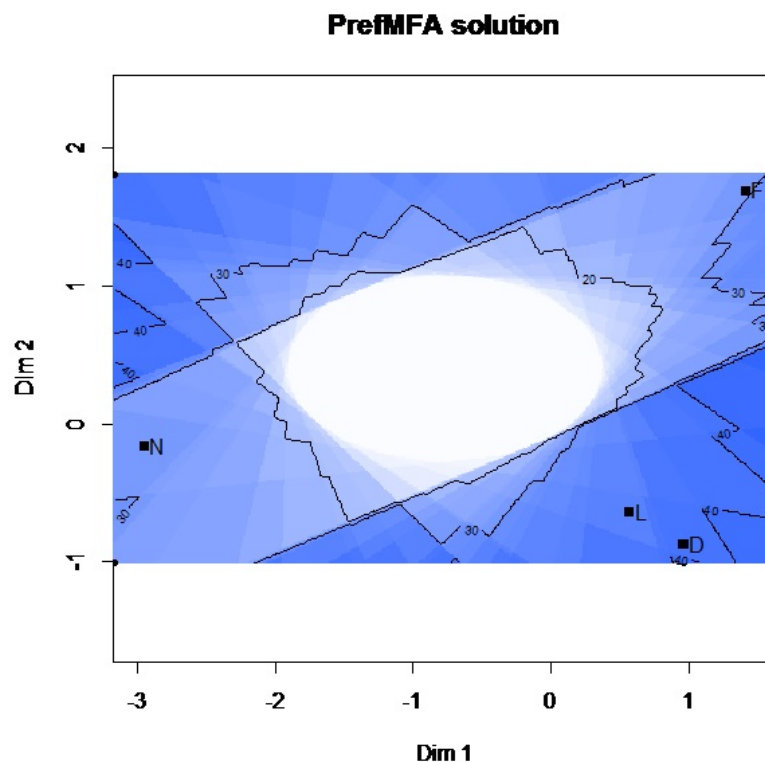


Figura 7.5. Representación de los cafés, de los procesos poscosecha: L=lavado, F= fermentado, D= despulpado y N=natural, en la superficie de respuesta sobre las dos primeras dimensiones obtenidas a partir de un MFA (PrefMFA) usando datos objetivos y hedónicos.

7.4. CONCLUSIONES

La valoración sensorial mediante un panel de expertos permite caracterizar la bebida procedente de café de la variedad Garnica procesada con diferentes tratamientos poscosecha. Se confirma que los procesos poscosecha modifican las características sensoriales de la bebida y se pueden clasificar de acuerdo con la permanencia o no del exocarpio y mesocarpio del fruto. La ruta tecnológica más conveniente conforme a los indicadores medidos es el proceso poscosecha “natural” (con exocarpio), sin embargo, la bebida resultante es completamente diferente en sus atributos sensoriales principalmente en el bouquet a vino tinto que condiciona la aceptación global de los consumidores ($p < 0.05$). Mientras que la aceptación global de los consumidores de los cafés con procesos poscosecha que implican la eliminación del exocarpio del fruto está condicionada por el olor y la nota a limón ($p < 0.05$). Dentro de este grupo, el “despulpado” y el “fermentado” presentan ventajas sobre el “lavado”, debido a que requieren menos procesos, tienen menor costo y menor consumo de agua. La bebida de café resultante del proceso “fermentado” sobresale en su perfil aromático e intensidades de los atributos con respecto a las otras bebidas y es mejor valorado por los consumidores. Las bebidas de café resultantes de los procesos “lavado” y “despulpado” son muy parecidas en los atributos sensoriales evaluados por el panel de expertos y con similares puntuaciones. Así, el proceso “despulpado” aplicado al café de la variedad Garnica representa una opción viable para reemplazar al café “lavado”.

Los resultados obtenidos permiten ofrecer información para concienciar a los agentes y los organismos que gestionan al sector cafetalero, sobre la posibilidad de transitar hacia procesos poscosecha alternativos al método de “procesado húmedo” tradicional (“lavado”). También ofrece información a los consumidores de la existencia de otras opciones de café cuya bebida presenta características sensoriales similares al café “lavado”, pero con menor impacto ambiental.

7.5. REFERENCIAS

- Arruda, N.P.; Hovell, A.M.C.; Rezende, C.M.; Freitas, S.P.; Couri, S. y Bizzo, H.R. (2012). Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. *Quim. Nova*, 35(10), 2044-2051.
- Boot, W. (2016). From the cherry to the green bean - post harvesting coffee processing. Recuperado de Boot Camp Coffee: <https://bootcampcoffee.com/wp-content/uploads/2013/03/coffeeprocessing-handbook.pdf>/Consultada 4.noviembre.2016.
- Bytof, G.; Selmar, D. y Schieberle, P. (2000). New aspects of coffee processing: how do the different postharvest treatments influence the formation of potential flavour precursors? *Journal of applied botany*, 74, 131-136. ISSN 0949-5460
- Bytof, G.; Knopp, S.E.; Schieberle, P.; Teutsch, I. y Selmar, D. (2005). Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. *Journal European Food Research and Technology*, 220, 245-250. doi:10.1007/s00217-004-1033-z
- Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y. (2007). The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands. *Ecological Economics*, 64(1), 109 – 118. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.02.022
- da Cunha, D. T.; Braz A. B., R., Ribeiro, R., de Lacerda O. P. L. y Stedefeldt, E. (2013). Métodos para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar: validación de la tarjeta lúdica. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 357-363. doi: 10.4067/S0717-75182013000400005
- Daniels, N. (2009). Variations in Coffee Processing and their Impact on Quality and consistency. (Msc.Thesis. Michigan Technological University). Recuperada de: <https://www.mtu.edu/peacecorps/programs/forestry/pdfs/noah-daniels-thesis-final.pdf>/Consultada 4.octubre.2017

- Duarte, G. S., Pereira, A. A. y Farah, A. (2010). Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. *Food Chemistry*, 118(3), 851-855. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.042>
- Fernandes, M. F. C., da Silva, A. B., Oliveira, N. M. S. y Miranda, J. M. (2014). The influence of peeling and type of drying on chemical and sensorial analysis of organic coffee. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(2), 230-234. doi: <https://dx.doi.org/10.1590/fst.2014.0036>
- Garo, G., Shara, S. y Mare, Y. (2016). Assessment of harvest and post-harvest factors affecting quality of Arabica coffee in Gamo Gofa Zone, Southern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 11(24), 2157-2165. doi: [10.5897/AJAR2015.10449](https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10449)
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2016). Coffee waste water treatment. Recuperado de Sustainable Agriculture Initiative Platform: http://www.saipatform.org/uploads/Library/6Coffee_Waste_Water_treatmentV4.pdf/Consultada_11.noviembre.2016
- González-Ríos, O., Suárez-Quiroz, M. L., Boulanger, R., Barel, M., Guyot, B., Guiraud, J. -P., et al. (2007). Impact of "ecological" post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 289-296.
- Hamdouche, J. C., Meile, J.C., Nganou, D.N., Durand, N., Teyssier, C. y Montet, D. (2016). Discrimination of post-harvest coffee processing methods by microbial ecology analyses. *Food Control*, 65, 112-120. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.022>
- Husson, F., Lê, S and Cadoret, M. (2014). SensoMineR: Sensory data analysis with R. R package version 1.20. doi: <https://CRAN.R-project.org/package=SensoMineR>
- Istituto Nazionale Espresso Italiano (INEI) (2006). L'espresso italiano e il cappuccino Italiano certificati. Editore: Centro Studi Assaggiatori soc. coop. Brescia (Italy). Disponible en: http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf/Consultada_24_mayo.2017
- Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doubeau, S., Bertrand, B., de Kochko, A. y Dussert, S. (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green arabica coffee beans. *Food Chemistry*, 118, 693-701. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>
- Knopp, S., Bytof, G. y Selmar, D. (2006). Influence of processing on the content of sugars in green arabica coffee beans. *European Food Research Technology*, 223, 195. doi: [10.1007/s00217-005-0172-1](https://doi.org/10.1007/s00217-005-0172-1)
- Koskei, K. R., Patrick, M. y Simon, M. (2015). Effects of coffee processing technologies on physico-chemical properties and sensory qualities of coffee. *African Journal of Food Science*, 9(4), 230-236. doi: [10.5897/AJFS2014.1221](https://doi.org/10.5897/AJFS2014.1221)
- Lê, S., Josse, J. y Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. doi: [10.18637/jss.v025.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01)
- Lê, S. y Worch, T. (2015). *Analyzing sensory data with R*. CRC Press. Boca Raton, FL. USA.
- Lee, L.W.; Cheong, M.W.; Curran, P.; Yu, B. y Liu, S. Q. (2015). Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*, 185, 182-191. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>
- Leloup, V., Gancel, C., Liardon, A., Rytz, A. y Phiton, A. (2004) Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. En: *ASIC proceedings of 20th International Conference in Coffee Science* [CD-ROM]. Bangalore: ASIC.
- Lenoir, J. (2008). *Le nez du café*. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica: Ed. Jean Lenoir.
- R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>
- Ribeiro, L.S.; Ribeiro, D. E.; Evangelista, S.R.; da Cruz P. M., Marques P., Meira B. y Freitas S. (2017). Controlled fermentation of semi-dry coffee () using starter cultures: A sensory perspective. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 32-38. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.008>
- Specialty Coffee Association of America (SCAA). (2015). SCAA protocols-Cupping specialty coffee. Recuperado de SCAA Protocols: https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf/Consultada_22.marzo.2017

- Selmar, D., Bytof, G., Knopp, S.E., Bradbury, A., Wilkens, J. y Becker, R. (2005). Biochemical insights into coffee processing: Quality and nature of green coffees are interconnected with an active seed metabolism. *En: "Proceedings of the 20ème Colloque Scientifique International sur le Café"*: ASIC, Paris.
- Silva, C.F. 2014. Microbial activity during coffee fermentation. In R.F. Swan, & G.E. Fleet (Eds.), *Cocoa and Coffee Fermentation* (pp. 633). Boca Raton, FL: CRC Taylor & Francis.
- Subedi, R. N. (2011). Comparative analysis of dry and wet processing of coffee with respect to quality and cost in Kavre district, Nepal: a case of Panchkhal village. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 2, 181-193.
- Tarzia, A., Dos Santos S., M. B. y De Oliveira P., C. L. (2010), Influence of the postharvest processing method on polysaccharides and coffee beverages. *International Journal of Food Science & Technology*, 45, 2167–2175. doi: [10.1111/j.1365-2621.2010.02388.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02388.x)





8. CONCLUSIONES

Como consecuencia de los objetivos propuestos y del trabajo experimental realizado, así como del análisis de los resultados obtenidos, se establecen las siguientes conclusiones como las más relevantes:

1. Se propone un procedimiento sensorial, mediante la utilización de paneles de catadores entrenados, que permite integrar variables cuantitativas y cualitativas, de gran importancia para definir el bouquet de la bebida de café.
2. En el estudio de la eficacia se ha obtenido que el panel de catadores entrenado para la evaluación sensorial de la bebida de café tiene buen nivel de discriminación, presenta buen consenso y es repetible y reproducible.
3. El Análisis Factorial Múltiple facilita el análisis de los atributos cualitativos debido a la reducción y ubicación en dos dimensiones.
4. Se comprueba que el origen del café es un factor determinante sobre las características sensoriales de la bebida. Así, los cafés de Guatemala son más intensos en acidez y dulzor diferenciándose las tres regiones analizadas por su bouquet. El café de Colombia es más intenso en regusto, amargor, salado y en textura predominando las notas aromáticas a chocolate amargo y nueces. El café de Etiopía es intenso en regusto, dulzor y amargor y de mediana textura predominando las notas aromáticas a caramelo y especias.
5. Las características físicas de los granos de café “Pluma” evaluados cumplen con los estándares de los mercados de especialidad, encontrándose que estas características están condicionadas por la temperatura a la que se cultiva el café en las fincas.
6. En cuanto a las características sensoriales, las muestras de café “Pluma” de las fincas con temperaturas más bajas (<21°C) tienen una mayor complejidad aromática, asociada a la presencia de notas que pertenecen a los grupos florales y afrutados; y estos últimos son muy valorados en el mercado de cafés especiales. Estos resultados proporcionan conocimiento para apoyar el vínculo entre las características sensoriales de la bebida y el origen del grano, que es importante para lograr la protección legal del café "Pluma" producido en la región de Pluma Hidalgo.
7. Se establecen 4 terroirs para el cultivo del café en la región centro de Veracruz definidos principalmente por la temperatura y la humedad relativa presente en el periodo crítico de desarrollo del fruto y, en menor medida, por características del suelo en la que sobresale el pH.
8. Las características sensoriales de la bebida de café se ven afectadas por los terroirs presentes en la región. Así, los terroirs “cálidos y secos” (4) y los “terroir semicálidos secos” (3), refuerzan el perfil aromático de la bebida con las notas a chocolate amargo (perfil 1), que se caracteriza además por olor a café tostado; flavor a café tostado, cedro y tabaco de pipa; así como regusto a tabaco de pipa y café tostado, sabor amargo y salado. Los terroirs “fríos y húmedos” (1), disminuyen las características medias incrementando la complejidad

aromática de la bebida y de notas florales principalmente a flor de café y miel en el bouquet (perfil 4), el sabor ácido y dulce y favoreciendo una textura aterciopelada. El terroir “templado frío” (2), que es el predominante en la región, mantiene características medias de la bebida (perfil 3) y le proporciona notas a té de rosas y tostado y valores intermedios de sabores básicos. Por último, el perfil sensorial 2 se encuentra muy cercano al grupo varietal de resistencia a la roya con independencia del ambiente.

9. Los procesos poscosecha del café modifican las características sensoriales de la bebida y se pueden clasificar de acuerdo con la permanencia o no del exocarpio y mesocarpio del fruto.
10. Se propone el proceso poscosecha del café “despulpado” como alternativo al método de “beneficiado húmedo” tradicional (“lavado”) ya que la bebida presenta características sensoriales similares al café “lavado” pero con menor impacto ambiental.



9. ANEXOS





9.1. ARTÍCULOS ENVIADOS A REVISTAS JCR





De: Journal of Sensory Studies
A: [ROMERO RODRIGUEZ MARIA ANGELES](#)
Cc: [MUÑOZ FERREIRO MARIA DE LAS NIEVES; gerpase@yahoo.com.mx; VAZQUEZ ODERIZ MARIA LOURDES; eperezpor8@gmail.com; ROMERO RODRIGUEZ MARIA ANGELES](#)
Asunto: Journal of Sensory Studies - Manuscript ID JOSS-OA-18-0048 [email ref: SE-6-a]
Fecha: jueves, 22 de marzo de 2018 19:02:01

22-Mar-2018

Dear Dr. Romero-Rodríguez:

Your manuscript entitled "SENSORY CHARACTERIZATION OF COFFEES FROM DIFFERENT ORIGINS" by MUñoz-Ferreiro, Nieves; Partida-Sedas, Gervasio; Vázquez-Odériz, Lourdes; Pérez-Portilla, Emiliano; Romero-Rodríguez, M^a Angeles, has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Journal of Sensory Studies.

Co-authors: Please contact the Editorial Office as soon as possible if you disagree with being listed as a co-author for this manuscript.

Your manuscript ID is JOSS-OA-18-0048.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at <https://mc.manuscriptcentral.com/joss> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/joss>.

Thank you for submitting your manuscript to Journal of Sensory Studies.

Sincerely,
Journal of Sensory Studies Editorial Office

1 **SENSORY CHARACTERIZATION OF COFFEES FROM DIFFERENT ORIGINS**

2

3 **José Gervasio Partida-Sedas^{1,2}, M^a Nieves Muñoz Ferreiro, M^a Lourdes Vázquez-**
4 **Odériz², M^a Ángeles Romero-Rodríguez^{2*} and Emiliano Pérez-Portilla¹**

5

6 ¹ *Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, México.*

7 ² *Áreas de Nutrición y Bromatología y de Tecnología de Alimentos. Departamento de*

8 *Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Universidad de Santiago de Compostela.*

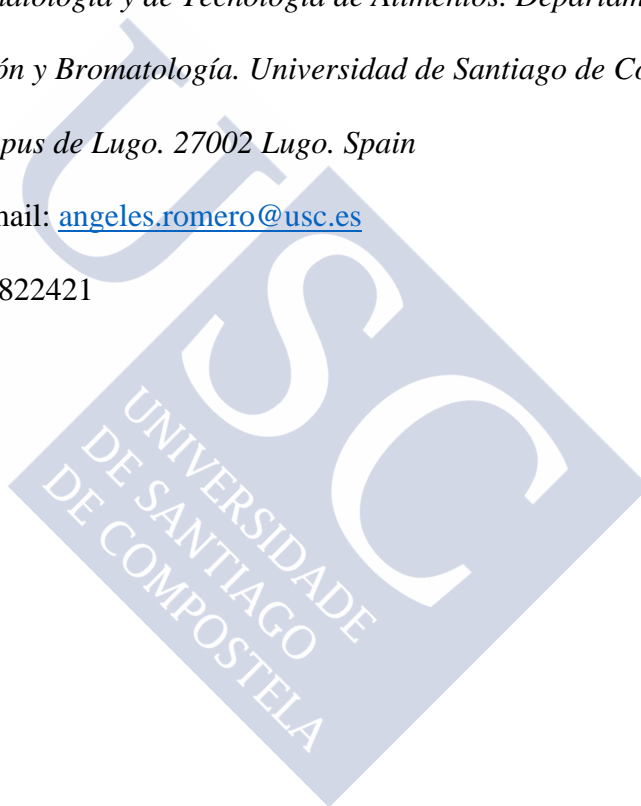
9 *Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. 27002 Lugo. Spain*

10 *Corresponding author E-mail: angeles.romero@usc.es

11 Telephone number +34982822421

12

13



14 **ABSTRACT**

15 The geographical origin of coffee is a differentiating element in the markets. Sensorial
16 evaluation, carried out by a panel of trained tasters, accords objectivity to differentiate,
17 identify and recognize coffees of different geographic origins. In this study, a quantitative
18 descriptive analysis using a panel of trained tasters was used to characterize and to typify the
19 coffee beverage from different geographical origins (Guatemala, Colombia and Ethiopia).
20 The results show that sensorial analysis is a valid and objective tool to establish differences
21 between coffees. After performing a multiple factorial analysis, and integrating the results of
22 the qualitative and quantitative variables, it was demonstrated that odor, flavor, and aftertaste
23 are fundamental attributes to differentiate the origins and to characterize the typicality of
24 each coffee. Guatemalan coffees are more intense in acidity and sweetness and can be
25 distinguished by their bouquet; Atitlán is caramelly, Cobán is fruity-spicy and San Marcos is
26 flowery-spicy. Colombian coffee is more intense in taste, bitterness, saltiness and texture;
27 and has a chocolaty and nutty bouquet. Ethiopian coffee has a greater intensity in aftertaste,
28 sweetness and bitterness; and a caramelly-spicy bouquet.

29 **KEYWORDS:** descriptive analysis, geographical origin, aromatic profile, multiple factor
30 analysis

31

32

33 1. INTRODUCTION

34 Using origin as a differentiating element of coffee, (and food in general), is a strategy being
35 used more and more in highly competitive markets (SCAA, 2006; Neilson, 2007; Teuber,
36 2010, Bowen, 2010; Kireeva & O'Connor, 2010; Teuber & Herrmann, 2012; Wilson,
37 Conley, Harris & Lephone, 2012; Oberthür et al, 2011; Galtier, Belletti & Marescotti, 2013;
38 Marie-Vivien, García, Kushalappa & Vaast, 2014). Protected Geographical Indications and
39 Denominations of Origin allow us to identify a food (INAO, 2015). The first coffee protected
40 with a Denomination of Origin was the one produced in the State of Veracruz in Mexico
41 (Teuber, 2010). In the world coffee market, it is important to use the registered or certified
42 mark that identifies the coffee producing country (Colombia, Jamaica, Guatemala, ...). The
43 identification of origin, together with the appropriate commercialization strategies, would
44 allow coffees to be recognized by the consumer and their consumption to increase.
45 Guatemala is a pioneer in organizing the production of coffee in homogeneous regions, based
46 on the characteristics of climate and of the beverage itself (GNCA, 2012, Fisher & Victor,
47 2014). Thus, in this country there are eight certified coffee brands according to each region
48 (San Marcos, Huehuetenango, Atitlán, Acatenango, Antigua, Fraijanes, Cobán and Oriente).
49 To differentiate the coffees based on their origin, it is necessary to perform an objective
50 organoleptic characterization and to make the environmental, productive and social studies
51 that link it to the production area. In the coffee market, the description of the beverage is
52 inaccurate and emphasizes the use and abuse of adjectives loaded with subjectivity
53 ("delicious", "bright", "complete", "fine", "pleasant", "delicate", "good", ...), as demonstrated
54 by the descriptions made by the GNCA (2012) for coffee in Guatemala. The use of panels of
55 trained tasters allows us to identify the sensory characteristics of coffee using clear and
56 objective terms. Sensory analysis is an analytical technique recognized by Luykx & van Ruth

57 (2008) and Cadot, Caille, Samson, Barbeau, & Cheynier (2010) as a method to characterize
58 and differentiate the geographic origin of food with the same validity as some instrumental
59 techniques such as mass spectrometry, spectroscopy and chromatography. Some of them
60 have been applied to coffee in Guatemala, Ethiopia and Colombia (Michisita, Akiyama,
61 Hirano, Ikeda, Sagara, & Araki, 2010; Santato, Bertoldi, Perini, Camin, & Larcher, 2012;
62 Yener et al, 2014 and Bressanello et al., 2017). Therefore, the objective of this study is to
63 apply an objective, descriptive, and quantitative sensory analysis methodology to the
64 characterization of coffee from three regions of Guatemala and to compare them with coffees
65 from Ethiopia and Colombia.

66

67 **2. MATERIALS AND METHODS**

68 **2.1. Sensory Evaluation Panel**

69 The Sensory Evaluation Panel (three women and seven men aged 19-44) was selected and
70 trained according to the procedure established by Meilgaard, Civille & Carr (1999) and to
71 the ISO 8586 standard (2012). Coffees of different origins, varieties and post-harvest
72 treatments were used for training which lasted 80 hours.

73 **2.2. Samples**

74 Five types of coffee of different geographical origins were evaluated. From Guatemala,
75 samples of 3 coffee producing regions (Atitlán, Cobán and San Marcos) were selected.
76 Atitlán is located in the center of the country and is influenced by the lake of the same name.
77 San Marcos is in the west of the country and is a region influenced by the Pacific Ocean; it
78 has the warmest climate and the strongest and most intense rainy season in all the regions of
79 Guatemala. Cobán is located in the eastern part of the country and has a cloudy, rainy and
80 cold climate which is influenced by its exposure to the Atlantic Ocean (GNCA, 2012). As

81 for the parental material of the soils, Atilán and San Marcos have volcanic ash soils and
82 Cobán has sedimentary limestone soil (MAGAG, 2011). In addition, a sample of Colombia
83 and Ethiopia coffees were selected to test the effect of geographical origin. The 0.454 kg
84 samples of unground, medium-roast coffee were packed in aluminum bags.

85 **2.3. Preparation of the beverage**

86 The procedure for the preparation of the coffee beverage was based on the technical
87 parameters issued by the INEI (2006). For this purpose, the coffee beans in each sample were
88 ground in a mill (Mahlkoning model K30ES), then 7.0 ± 0.5 g of coffee were placed in the
89 filter holder for the extraction of the infusion in the espresso machine ("La Cimbali "model
90 M22 Premium), with water at 88 ± 2 °C and a pressure of 9 ± 1 bar for 25 ± 5 seconds. An
91 espresso (25 ± 2.5 mL) was obtained. The "American" type coffee for sensory evaluation
92 was prepared with approximately 200 mL of coffee extract (8 espressos) and hot water up to
93 1000 mL. The obtained dilution was kept in a thermos (BUNN model Airpot) at 55°C until
94 sensory evaluation began.

95 **2.4. Sensory evaluation**

96 The beverage was served in cups and evaluated in at least two sessions by each of the 10
97 judges. Samples were presented to the panel in a coded and randomized manner, using a
98 complete block design. The quantitative attributes (odor, flavor, aftertaste, texture, acidity,
99 sweetness, bitterness, and salty) were measured by the judges using unstructured 10 cm
100 scales. The qualitative attributes of the aromatic profile (bouquet): odor, flavor, and aftertaste
101 of the beverage were described by the panel. For the description of the aromatic profile, the
102 Le Nez du Café essences (Lenoir, 2008) were used as reference. To describe the four types
103 of texture (soft, astringent, rough or a combination of them) four commercial coffees were

104 used as reference. The definitions for each attribute were made according to the standard ISO
105 5492 (2008), adapted to the coffee beverage and are described as follows:

106 Bouquet. Set of olfactory notes specific to the coffee beverage that are presented in three
107 moments: first, when serving a cup of coffee called odor; second, when tasting the brewed
108 coffee called flavor; and third, after three minutes of having consumed the beverage called
109 aftertaste.

110 Odor. Perceived sensation, by means of the olfactory organ, of the volatile substances that
111 emanate from the infusion of the coffee immediately after being served.

112 Flavor. Complex combination of the olfactory, taste, and trigeminal sensations perceived
113 during the buccal perception of the beverage immediately after taking a sip of coffee.

114 Aftertaste. Oral and retro-nasal perception of the intensity of the beverage three minutes after
115 having taken at least three sips of coffee.

116 Acidity. Basic taste produced by the organic acids present in the beverage perceived in the
117 mouth, but mainly in the posterior borders of the tongue.

118 Sweetness. Basic flavor produced by the sugar present in the beverage perceived in the
119 mouth, but mainly on the initial tip of the tongue

120 Bitterness. Basic taste produced by various substances (including quinine and caffeine)
121 present in the beverage perceived in the mouth, but mainly in the central posterior part of the
122 tongue.

123 Salty. Basic taste produced by substances such as potassium or sodium chloride present in
124 the beverage perceived in the mouth, mainly on the front of the tongue.

125 Texture. All mechanical, geometric, body, and surface attributes of the beverage perceived
126 in the mouth by means of related kinesthetic and somatic receptors, emphasizing the degree
127 of softness, astringency, roughness or a combination of them.

128 **2.5. Analysis of data**

129 To evaluate the effectiveness of the panel, the data obtained by the panel in the sensory
130 evaluation of coffee were analyzed by a 3-factor ANOVA (origin, judge and session) with
131 interactions (Lea, Næs & Rødbotten, 1997 and Duran, Hoppenreys & Kermarrec., 2009). A
132 1-factor ANOVA (origin) with comparisons of medians by the Tukey test was performed to
133 know the effect of the origin on each sensory attribute. To observe the clustering and the
134 representation of the distances between the coffees from different origins and between the
135 variables, the panellipse function of SensoMineR of R was used. This function generates a
136 virtual panel from the original data using simulations according to the procedure
137 recommended by Lê & Worch (2015). From the simulation, a Principal Component Analysis
138 (PCA) was carried out. The qualitatively assessed attributes were analyzed using frequency
139 tables, comparison of descriptor ratios and multivariate correspondence analysis to explore
140 the relationship of the aromatic descriptors observed from the different origins of coffee.
141 Finally, a multiple factorial analysis was carried out with all the qualitative and quantitative
142 variables to observe the multifactorial differentiation of the origins. The data were analyzed
143 using the following software: SensoMineR (Husson, Lê & Cadoret, 2014) of R (R
144 Development Core Team, 2017), Statistica 6.1 (Stat Soft Inc, 2003) and XLSTAT
145 (Addinsoft, 2016).

146 **3. RESULTS**

147 **3.1. Efficacy of the panel**

148 The results of the 3-factor analysis of variance: origin, judge, and session, with their
149 interactions origin-session, sample-judge, and judge-session are shown in Table 1. The
150 results of the ANOVA show few significant interactions; this result indicates reliability in

151 the assessments of the panel, according to what Lea et al. (1997), Duran et al. (2009), and Lê
152 & Worch (2015) have established.

153 **3.2. Sensorial characteristics of samples of coffee from different origins**

154 *3.2.1. Quantitative Attributes*

155 Table 2 shows the average values of each of the quantitative attributes evaluated by the panel
156 of tasters for each sample of coffee and the results from the 1-factor ANOVA (origin) using
157 the Tukey test as a means comparison test. As shown in Table 2, significant differences for
158 the intensities of odor and flavor attributes as a function of origin were not found. The
159 samples from Guatemala differ statistically from those from Ethiopia and Colombia in the
160 intensity of acidity and bitterness. Thus, the coffee in Guatemala has a higher acidity and less
161 bitterness. These coffees also have a lower intensity of aftertaste even when the differences
162 are not statistically significant. Colombian coffee differs statistically from the others because
163 it has a higher intensity for flavor and the salty attribute but a lower one for sweetness. In
164 addition, it is the coffee that presents a greater intensity for flavor, bitterness and texture.

165 The differences and similarities between coffee samples are perfectly represented when
166 performing a Principal Component Analysis (PCA) (Figures 1 and 2). In the first two main
167 components, which explain 91.4% of the variability, the position of the sensorial attributes
168 is observed. The first dimension, which explains 74.8% of the variability, includes all
169 attributes except odor. In the correlations, it is clearly observed that sweetness is opposed to
170 salty, whereas acidity is opposed to bitterness and texture. The second dimension mainly
171 reflects odor, but explains only 16.6% of the variability.

172 In Figure 2, the mean points for the coffees of each origin and their confidence ellipses are
173 shown in the two-dimensional plane. The greatest differentiation is presented in dimension
174 1, where it is observed that the samples from Colombia and Ethiopia are on the positive side

175 of the axis and oppose those from Guatemala, located on the negative side of the axis. The
176 Colombian coffee is perceived as different from those from Guatemala, due to its greater
177 intensity of texture, bitterness and saltiness. In relation to the regions of Guatemala, the coffee
178 from Cobán is sweeter and more acidic than those from Atitlán and San Marcos. In dimension
179 2, the samples from Ethiopia and San Marcos contrast with those from Atitlán, Cobán and
180 Colombia with regard to odor. This is due to slightly higher intensities, even though this
181 dimension only accounts for 16.6% of the variability.

182 3.2.2. *Qualitative Attributes*

183 The aromatic descriptors were analyzed according to the frequencies observed in the odor,
184 flavor, and aftertaste of the coffee beverage from the five origins. The multivariate
185 correspondence analysis, carried out on the qualitative variables, indicates the existence of
186 differences in coffee origin (Figure 3). Regarding the odor, in dimension 1 two groups are
187 distinguished with greater clarity, which explains 82.7% of the inertia. A group is formed by
188 the Colombian coffees, which is characterized by aromatic notes of nuts and pyrolysis absent
189 from the rest of the Guatemalan and Ethiopian coffees that make up the other group. In
190 dimension 2 (11.64% of inertia), the Atitlán and Ethiopian coffees are associated with
191 predominantly caramelly and chocolaty aromatic notes, separated from the Cobán and San
192 Marcos coffees that are associated with spicy and flowery aromatic notes.

193 Three groups are formed in the appreciation of flavor. In dimension 1 (71.81% of inertia),
194 Colombian coffee is clearly different from the rest by the presence of chocolaty ($p=002$),
195 pyrolytic and nutty aromatic notes. In dimension 2 (23.84% of inertia), Ethiopian coffee is
196 distinguished by its relation with spicy ($p=0006$) and fruity aromatic notes, just as Cobán
197 coffee is. The coffees from San Marcos and Atitlán are more associated with flowery and
198 caramelly aromatic notes, respectively.

199 As per beverage aftertaste, Colombian coffee is again different in dimension 1 (59.5% of
200 inertia), due to its higher frequency of nutty ($p=0.0002$), chocolaty and pyrolytic notes.
201 Ethiopian coffee is in an intermediate position, between those from Colombia and
202 Guatemala, which tend to present chocolaty, caramelly, and spicy notes. Of the Guatemalan
203 coffees, the coffee from Cobán is associated with fruity and flowery notes in dimension 2
204 (23.9% of inertia), whereas that from Atitlán is associated with caramelly ($p=0.01$) and fruity
205 notes, and the San Marcos coffee with spicy notes ($p=0.00004$). In addition, the multivariate
206 analysis of correspondences performed on the qualitative variables included in the texture
207 also indicates the existence of disparity between coffees from different origins. Thus, it is
208 observed that Colombian coffee is associated with astringency and sharpness ($p<0.05$)
209 descriptors. The rest have a predominantly soft texture while the coffee from San Marcos
210 ($p=0.03$) stands out from this latter group.

211 **4. DISCUSSION**

212 **4.1. Integration of the descriptive and quantitative attributes of the sensory evaluation**

213 Multiple Factor Analysis (MFA) allows for the integration of the quantitative and qualitative
214 variables obtained in sensory evaluation. Figure 4 shows the coordinates of the partial clouds
215 in the two factors that explain the greatest variability (82.62%). The variables with the highest
216 correlation for the factor 1 (67.3%) axis are: sweetness ($r = 0.977$) and acidity ($r = 0.953$) on
217 the positive side; and flavor ($r = -0.974$), aftertaste ($r = -0.94$), odor ($r = -0.942$), texture ($r =$
218 -0.93), bitterness ($r=-0.918$), and salty ($r=-0.918$) on the negative side. Factor 2 (15.32%) has
219 a higher correlation with flavor ($r = 0.775$) on the positive side, and with odor ($r = -0.905$)
220 and aftertaste ($r = -0.712$) on the negative side of the axis.

221 To ascertain the importance of the qualitative and quantitative variables assessed by the panel
222 in order to differentiate the origins, the coefficient L_g was obtained. It measures the

223 relationship of each variable to the group of valued variables (Lê & Worch, 2015). Within
224 the group of qualitative variables, the values found from highest to lowest were: 2.75 (flavor),
225 2.51 (aftertaste), 2.04 (odor) and 1.89 (texture). While the variables appreciated in a
226 quantitative way had values of 1.71 (texture), 1.48 (flavor), 1.28 (odor) and 1.19 (aftertaste).
227 In addition, the attributes for intensity of basic taste had the lowest values: salty, sweetness,
228 bitterness and acidity (1.03, 1.02, 1.02 and 1.01, respectively). Hence, the qualitative
229 variables that integrate the aromatic descriptive notes (odor, flavor and aftertaste) and the
230 texture, also allow us to establish differences between origins even when they are similar in
231 intensities. Therefore, the use of aromatic descriptors is relevant for the differentiation of
232 origins. This agrees with Masi, Dinnella, Barnabà, Navarini & Monteleone (2013) who
233 indicate that the origin of coffee can affect the development of the volatile compounds
234 responsible for different aromas and flavors.

235 In figure 4, in the representation of partial clouds, the Guatemalan coffees are grouped on the
236 positive side of factor 1. However, Cobán coffee is further away from that from Atitlán and
237 San Marcos, and they all differ from the Ethiopian and Colombian coffees. In factor 2, the
238 Atitlán and San Marcos coffees differ. This differentiation of origin-based coffee
239 (Guatemala, Ethiopia and Colombia) was similar to that obtained by Michisita et al. (2010)
240 when applying a Principal Component Analysis on data obtained by instrumental methods
241 (RAS-GC / O). Similar differences were obtained by Santato et al. (2012) using canonical
242 discriminant analysis of trace isotopes, and by Yener et al. (2014) with principal component
243 analysis that was confirmed with a discriminant least squares regression (PLS-DA)
244 discriminant analysis using data obtained from a proton transfer reaction mass spectrometer
245 (PTR-ToF-MS). Bressanello et al. (2017) contrasted the results obtained by sensory

246 evaluation and instrumental analysis to evaluate origins, and concluded that there is
247 agreement in the results obtained by the two procedures.

248 Therefore, the objectivity provided by panels of trained tasters contributes consistently to
249 defining the typicality of the coffee beverage that comes from each of the geographical origins
250 with results comparable to those obtained by complex methods combining instrumental
251 analyses.

252 Based on the results, it has been confirmed that the three coffees in Guatemala showed more
253 intensity for acidity and sweetness, and less intensity for bitterness, saltiness, and texture than
254 the rest. Guatemalan coffees are associated with fruity, flowery, spicy, and caramelly notes
255 in the bouquet, and have a soft texture. Colombian coffee is associated with pyrolytic and
256 nutty notes in the bouquet with an aftertaste and intense bitterness, low intensity in acidity
257 and sweetness, and an intense rough-astringent texture. Ethiopian coffee is associated more
258 with spicy and fruity aromatic notes, but it also has chocolaty and caramelly notes in the
259 bouquet, with an intense aftertaste and bitterness, a low intensity of acidity but a high
260 intensity in sweetness, and a soft-rough texture of medium intensity.

261 **4.2. Comparison between Guatemala coffees**

262 The organoleptic characteristics of the coffee from the three zones of Guatemala defined by
263 the sensory evaluation panel and by the GNCA (2012) are compared.

264 **Atitlán Coffee**

265 Thus, for the Atitlán coffee the panel describes it as "a beverage intense in aftertaste (p
266 <0.05), bitterness and texture; its odor is associated with caramelly and chocolaty notes, and
267 caramelly ones in the flavor and aftertaste ($p=0.01$); soft-astringent texture". The GNCA
268 describes it as: "delightfully aromatic with a bright citrus acidity and full body".

269 **Cobán Coffee**

270 The sensorial profile described by the panel is: "a beverage intense in sweetness and acidity,
271 its odor is associated with spicy notes, its flavor with fruity and spicy notes as well as low
272 frequency chocolaty one ($p=0.009$), and its aftertaste with fruity and flowery notes; soft
273 texture. " The GNCA defines it as: "distinct fresh fruit notes, fine, well-balanced body and
274 pleasant aroma".

275 San Marcos Coffee

276 The panel defines it as: "beverage intense in odor, flavor and aftertaste ($p < 0.05$), its odor
277 and flavor present flowery group notes and its aftertaste has spicy ($p=0.00004$) notes; soft
278 texture ($p = 0.03$) "; while the GNCA as: "delicate floral notes present in aroma and taste,
279 pronounced acidity, and good body".

280 The difference between an objective description (obtained by the panel of trained tasters) and
281 the more generic ones made by the GNCA with an abundance of subjective terms is evident.

282 In addition, the use of a trained panel allows us to measure the intensity of the attributes, as
283 well as to fully describe the aromatic profile of the beverage regarding its odor, flavor, and
284 aftertaste components in a qualitative way, referring to the standard of aromatic notes as set
285 out by Le Nez du Café (Lenoir, 2008). Characterizing the beverage in this way allows us to
286 provide unambiguous and objective information for the consumer who desires to buy
287 outstanding coffee.

288 The sensorial profile of Cobán coffee stands out, which may be due to the different parental
289 origin of the soil (limestone) and the climate as influenced by the Atlantic Ocean. While the
290 Atitlán and San Marcos coffee profiles, where there are volcanic ash soils and the climate is
291 influenced by the Pacific Ocean, may owe their differences to other causes such as the rainfall
292 regime in San Marcos and the microclimate generated by Lake Atitlán.

293 **5. CONCLUSIONS**

294 A sensory evaluation which has been conducted in a rigorous manner and with a panel of
295 trained judges is an analytical methodology that allows us to differentiate and to typify
296 beverages from different geographic origins. It has been confirmed that the origin of the
297 coffee is a factor that conditions the sensorial characteristics of the beverage.

298 The Guatemalan coffees were more intense in acidity and sweetness and the three regions
299 were differentiated by their bouquet. The Atitlán profile had a predominantly caramelly
300 bouquet; fruity and spicy notes were predominant in the Cobán aromatic profile; and the San
301 Marcos bouquet had predominantly flowery and spicy notes. The Colombian coffee showed
302 more intensity for aftertaste, bitterness, the salty attribute and texture; while its bouquet had
303 predominantly chocolaty and nutty aromatic notes. The Ethiopian coffee was intense in
304 aftertaste, sweetness and bitterness, was of medium texture, and yielded predominately
305 caramelly and spicy aromas in its bouquet.

306 **6. REFERENCES**

307 Addinsoft (2016). XLSTAT Version 2016.04.33007. New York, USA.

308 Bowen, S. (2010). Development from within the potential for geographical indications in the
309 global south. *Journal of World Intellectual Property*, 13(2), 231–252.
310 doi:10.1111/j.1747-1796.2009.00361.x

311 Bressanello D., Liberto E., Cordero C., Rubiolo P., Pellegrino, G, Rousi, M. R. and Bicchi
312 C. (2017). Coffee aroma: Chemometric comparison of the chemical information
313 provided by three different samplings combined with GC-MS to describe the sensory
314 properties in cup. *Food Chemistry*, 214, 218-226.
315 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.088>

316 Cadot, Y., Caille, S., Samson, C., Barbeau, G. and Cheynier, V. (2010). Sensory dimension
317 of wine typicality related to a terroir by quantitative descriptive analysis, just about

318 right analysis and typicality assesment. *Analytica Chimica Acta*, 660,53-62. doi:
319 10.1016/j.aca.2009.10.006

320 Duran A., N.; Hoppenreys, M. and Kermarrec, C. (2009). Sensometrics: panel performance.
321 Sensometric studies. *SensoMineR* (ed. 2016). Available at:
322 <http://sensominer.free.fr/studies/>

323 Fisher, E.F. and Victor, B. (2014). Hig-end coffee and smallholding growers in Guatemala.
324 *Latin American Research Review*, 49(1), 155-177. Available at:
325 [https://lasa.international.pitt.edu/LARR/prot/fulltext/vol49no1/49-1_155-](https://lasa.international.pitt.edu/LARR/prot/fulltext/vol49no1/49-1_155-177_fischer-victor.pdf/)
326 [177_fischer-victor.pdf/](https://lasa.international.pitt.edu/LARR/prot/fulltext/vol49no1/49-1_155-177_fischer-victor.pdf/) Accessed 13 March 2017.

327 Galtier, F., Belletti, G. and Marescotti, A. (2013). Factors constraining building effective and
328 fair geographical indications for coffee: insights from Dominican case study.
329 *Development Policy Review*, 31, (5), 597-615. doi: 10.1111/dpr.12027

330 GNCA (Guatemalan National Coffee Association) (2012). *Guatemalan Coffees Green Book*.
331 Ed. Guatemalan National Coffee Association. Guatemala, C.A.

332 Husson, F, Lê, S and Cadoret, M. (2014). *SensoMineR: Sensory data analysis with R*. R
333 package version 1.20. <https://CRAN.R-project.org/package=SensoMineR>.

334 INAO (Institute National d Origen et Calidade). (2015). *Guise du demandeur d'une papel*
335 *latino d'orige (d'AOC/AOP)*. France. Available at:
336 <file:///C:/Users/Acer%20Aspire/Downloads/GuideAOPIGPAgro2015.pdf> /Accessed
337 [24 May 2016](file:///C:/Users/Acer%20Aspire/Downloads/GuideAOPIGPAgro2015.pdf).

338 INEI (Istituto Nazionale Espresso Italiano) (2006). *L'espresso iItaliano e il cappuccino*
339 *Italiano certificati*. Editore: Centro Studi Assaggiatori soc. coop. Brescia (Italy).
340 Available at: http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf/7
341 [Accessed 08 June 2016](http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf/7).

342 ISO 5492:2010 (2010) Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for
343 Standardization, Geneva, Switzerland

344 ISO 8586:2012 (2012). *Sensory analysis - General guidelines for the selection, training and*
345 *monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*. Organization for
346 Standardization, Geneva, Switzerland

347 Kireeva, I. and O'Connor, B. (2010). Geographical Indications and the TRIPS agreement:
348 what protection is provided to geographical indications in WTO members? *The*
349 *Journal of World Intellectual Property*, 13(2), 275–303. doi: 10.1111/j.1747-
350 1796.2009.00374.x

351 Lê, S. and Worch, T. (2015). *Analyzing sensory data with R*. CRC Pres. FA, USA.*

352 Lea, P., Næs, T. and Rødbotten, M. (1997). *Analysis of variance for sensory data*. Editorial
353 John Wiley & Sons. England.

354 Lenoir, J. (2008). *Le nez du café*. Ed. Jean Lenoir. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville,
355 Belgium.

356 Luykx, D. and van Ruth, S. (2008). An overview of analytical methods for determining the
357 geographical origin of food products. *Food Chemistry*, 107, 897-911.
358 doi:10.1016/j.foodchem.2007.09.038

359 Marie-Vivien, D., García, C.A., Kushalappa C.G. and Vaast P. (2014). Trademarks,
360 geographical indications and environmental labelling to promote biodiversity: the
361 case of agroforestry coffee India. *Development Policy Review*, 32, (4), 379-398.
362 <http://dx.doi.org/10.1111/dpr.12060>

363 Masi, C., Dinnella, C., Barnabà, M., Navarini, L. and Monteleone, E. (2013). Sensory
364 properties of under-roasted coffee beverages. *Journal of Food Science*, 78 (8),
365 S1290–S1300. doi: 10.1111/1750-3841.12211

366 MAGAG (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala). (2011).
367 *Diagnóstico de la región occidente de Guatemala*. Guatemala. Available at:
368 [http://web.maga.gob.gt/wp-](http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/planoc_2011.pdf)
369 [content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/planoc_2011.pdf](http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/planoc_2011.pdf)/Accessed 5 April
370 2017

371 Meilgaard, M., Civille, G. V. and Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques*. CRC
372 Press. Boca Raton, FL., USA.

373 Michisita, T., Akiyama, M., Hirano, Y., Ikeda, M., Sagara, Y. and Araki, T. (2010). Gas
374 chromatography/olfactometry and electronic nose of retronasal aroma of espresso and
375 correlation with sensory evaluation by artificial neural network. *Journal of Food*
376 *Science*, 75 (9), 477-489. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01828.x

377 Neilson, J. (2007). Institutions, the governance of quality and on-farm value retention for
378 Indonesian specialty coffee. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 28, 188–204.
379 doi: 10.1111/j.1467-9493.2007.00290.x

380 Oberthür, T., Läderach, P., Posada;H., Fisher; M. J., Samper, L. F., Illera, J., Collet, L.,
381 Moreno, E., Alarcón, R., Villegas, A., Usma, H., Perez, C. and Jarvis, A. (2011).
382 Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for
383 denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*, 36, 783–
384 794. doi:10.1016/j.foodpol.2011.07.005

385 R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing.
386 R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [http://www.R-](http://www.R-project.org)
387 [project.org](http://www.R-project.org).

388 Santato, A., Bertoldi, D., Perini, M., Camin, F. and Larcher, R. (2012). Using elemental
389 profiles and stable isotopes to trace the origin of green coffee beans on the global
390 market. *Journal of Mass Spectrometry*, 47, 1132-1140. doi: 10.1002/jms.3018

391 SCAA (Specialty Coffee American Association (2006). Geographic indications for the origin
392 of coffee. Long Beach, CA, USA. Available at:
393 [http://www.scaa.org/PDF/Statement%20on%20Geographical%20Indications%20for](http://www.scaa.org/PDF/Statement%20on%20Geographical%20Indications%20for%20the%20Origin%20of%20Coffee%20Aug%202006.pdf)
394 [%20the%20Origin%20of%20Coffee%20Aug%202006.pdf](http://www.scaa.org/PDF/Statement%20on%20Geographical%20Indications%20for%20the%20Origin%20of%20Coffee%20Aug%202006.pdf)/Accessed 25 June 2016.

395 Stat Soft Inc (2003). Statistica 6.1. Tulsa, OK, USA.

396 Teuber, R. (2010). Geographical indications of origin as a tool of product differentiation: the
397 case of coffee. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 22 (3), 277-
398 298. doi: 10.1080/08974431003641612

399 Teuber, R. and Herrmann, R. (2012). Towards a differentiated modeling of origin effects in
400 hedonic analysis: an application to auction prices of specialty coffee. *Food Policy*,
401 37, 732–740. doi: 10.1016/j.foodpol.2012.08.001

402 Wilson, B. R., Conley, J. F., Harris, T. M. and Lephone, F. (2012). New terrains of taste:
403 spatial analysis of price premiums for single origin coffees in Central America.
404 *Applied Geography*, 35, 499-507. doi:10.1016/j.apgeog.2012.10.004

405 Yener, S., Romano, A., Capellin, L., Märk, T.D., Sánchez del Pulgar, J., Gasperi, F.,
406 Navarini, L. and Biasioli, F. (2014). PTR-ToF-MS characterisation of roasted coffees
407 (*C. arabica*) from different geographic origins. *Journal of Mass Spectrometry*, 49,
408 929-935. doi:10.1002/jms.3455

409

410 **Table 1.** p- values for the different descriptors from the analysis of variance, with judge,
 411 origin and session as factors.

Attribute	Origin	Judge	Session	Origin-Judge	Origin-Session	Judge-Session
Bitterness	0.00000***	0.00789**	0.04808*	0.07304 ns	0.01287*	0.74088 ns
Acidity	0.00000***	0.09478 ns	0.25633 ns	0.35304 ns	0.59013 ns	0.83833 ns
Sweetness	0.00000***	0.00003***	0.03946*	0.00952**	0.04822*	0.23147 ns
Salty	0.00004***	0.00488**	0.16679 ns	0.19539 ns	0.82753 ns	0.88023 ns
Aftertaste	0.00020***	0.00002***	0.19294 ns	0.15492 ns	0.15632 ns	0.75325 ns
Texture	0.00023***	0.00005***	0.28640 ns	0.25418 ns	0.29579 ns	0.98082 ns
Flavor	0.13710 ns	0.00145**	0.42349 ns	0.27794 ns	0.10129 ns	0.19304 ns
Odor	0.22392 ns	0.00005***	0.06556 ns	0.18386 ns	0.48135 ns	0.01101*

412 ns = not significant, (*) significant (p<0,05), (**) significant (p<0,01), (***) significant (p<0,001)



413 **Table 2.** Mean evaluations of the coffee descriptors evaluated by the panel of tasters and 1-
 414 factor ANOVA (origin) results.

415

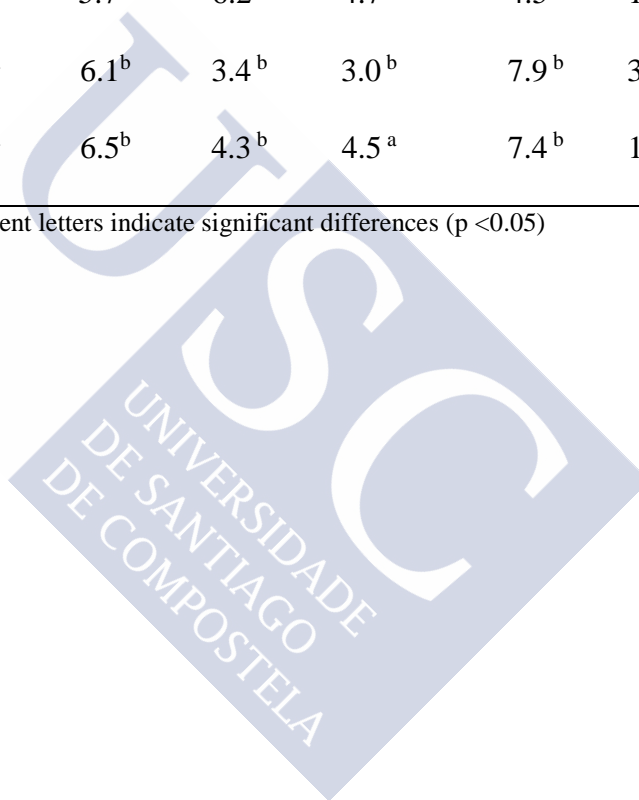
Origin	Odor	Flavor	Aftertast	Acidit	Sweetnes	Bitternes	Salty	Texture
Atitlán	6.1 ^a	6.4 ^a	5.4 ^{ab}	6.2 ^a	4.6 ^a	5.1 ^a	1.6 ^a	6.5 ^{ab}
Cobán	6.2 ^a	6.6 ^a	4.9 ^a	6.4 ^a	5.1 ^a	4.2 ^a	1.7 ^a	5.8 ^a
San	6.8 ^a	6.6 ^a	5.7 ^a	6.2 ^a	4.7 ^a	4.5 ^a	1.6 ^a	6.2 ^a
Colombia	6.4 ^a	7.1 ^a	6.1 ^b	3.4 ^b	3.0 ^b	7.9 ^b	3.0 ^b	7.1 ^b
Etiopia	6.7 ^a	6.9 ^a	6.5 ^b	4.3 ^b	4.5 ^a	7.4 ^b	1.7 ^a	6.7 ^{ab}

416 Different letters indicate significant differences (p <0.05)

417

418

419



LEGENDS FIGURE

1

2

3 **Figure 1.** Representation of the PCA performed on the evaluation of the sensorial attributes

4 **Figure 2.** Representation of PCA of samples of coffee from different origins, in which each

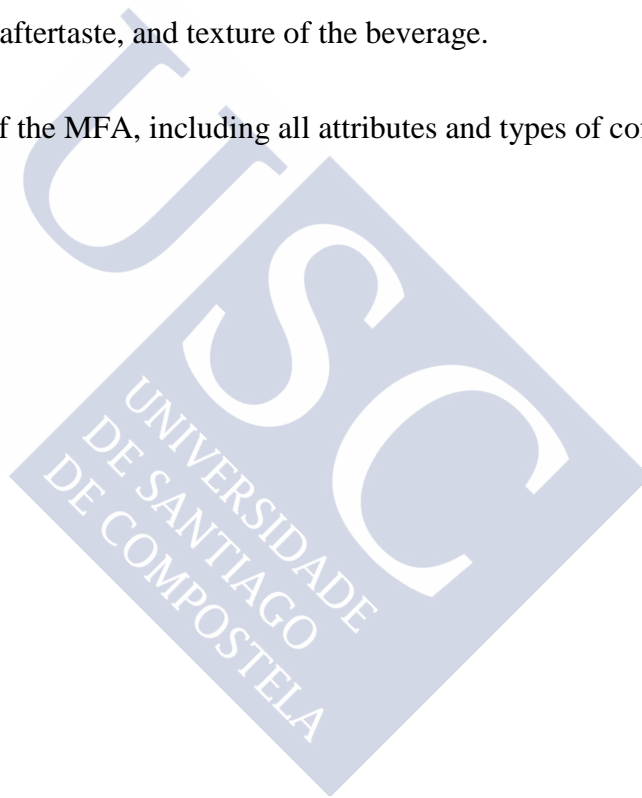
5 coffee is associated with an ellipse of confidence obtained from the sensorial evaluations.

6 **Figure 3.** Correspondence analysis between the origins of coffee and the aromatic groups

7 present in the odor, flavor, aftertaste, and texture of the beverage.

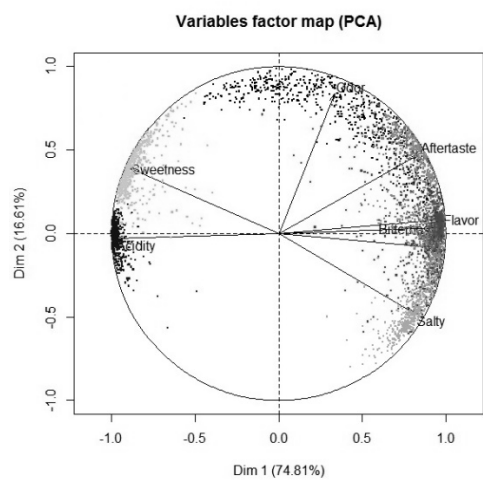
8 **Figure 4.** Representation of the MFA, including all attributes and types of coffee.

9



10

FIGURES

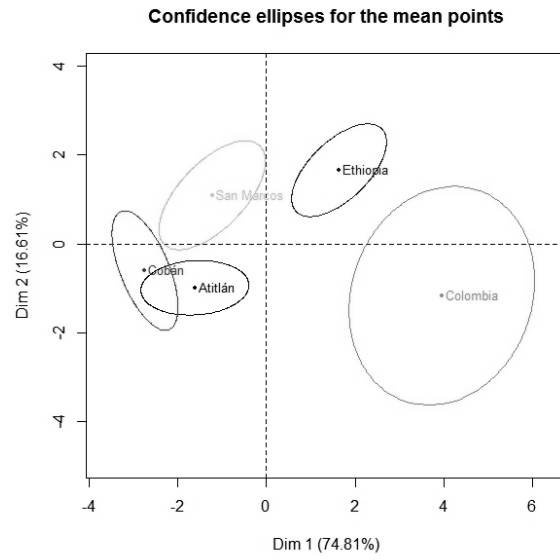


11

12 **Figure 1.**

13



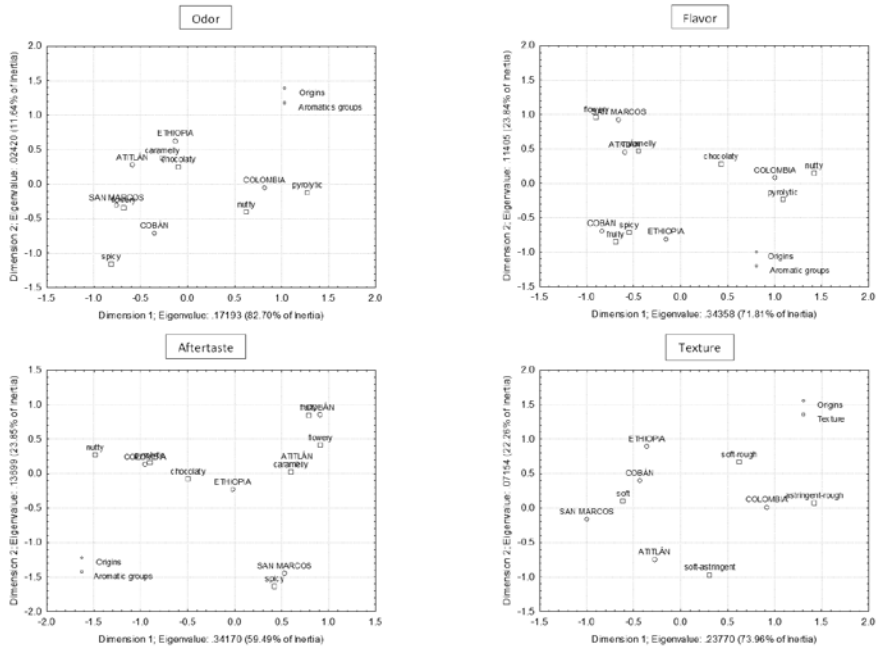


14

15 **Figure 2.**

16





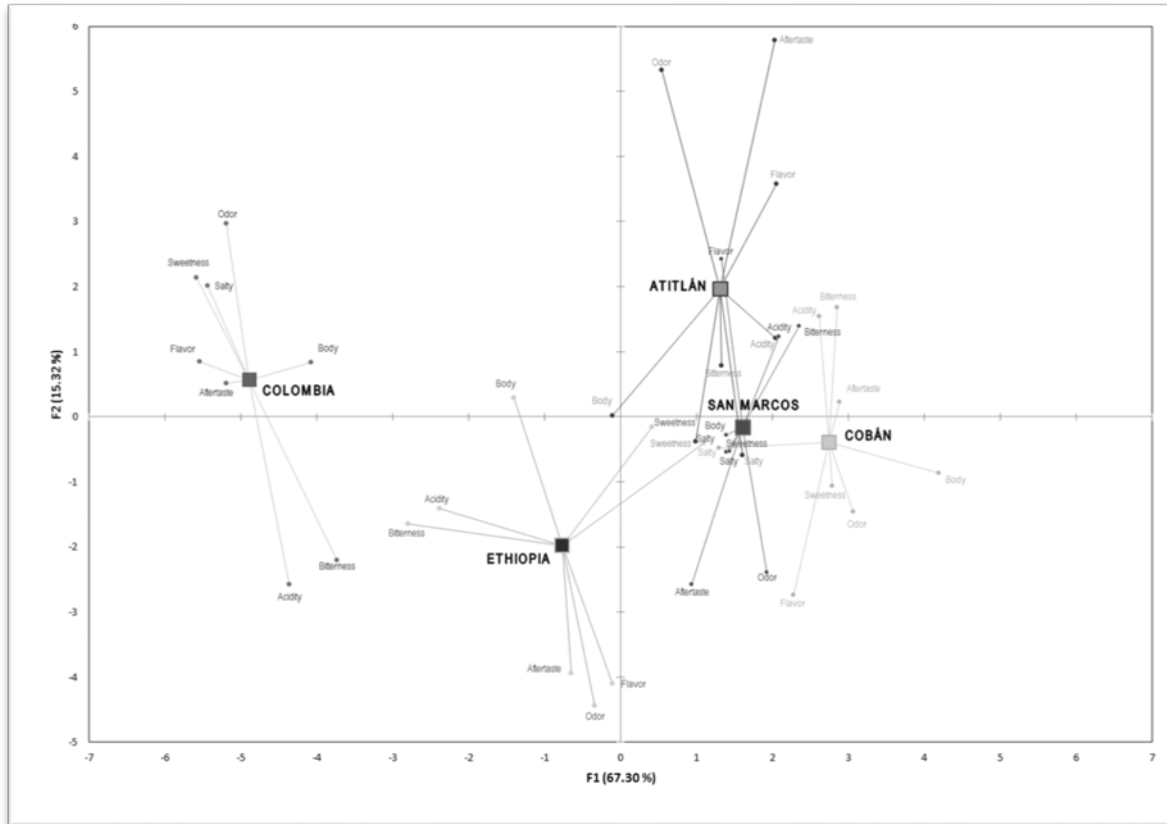
17

18

19 **Figure 3.**

20





21

22

23 **Figure 4.**



Manuscript Number: HORTI20774

Title: THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE CHARACTERISTICS OF OAXACA
"PLUMA" COFFEE: DENOMINATION OF ORIGIN AND SPECIALTY MARKETS

Article Type: Research Paper

Section/Category: Product quality (taste and health related
characteristics of vegetables)

Keywords: coffee; Denomination of Origin; sensory evaluation; aromatic
profile; temperature

Corresponding Author: Dr. M^a Angeles Romero Rodríguez,

Corresponding Author's Institution: University of Santiago de Compostela

First Author: Gervasio Partida-Sedas

Order of Authors: Gervasio Partida-Sedas; Emiliano Pérez-Portilla; M^a
Angeles Romero Rodríguez; M^a Lourdes Vázquez-Odériz

Abstract: Although "Pluma" coffee, grown in the Oaxaca coastal region, is
the Mexican coffee with the best international reputation, its
characteristics have yet to be adequately studied.
This study aims to characterize the physical attributes of "Pluma" beans
grown on different coffee farms, and the organoleptic characteristics of
"Pluma" brewed coffee to contextualize them for the specialty coffee
market.

Our results indicate that temperature significantly influences the
physical characteristics of beans and brewed coffee. Samples of cooler
temperatures zones (= 21°C) have a greater aromatic complexity, with the
presence of notes (flowery and fruity groups) that are highly valued in
specialty markets.

Moreover, our results demonstrate the link between the sensory
characteristics of the beverage and bean origin, which is important for
the legal protection of Oaxaca "Pluma" Coffee. Thus, coffee growers can
differentiate their product, and the management protocol for the
production and marketing of "Pluma" coffee can be established.

Suggested Reviewers: Ramona Teuber
University of Giessen
Ramona.teuber@agrar.uni-giessen.de

Philippe Vaast
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Costa
Rica
pvaast@catie.ac.cr

Meike Wollni
University of Goettingen
mwollnil@gwdg.de

Peter Läderach
International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia
p.laderach@cgiar.org

Delphine Marie Vivien
CIRAD France
delphine.marie-vivien@cirad.fr



December, 2017

Dear Dr. Editor,

Please find enclosed our article **“The influence of altitude on the characteristics of Oaxaca "Pluma" coffee: Denomination of Origin and specialty markets”** which we submit for publication in Scientia Horticulturae.

The aim of this study was to characterize the physical attributes of “Pluma” beans grown on different coffee farms, and the organoleptic characteristics of “Pluma” brewed coffee to contextualize them for the specialty coffee market.

Sincerely

Dra. M^a Angeles Romero-Rodríguez
Area de Tecnología de Alimentos
Facultad de Ciencias
Universidad de Santiago de Compostela
Campus de Lugo
27002 LUGO (Spain)
Phone: 34-982-252231 Ext. 22421/24069
Fax: 34-982-252195
e-mail: angeles.romero@usc.es

HIGHLIGHTS

- The physical characteristics of the coffee bean samples was analyzed.
- The sensory coffee evaluation was conducted by a panel of expert judges.
- The effectiveness of the panel of expert judges was tested.
- The altitude significantly influences the physical characteristics of beans and brewed coffee.
- Coffee growers can differentiate their product and marketing of “Pluma” coffee can be established.



1 **THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE CHARACTERISTICS OF**
2 **OAXACA "PLUMA" COFFEE: DENOMINATION OF ORIGIN AND SPECIALTY**
3 **MARKETS**

4 **José Gervasio Partida-Sedas^{1,2}, Emiliano Pérez-Portilla¹, M^a Lourdes Vázquez-**
5 **Odériz² and M^a Ángeles Romero-Rodríguez^{2*}**

6
7 ¹ *Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, México.*

8 ² *Áreas de Nutrición y Bromatología y de Tecnología de Alimentos. Departamento de*
9 *Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Universidad de Santiago de Compostela.*
10 *Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. 27002 Lugo. Spain*

11 *Corresponding author E-mail: angeles.romero@usc.es

12 Telephone number +34982822421

13

14 Running title: **Influence of temperature on the characteristics of Oaxaca "Pluma"**
15 **coffee**

16

17

18 **Abstract**

19 Although "Pluma" coffee, grown in the Oaxaca coastal region, is the Mexican coffee with
20 the best international reputation, its characteristics have yet to be adequately studied.

21 This study aims to characterize the physical attributes of "Pluma" beans grown on different
22 coffee farms, and the organoleptic characteristics of "Pluma" brewed coffee to
23 contextualize them for the specialty coffee market.

24 Our results indicate that temperature significantly influences the physical characteristics of
25 beans and brewed coffee. Samples of cooler temperatures zones ($\leq 21^{\circ}\text{C}$) have a greater
26 aromatic complexity, with the presence of notes (flowery and fruity groups) that are highly
27 valued in specialty markets.

28 Moreover, our results demonstrate the link between the sensory characteristics of the
29 beverage and bean origin, which is important for the legal protection of Oaxaca "Pluma"
30 Coffee. Thus, coffee growers can differentiate their product, and the management protocol
31 for the production and marketing of "Pluma" coffee can be established.

32 **Keywords:** coffee; Denomination of Origin; sensory evaluation; aromatic profile;
33 temperature

34

35 **1. Introduction**

36 In the global coffee supply network, smallholder coffee farmers are the most vulnerable
37 agents because they have difficulties in obtaining market information, accessing technology
38 and securing financing to seize opportunities in emerging markets. By and large, these
39 markets value the quality of production and are an alternative to the conventional market
40 which is dominated by large multinationals (Bacon, 2005; Eakin et al., 2006; Wollni and
41 Zeller, 2007; Kolk, 2012).

42 Currently, the increasing use of certain legal protection, such as Protected Geographical
43 Indications or Protected Denominations of Origin shows that the origin of a product is a
44 distinguishing attribute for this market (SCAA, 2006; Neilson, 2007; Teuber, 2010; Bowen,
45 2010; Kireeva and O'Connor, 2010; Oberthür et al., 2011; Teuber and Herrmann, 2012;
46 Wilson et al., 2012; Galtier et al, 2013; Marie-Vivien et al., 2014).

47 In Mexico, most coffee production is sold on the conventional market. To a lesser extent,
48 some producers and institutions have made an effort to differentiate coffee by origin, but
49 only a few studies dealing with this have been published to date (Berrocal et al., 2009;
50 Pérez and Pérez, 2011).

51 Along these lines, Pérez et al. (2005) showed that the quality of Mexican coffee can be
52 differentiated by region and that this quality is high enough to be able to compete in high-
53 end markets. One of the first efforts in this direction was made in the state of Veracruz,
54 which produces coffee with a Denomination of Origin to differentiate the coffee produced
55 in this state from that grown in the rest of the country (NOM-149-SCFI-2001; IMPI, 2000).

56 In the state of Oaxaca (México), the development of a Denomination of Origin to protect
57 the prestige of "Pluma" coffee is being promoted. This is one of the few Mexican coffees
58 recognized worldwide whose reputation has been documented for more than 90 years from

59 Ukers (1922) to Wintgens (2004). To implement legal protection with a Denomination of
60 Origin, coffee growers are required to comply with the requirements of the Mexican
61 Institute of Industrial Property. This involves presenting evidence of the link between the
62 environmental and cultural factors and the characteristics of the coffee grown in this region.
63 Once this has been accomplished, the term “Pluma” coffee’ can be protected from any
64 kind of misuse in the market (DOF, 2003).

65 Altitude is strongly correlated with temperature and, therefore, is one of the main factors
66 affecting coffee quality as evidenced by studies conducted by Pérez et al. (2005); Da Silva
67 et al. (2005); Bertrand et al. (2006); Joët et al. (2010), and Bertrand et al. (2012).

68 The aim of this paper is to describe the physical attributes of the coffee beans from an
69 altitudinal transect in the region of Pluma Hidalgo (Oaxaca, México), as well as the sensory
70 characteristics of the coffee brewed from these beans, so as to generate the information
71 needed for the recognition of the “Pluma” coffee Denomination of Origin.

72 **2. Materials and methods**

73 **2.1. Study area**

74 The geological substrate in this area is made up of metamorphic and intrusive rocks, among
75 which one finds granite, granodiorite, gneiss and schist (Rodarte, 1997). According to
76 Hernández (2014) the predominant soils found in the study area are Luvisols, Phaeozems
77 and Cambisols.

78 The combination of latitude and the elevations of the mountains, which in the study area
79 range from 383 m to 1636 m above sea level, allow for ample diversity of climate and
80 vegetation in a transect which lies a short distance between the sea and the plateau.

81 According to Hernández (2014), the region has three types of climate: Aw1 Warm humid,
82 with summer rainfall and a precipitation-temperature (P/T) ratio between 43.2 and 55.3;
83 Aw2 Warm subhumid, the wettest of the subhumid climates, with summer rainfall and a
84 P/T ratio higher than 55.3; and (A)C(m) Semi warm, with annual rainfall greater than 1,000
85 mm and with precipitation of the driest month lower than 60 mm and summer rains that
86 represent 5-10.2% of the annual total.

87 Rodarte (1997) has provided a description of the vegetation as being low deciduous forest
88 from the coast to 500 m above sea level, cloud forest, in the transition between tropical and
89 temperate climates from 500 m to 1500 m, and median deciduous forest from 1500 m to
90 1800 m.

91 **2.2 Sampling**

92 In order to locate appropriate sampling points, the previous studies were reviewed and a
93 field trip was conducted. With this in consideration, three municipalities, representative of
94 the conditions in which coffee is grown and produced in this area, were selected in the
95 region of Pluma Hidalgo (Oaxaca, Mexico): San Pedro Pochutla, Pluma Hidalgo and
96 Candelaria Loxicha

97 In these municipalities, 25 coffee farms located at an altitude of 383 m to 1635 m above sea
98 level were selected based on the following criteria: farmers were able to a) provide the
99 requested information, b) grant the delimitation and use of a 25 m x 25 m (625 m²) area of
100 the estate, and c) provide samples of parchment coffee representing the farm.

101 Once this selection was made, the farmer and the farm were referenced and the
102 geographical position was recorded with a Garmin 12 model Global Geo Positioning
103 receiver.

104 Similarly, the pest and disease control methods, the nutritional status of the coffee
105 plantation, and the production management system used by each farmer (preparation and
106 selection of coffee cherries, pulping process, fermentation, bean washing, drying and
107 storage) were recorded. Table 1 shows the data from the farms selected.

108 **2.3 Coffee samples**

109 Samples from each of the 25 coffee farms were collected and labeled with the following
110 information: name of the coffee farmer and/or processor, municipality and community,
111 altitude and date.

112 The moisture in the samples was homogenized to a value of 10-12% by drying under the
113 same conditions of temperature (18°C) and relative humidity (65%). The samples were
114 placed in polyethylene bags and stored at an average temperature of 18°C in the Laboratory
115 for Assessment of Quality Coffee Chapingo in Huatusco (Veracruz, México). After a
116 period of six months, the normal maturation period for storing a batch of coffee before
117 commercialization, the samples were evaluated.

118 **2.4 Calculation of the temperature of each farm**

119 By means of simple regression analysis, the average annual temperature of each site was
120 determined, using data from meteorological stations located in the southern zone of the
121 state of Oaxaca.

122 **2.5 Physical analysis of the coffee bean**

123 In the physical evaluation of the coffee bean samples, the SCAA protocol (2009a), the
124 Mexican Green Coffee Specialty guideline (NMX-F-177-SCFI-2009), and the Official
125 Mexican Veracruz Coffee regulation (NOM-149 -SCFI-2001) were used. In addition,
126 persistent spermoderm and shape of the beans were measured as per their relationship to
127 geographical and genetic origin.

128 In this procedure, 500 g of parchment coffee were used for evaluation. First, the green
129 coffee bean was obtained by removing the endocarp with mechanical friction. The resulting
130 mass of 350 g of green coffee was weighed and the following steps were carried out:

- 131 a) Color was determined by comparison to the Pantone® color table.
- 132 b) Bean moisture was measured by electrical impedance using a Quantik MH-302 model
133 hygrometer. Each reading was corrected for room temperature.
- 134 c) Beans were sized using a set of Quantik mesh screens. There are 6 screens in this set in
135 which the diameter of the round holes in them are 1/64" smaller at each level and are
136 graded or identified as zaranda or sieve 19, 18, 17, 16 and 15. 350 g of green coffee
137 were placed on the sieve set positioned on a mechanical shaker. Then the shaker was
138 kept in motion for 10 minutes so that the beans could fall through and accumulate on
139 each screen according to size. After sorting, the amount of beans accumulated on each
140 screen was weighed. The beans were graded for size in three classes: large (retained in
141 screens 17, 18 and 19), medium (retained in screens 15 and 16) and small (which
142 passed through screen 15).
- 143 d) Presence of primary and secondary defects was detected as per the SCAA protocol
144 (2009a) for determining bean anomalies.
- 145 e) Number of beans found with persistent spermoderm (silver layer covering the seed),
146 was regarded as a characteristic of coffee from this region.
- 147 f) Number of "planchuela" or flat-sided beans were suggested to be an indicator of genetic
148 material.

149 **2.6 Sensory analysis of the coffee beverage**

150 The sensory evaluation was conducted by a panel of expert judges consisting of four
151 members with more than five years of experience; two of them were certified "Q Grader"

152 tasters by the Coffee Quality Institute (CQI) of the United States of America. Each sample
153 was evaluated randomly and in triplicate.

154 For the sensory evaluation of the characteristics of the brewed coffee, the Q protocol
155 (SCAA, 2009b) was implemented because it is the most widely used procedure for the
156 specialty market.

157 The Q protocol has 11 attributes (fragrance / aroma, flavor, aftertaste, acidity, body,
158 balance, uniformity, clean cup, sweetness, overall taster score and defects (whose value is
159 subtracted). Each attribute was rated on a structured scale of 0 to 10. The final score
160 (maximum 100 points) was obtained by adding the values of the 11 attributes scored. The
161 final score or Q score is a value that provides an estimate of the intensity of the sensory
162 attributes for each brewed coffee tested, as well as the quality and frequency of aromatic
163 notes present in the bouquet. This score is measured according to a scale of preferences
164 agreed on by the specialty market. Coffee quality is classified according to the final score;
165 and specialty coffee must be awarded a minimum of 80 points. In addition to the Q
166 protocol, the aromatic profile of the fragrance/aroma, taste and aftertaste (bouquet) of the
167 brewed coffee used in the study at hand was described by the panel. Le Nez du Café
168 (Lenoir, 2008) was used to determine this aromatic essence profile. In order to prepare the
169 brewed coffee for each sample, 100 g of green coffee from each sample were roasted. The
170 roast profile was measured for color intensity and maintained between 55 and 65 (medium
171 roast). To determine the level of browning Agtron / SCAA roast tiles were used as
172 reference.

173 **2.7 Statistical analysis**

174 The data resulting from the sensory evaluation were assessed by Two-Factor Analysis of
175 Variance (ANOVA) (sample and judge) with sample-judge interaction to determine the
176 effectiveness of the panel.

177 The mean and standard deviation of the physical characteristics of the green coffee beans
178 and the sensory attributes of the brewed coffee were calculated. In addition, in the case of
179 certain qualitative variables from the aromatic profile (aroma, taste and aftertaste), the
180 relative frequencies were calculated.

181 A Pearson correlation analysis, between the altitude and the quantitative variables of the
182 physical characteristics of coffee beans, and a Spearman correlation analysis, between the
183 temperature and the sensory attribute variables of the brewed coffee, were carried out.
184 When the correlations were significant, a linear regression model to generate a quality
185 performance in relation to the average annual temperature coffee farms was conducted.

186 **2.8 Cartographic Model**

187 The Idrisi Selva 17.0 program (Eastman, 2015) was used in the cartographic analysis. The
188 cartographic base was generated from the digital terrain model, scale 1: 250 000 (INEGI,
189 2017). To generate the images of the potential areas of production of each quality of the
190 drink in the region, several analytical and cartographic synthesis processes were used.

191 **3 Results**

192 **3.1 Physical characteristics of the coffee beans in the region**

193 The physical characteristics of the coffee bean samples are shown in Table 2. As for bean
194 color, 80% of the samples showed colors ranging from olive green (Pantone 5763C) to dark
195 olive green (Pantone 5773C). In the specialty market, the former is graded as “fine” and the
196 latter as “very fine” as per the NMX -F -177 - SCFI – 2009 Standard.

197 Eighty-four percent of the coffee beans in the samples were graded as medium and large.
198 This may be an attribute of the varieties that produce large beans (Martínez et al., 2004) and
199 which are grown in this region (Pluma Hidalgo, Mundo novo and Bourbon).

200 The presence of persistent spermoderm on the bean is a characteristic that distinguishes
201 "Pluma" coffee from others. Although Wintgens (2004) and the ITC (2011) consider that
202 this feature is a defect ("coated bean"), in the specialty market it is not considered to be a
203 defect.

204 Fifty-five percent of coffee bean samples had persistent spermoderm. PH003 shows a lower
205 value (28.9%), while PH02 has the highest value (81.2%) of healthy beans with persistent
206 spermoderm. A reference to compare these values was not found. This parameter may be a
207 distinctive attribute of the quality of beans from this region which is most likely related to
208 the environment of this region and not necessarily to cultivation practices and/or
209 processing.

210 Another feature that is considered in the evaluation of quality is bean shape; there are four
211 types of shapes: triangular, round ("peaberry"), deformed ("elephant") and flat-sided
212 ("planchuela").

213 The proportion of the different coffee bean shapes may be due to the variety grown and the
214 environment. Martínez et al. (2004) report that the Typica variety (Pluma Hidalgo is the
215 Typica ecotype) has the highest proportion of flat-sided beans. Sample PH001 showed the
216 lowest value (78.3%), while PH014 showed the highest value (94.6%). Ninety-one percent
217 of the total samples analyzed were flat-sided. Therefore, samples from this region generally
218 meet the minimum value (90%) established by the Official Mexican Standard NOM-149-
219 SCFI-2001.

220 **3.2 Sensory characteristics of the brewed coffee**

221 The effectiveness of the panel which conducted the sensory evaluation was tested by Two-
222 Factor Analysis of Variance (ANOVA) (judge-sample) and Table 3 shows the probability
223 values (p) for each factor and attribute.

224 The results indicate the ability to differentiate samples and show the consistency of panel
225 judgments for the attributes evaluated, except for aftertaste and balance.

226 Through training in the use of the scale for these attributes, this aspect was corrected. The
227 results show the high level of training and the consistency of the judgments provided by the
228 expert judges using the Q cupping protocol.

229 The scores awarded for the different attributes of the brewed coffees prepared from the
230 samples are shown in Table 4.

231 The scores of the descriptors related to bouquet were high. Thus, the mean scores for the
232 fragrance/aroma, flavor, and aftertaste attributes presented mean values of 8.1, 8.0 and 7.6,
233 respectively. For acidity and sweetness, the mean values were shown to be 6.4 and 6.5,
234 respectively, which are considered good according to the Q Cupping protocol. An
235 outstanding attribute of the brewed coffee evaluated from this region was its body, which
236 had an average value of 7.9.

237 Seven of the 25 samples showed defective notes. Samples PH003, PH008 and PH013
238 showed defective aromatic notes pertaining to the earthy, fermented, and phenol groups.
239 These samples were penalized with -1.3, -1.3 and -1.9 points, respectively. Sample PH004
240 showed elevated unpleasant notes from the phenol group (rubber, smoke and cooked beef)
241 and was penalized with -9.1 points.

242 The average value of brewed coffee samples for this region was 78.3; this is below the 80
243 points needed to be considered a specialty coffee (SCAA, 2009b). However, 52% of the

244 samples scored more than 80 points, indicating that there is significant potential for this
245 type of market in the region.

246 Sample PH004 received the lowest score (62 points), and according to the Q protocol
247 would be described as fair to poor. The sample with the best score (85.2 points) was
248 PH023; therefore, this drink may prove to be highly competitive in the Cup of Excellence®
249 competition (high-end market).

250 In general, the samples showed little aromatic complexity; the predominant notes were
251 those belonging first to the resinous, and second to the spicy group (Table 5). However,
252 there were also samples that presented a greater frequency of the aromatic notes forming
253 part of the flowery and fruity groups which are both highly valued in specialty markets. As
254 for aromatic complexity, samples PH022, PH023, PH024 and PH025 stood out by
255 presenting flowery and fruity notes in their bouquet.

256 **4 Discussion**

257 **4.1 Categorizing the quality of the coffee samples according to the specialty** 258 **market**

259 Based on the above results, a certain variability in the physical characteristics of coffee
260 beans and in the sensory characteristics of brewed coffee from the region of Pluma
261 Hidalgo, (Oaxaca, Mexico), has been found.

262 In order to obtain legal protection for the coffee bean, it is necessary to know the causes of
263 this variability. In this regard, Da Silva et al. (2005); Bertrand et al. (2006); Joët et al.
264 (2010); Bertrand et al. (2012); Galtier et al. (2013) and Wilson and Wilson (2014)
265 identified altitude as a variable that significantly affects bean and beverage characteristics.
266 Nonetheless, other studies specify that the effect of altitude is rather indirect as it is the

267 temperature that affects coffee quality (Pérez et al., 2005; Bertrand et al., 2006; and ITC,
268 2011).

269 Given the difference in temperature in the locations where the coffee samples were
270 obtained, the analysis of results depending on this variable was conducted.

271 **4.2 Relationship between temperature and physical characteristics of the bean**

272 An inverse relationship between temperature and bean size was found. Thus, as temperature
273 decreases, does bean size increases ($r=-0.59$, $p=0.002$); a direct relationship was also found
274 for small beans ($r=0.58$, $p=0.002$). This is consistent with studies by Vaast et al. (2006) and
275 Somporn et al. (2012), who found that the cooler temperatures, due to the higher altitude or
276 greater tree cover, impact bean size.

277 An inverse relationship between coffee farm temperature and the number of beans with
278 persistent spermoderm was found ($r=-0.64$, $p=0.001$). Thus, the cooler temperatures on of
279 the coffee farm the greater the number of beans with persistent spermoderm. Although
280 some authors point to this feature as a defect (Wintgens, 2004; ITC, 2011), it seems to be
281 an attribute of the temperatures found in the region analyzed in this study.

282 An inverse relationship between the number of flat-sided beans and coffee farm
283 temperature was found ($r=-0.65$, $p<0.001$). This relationship is consistent with the results
284 obtained by Martínez et al. (2004).

285 In the coffee-growing industry, it is generally believed that bean color at cooler
286 temperatures tends to be dark olive green, which is more highly valued by the market.
287 However, the results obtained in this study show no significant relationship between
288 temperature and coffee bean color. This result is likely due to the fact that samples from
289 cooler temperatures yield a higher number of beans with persistent spermoderm, giving the

290 appearance of a lighter color. The color of the beans from the highest area (<19.9°C) tends
291 to be light green (5773C); this was true for 67% of the samples evaluated.

292 **4.3 Relationship between temperature and sensory characteristics of brewed** 293 **coffee**

294 Except for body, uniform, and clean cup, all the attributes of the brewed coffee assessed at
295 the Q cupping protocol showed a significant relationship ($p < 0.05$) with temperature. The
296 attributes that had higher correlation values ($p < 0.001$) were: acidity ($r = -0.77$), balance ($r = -$
297 0.82), sweetness ($r = -0.84$), overall score ($r = -0.88$) and final score ($r = -0.80$). Thus, coffee
298 samples from farms with cooler temperatures had a higher rating in acidity and sweetness,
299 which also improved their score for balance and, in turn, their final score.

300 The relationship between beverage acidity and temperature has also been found in other
301 coffee-growing regions of the world (Avelino et al., 2005; Pérez et al., 2005; Bertrand et
302 al., 2006; Oberthür et al., 2011 and Galtier et al., 2013). References regarding the
303 relationship between beverage sweetness and temperature were not found.

304 On the other hand, a directly proportional behavior between temperature and the presence
305 of defective beverage notes was found. Even samples from farms with temperatures below
306 20.9°C did not show these notes in the aroma profile ($r = 0.57$ and $p = 0.002$). Bertrand et al.
307 (2012) found a similar relationship, indicating that such notes are present in coffee grown
308 in high temperatures due to the presence of two alcohols (butan-1,3-diol and butan-2,3-diol)
309 in the aromatic fraction of the beans.

310 An important factor in sensory evaluation of coffee are the aromatic notes found in the
311 fragrance/aroma, flavor, and aftertaste of the drink. The frequencies of some note groups
312 are significantly correlated ($p < 0.05$) with temperature, as highlighted by the significant
313 relationship between temperature and the flowery and fruity groups in aroma, flavor and

314 aftertaste (Table 5). In aroma, as temperature decreases, the frequency of notes belonging to
315 the nutty group decreases, particularly the roasted hazelnuts note ($r = 0.58$; $p = 0.002$);
316 while those belonging to the flowery group increase ($r = -0.47$, $p = 0.017$).

317 As for drink flavor, an inverse relationship between the temperature and the frequency of
318 notes belonging to flowery ($r = -0.70$; $p = 0.0001$) and fruity ($r = -0.56$; $p = 0.003$) groups
319 was found, as well as coriander seeds belonging to the spicy group ($r = -0.57$; $p = 0.003$).

320 On the other hand, a direct relationship between altitude and the frequency of the notes
321 belonging to the cedar ($r=0.55$; $p = 0.004$), dark chocolate ($r=0.49$; $p = 0.013$), and roasted
322 coffee ($r=0.48$; $p = 0.014$) groups, as well as to the aromatic group of defective flavors ($r =$
323 0.49 ; $p = 0.013$) was found.

324 Moreover, in the aftertaste of brewed coffee, a significant direct relationship between
325 temperature and the group of defective flavors (especially smoke and cooked beef) was
326 found. Also, notes belonging to the aromatic resinous group (particularly the cedar note)
327 have higher frequencies in the coffee samples from higher temperatures. In the aftertaste,
328 the notes that increase with cooler temperatures are: caramel, coriander seeds, tea rose and
329 blackcurrant-like. As groups, correlations were significant with the caramelly, flowery and
330 fruity groups. A similar behavior between the fruity notes of brewed coffee and beans
331 grown at lower temperatures was reported by Bertrand et al. (2012) and Galtier et al.
332 (2013).

333 The frequency of the note tainted group indicating defects is directly reduced in flavor and
334 aftertaste as temperature from which coffee samples come from decreases; they are not
335 detected in samples from temperatures lower than 20.9°C . The notes identified were:
336 cooked beef, rubber, leather, smoke and straw, and their presence significantly affects the
337 score awarded to brewed coffee.

338 A highly significant relationship between the final score of the beverage (Q score) and
339 temperature of coffee farms ($r = -0.8$, $p < 0.001$) was found. Thus, the beverage score was
340 higher when the coffee was grown on cooler temperatures farms. This relationship was also
341 reported by Decazy et al. (2003); Avelino et al. (2005); Bertrand et al. (2006); Donnet et al.
342 (2008); Bertrand et al. (2012); Galtier et al. (2013); and Wilson and Wilson (2014).
343 In Figure 1 the model $Y = 126.957 - 2.235 (X)$ is represented; where: y is the final score (Q
344 score); and x , the average annual temperature of origin for the sample.

345 **4.4 Categorization of coffee quality from the region of Pluma Hidalgo (Oaxaca,** 346 **Mexico)**

347 According to these results, a coffee quality classification system related to the average
348 annual temperature of origin for the sample can be proposed, considering that:

- 349 I. The variables of the physical characteristics of beans can be improved with
350 technology.
- 351 II. Sensory evaluation is crucial in order to define the quality of coffee.
- 352 III. The evaluation of the final score Q is a summary of the assessments of the
353 intensity, complexity and aromatic quality of brewed coffee.
- 354 IV. The correlation between the average annual temperature of origin for the sample
355 and the final Q score was highly significant ($r = -0.8$, $p < 0.001$) and it explains a
356 large proportion of variability in the quality of coffee in the region.

357 The cupping protocol in the Q classification system establishes that the coffees which score
358 over 80 points are considered to be suitable for the specialty market (SCAA, 2009b). Using
359 the equation $X = (Y - 126.957) / (-2.235)$ and the aforementioned value of 80 points, there is a
360 greater likelihood of producing specialty coffee at temperature lower than 21°C. In the

361 context of specialty coffee market, and in the pursuit of legal protection for Pluma Hidalgo,
362 the coffee quality classification proposal is as follows:

363 a) Coffee for the specialty, or "E" quality market, with a final score of over 80 points in
364 the Q rating as seen above, and preferably grown at temperature lower 21°C.

365 b) "C" quality coffee, with a final score of lower than 80 points in the Q rating as seen
366 above.

367 For "E" quality coffee, brewed coffee presents aromatic notes such as maple syrup and
368 coffee blossom in fragrance/aroma. In flavor and aftertaste, it has notes from the
369 aromatic spicy group, particularly pepper. The drink bouquet has notes like coriander
370 seeds and coffee blossom and even fruity ones, such as blackcurrant. Cedar notes may
371 be present but are not frequent. It has a high score for bouquet because of its
372 complexity and aromatic quality. It has pronounced and intense acidity, sweetness, and
373 body. Its acidity is enjoyable and balanced with its sweetness. All these features make
374 it a balanced drink for all of its attributes. It presents no defective flavors, since this
375 will allow for a score of higher than 80 points.

376 "C" quality coffee is a beverage with a medium to low intensity in acidity and sweetness,
377 and a bouquet with aromatic notes, predominantly of the resinous group, with cedar being
378 the most frequent. The drink has little or no frequency of flowery and fruity group notes. It
379 has no aromatic complexity and quality, since it usually has one or two notes in the
380 bouquet. There is an imbalance between its pronounced body and the rest of its attributes.
381 Defective flavors in low intensities may be present. Because of the low aromatic
382 complexity and quality in its bouquet, its imbalance and the presence of defects, its scores
383 are lower than 80 points.

384 The results in the study at hand complement the "Pluma" Coffee identity by describing it in
385 more detail than was formerly presented in the Declaration on the Protection of the
386 Designation of Origin (DOF, 2003); in addition, they also show that there is more than one
387 quality in the region.

388 Figure 2 shows the spatial representation of the qualities of the beverage in the study
389 region. There is a potential area for the production of specialty coffee of 112,096.0
390 hectares, which represents 43.4% of the area with potential for coffee production in the
391 region studied.

392 **5 Conclusions**

393 In general, the physical characteristics of the coffee beans evaluated meet the standards of
394 specialty markets; since, it has been found that these characteristics are conditioned by the
395 temperature of the coffee farm where the beans were grown.

396 There are significant contrasts in the sensory attributes of the brewed coffee; hence, a
397 significant portion of the variability in flavor profiles is caused by temperature. Thus,
398 samples from farms with lower temperatures (<21°C) have a greater aromatic complexity,
399 with the presence of notes belonging to the flowery and fruity groups; and the latter are
400 highly valued in the market for specialty coffees.

401 The results provide knowledge to support the link between the sensory characteristics of the
402 beverage and the origin of the bean, which is important for achieving legal protection for
403 "Pluma" coffee produced in Pluma Hidalgo region.

404

405 **References**

406 Avelino, J., Barboza, B., Araya, J.C., Fonseca, C., Davrieux, F., Guyot, B., Cilas, C., 2005.
407 Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs

408 of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and*
409 *Agriculture*, 85, 1869–1876. doi: 10.1002/jsfa.2188.

410 Bacon, C., 2004. Confronting the coffee crisis: can fair trade, organic, and specialty coffees
411 reduce small-scale farmer vulnerability in northern Nicaragua? *World Development*,
412 33, (3), 497–511. doi:10.1016/j.worlddev.2004.10.002.

413 Berrocal, J.; Schroeder, K., Villalobos, A., 2009. Café y desarrollo territorial rural:
414 contraste de experiencias en Centro América y México, in: Ranaboldo, C. &
415 Schejtman, A. (Eds.). *El valor del patrimonio cultural: territorios rurales,*
416 *experiencias y proyecciones latinoamericanas* (p.p. 349-374). Available at:
417 [http://www.rimisp.org/wp-](http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1367521220Valor_patrimonio_cultural.pdf)
418 [content/files_mf/1367521220Valor_patrimonio_cultural.pdf](http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1367521220Valor_patrimonio_cultural.pdf) /Accessed 15.06.16.

419 Bertrand, B.; Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F., Charmetant, P., 2006.
420 Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of arabica
421 hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various
422 elevations in Central America. *Tree Physiology*, 26, 1239–1248. Available at:
423 [http://treephys.oxfordjournals.org/content/26/9/1239.full.pdf/](http://treephys.oxfordjournals.org/content/26/9/1239.full.pdf) Accessed 24.05.16.

424 Bertrand, B.; Boulanger, R., Dussert, S., Ribeyre, F., Berthiot, L., Descroix, F., Joët, T.,
425 2012. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in
426 green arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. *Food Chemistry* 135,
427 2575–2583. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.060>.

428 Bowen, S., 2010. Development from Within The Potential for Geographical Indications in
429 the Global South. *Journal of World Intellectual Property*, 13(2), 231–252.
430 doi:10.1111/j.1747-1796.2009.00361.x.

431 Da Silva, E.; Mazzafera, P., Brunini, O., Sakai, E., Arruda, F., Mattoso, L., Carvalho, C.,
432 Pires, R., 2005. The influence of water management and environmental conditions
433 on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. *Brazilian*
434 *Journal of Plant Physiology*, 17(2), 229-238. [http://dx.doi.org/10.1590/S1677-](http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202005000200006)
435 [04202005000200006](http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202005000200006).

436 Decazy, F., Avelino, J., Guyot, B., Perriot, J.J., Pineda, C., Cilas, C., 2003. Quality of
437 Different Honduran Coffees in Relation to Several Environments. *Journal of Food*
438 *Science*, 68 (7), 2356-2361. doi: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05772.x.

439 DOF (Diario Oficial de la Federación), 2003. Declaración general de protección a la
440 denominación de origen Café Pluma. Secretaría de Economía, México, 27 de agosto
441 de 2003.

442 Donnet, M. L., Weatherspoon, D. D., Hoehn, J. P., 2008. Price determinants in top-quality
443 e-auctioned specialty coffees. *Agricultural Economics*, 38, 267-276.
444 doi:10.1111/j.1574-0862.2008.00298.x.

445 Eakin, H., Tucker, C., Castellanos, E., 2006. Responding to the coffee crisis: a pilot study
446 of farmers' adaptations in Mexico, Guatemala and Honduras. *Geographical*
447 *Journal*, 172 (2), 156–171. doi:10.1111/j.1475-4959.2006.00195.x.

448 Eastman, J. R., 2015. Idrisi Selva 17.0. Clark Labs. Worcester, USA.

449 Galtier, F., Belletti, G., Marescotti, A., 2013. Factors constraining building effective and
450 fair geographical indications for coffee: Insights from Dominican case study.
451 *Development Policy Review*, 31 (5), 597-615. doi:10.1111/dpr.12027.

452 Hernández, A. G., 2014. *Diagnostico nutrimental de cafetales orgánicos de la región*
453 *Pluma Hidalgo, Oaxaca*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo,
454 Texcoco, Estado de México, México.

455 IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), 2000. Declaratoria general de
456 protección a la denominación de origen Café Veracruz. México, D.F., a 6 de
457 noviembre de 2000. Available at:
458 http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file_id=220956/ Accessed 07.02.15.

459 INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 2017. Modelo digital
460 del terreno. Aguascalientes, México.

461 ITC (International Trade Centre), 2011. *The coffee exporter's guide* (3rd ed., pp.
462 5,191,196). Available at: [http://www.intracen.org/The-Coffee-Exporters-Guide---
463 Third-Edition/](http://www.intracen.org/The-Coffee-Exporters-Guide---Third-Edition/) Accessed 14.07.16.

464 Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doubeau, S., Bertrand, B., de Kochko, A., Dussert, S.,
465 2010. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on
466 the biochemical composition of green arabica coffee beans. *Food Chemistry*, 118,
467 693–701. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>.

468 Kireeva, I., O'Connor, B., 2010. Geographical indications and the TRIPS agreement: what
469 protection is provided to geographical indications in WTO members? *The Journal*
470 *of World Intellectual Property*, 13(2),275–303. doi:10.1111/j.1747-
471 1796.2009.00374.x.

472 Kolk, A., 2012. Towards a sustainable coffee market: paradoxes faced by a multinational
473 company. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 19,
474 79–89. doi:10.1002/csr.289.

475 Lenoir, J., 2008. *Le nez du café*. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica: Ed. Jean
476 Lenoir.

477 Marie-Vivien, D., García, C.A., Kushalappa C.G. & Vaast P., 2014. Trademarks,
478 geographical indications and environmental labelling to promote biodiversity: the

479 case of agroforestry coffee India. *Development Policy Review*, 32 (4), 379-398.
480 doi:10.1111/dpr.12060.

481 Martínez, D.; Pérez, E.; Partida, J.G.; Escamilla, E.; López, F.J., Díaz, S.; Morales, V.;
482 Castillo, G., Contreras, A., 2004. El manejo agronómico en la calidad del café, in:
483 INIFAP; CP; ITA No. 18; ITMA, ITMAR No. 1; UACH, UV, (Eds.): *Avances en la*
484 *Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano.*
485 *Libro Científico No.1.* (pp. 145-151).Veracruz, México.

486 NOM-149-SCFI-2001. Norma Oficial Mexicana Café Veracruz- Especificaciones y
487 métodos de prueba. Declaratoria de Vigencia publicada en el Diario Oficial de la
488 Federación el 28 de septiembre de 2001.

489 NMX-F-177-SCFI-2009. Café verde de especialidad – especificaciones, clasificación y
490 evaluación sensorial. Declaratoria de Vigencia publicada en el Diario Oficial de la
491 Federación el 18 de febrero de 2009.

492 Neilson, J., 2007. Institutions, the governance of quality and on-farm value retention for
493 Indonesian specialty coffee. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 28,188–
494 204. doi: 10.1111/j.1467-9493.2007.00290.x.

495 Oberthür, T., Läderach, P., Posada, H., Fisher, M. J., Samper, L. F., Illera, J., Collet, L.,
496 Moreno, E., Alarcón, R., Villegas, A., Usma, H., Perez, C., Jarvis, A., 2011.
497 Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for
498 denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*, 36,
499 783–794. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.07.005>.

500 Pérez; P., Pérez, M., 2011. Las denominaciones de origen del café mexicano y sus
501 cuestionamientos como modelo de desarrollo regional. *Perspectivas Rurales. Nueva*
502 *época*, 10(19), 97-110. Available at:

503 <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/3381/3241/>
504 [Accessed 09.03.16.](#)

505 Pérez, E.; Partida, J., Martínez, D., 2005. Determinación de las sub denominaciones de
506 origen del café Veracruz. *Revista Geografía Agrícola*, 35, 23-38. Available at:
507 <http://www.redalyc.org/pdf/757/75703502.pdf/> [Accessed 24.03.16.](#)

508 Rodarte G., R., 1997. Ecosistemas y biodiversidad en la Costa Oaxaqueña. *Ciencia y mar*,
509 1(2), 44-48. Available at: [http://www.umar.mx/revistas/2/ecosistemas.pdf /](http://www.umar.mx/revistas/2/ecosistemas.pdf/)
510 [Accessed 15.09.16.](#)

511 SCAA (Specialty Coffee Association of America), 2006. Geographic Indications for the
512 Origin of Coffee. Available at:
513 <http://www.scaa.org/PDF/Statement%20on%20Geographical%20Indications%20for%20the%20Origin%20of%20Coffee%20Aug%202006.pdf/> [Accessed 07.06.15.](#)
514

515 SCAA (Specialty Coffee Association of America), 2009a. SCAA Protocols/Grading Green
516 Coffee. Available at:
517 [http://scaa.org/PDF/PR%20GREEN%20GRADING%20PROTOCOLS%20V.22](http://scaa.org/PDF/PR%20GREEN%20GRADING%20PROTOCOLS%20V.22NOV2009A.pdf/)
518 [NOV2009A.pdf/](#) [Accessed 07.06.15.](#)

519 SCAA (Specialty Coffee Association of America), 2009b. Cupping specialty coffee.
520 Cupping protocols. Versión: 21NOV2009A. Available at:
521 <http://www.scaa.org/?page=resources&d=cupping-protocols/> [Accessed 07.06.15.](#)

522 Somporn, C., Kamtuo, A.; Theerakulpisut, P., Siriamornpun, S., 2012. Effect of shading on
523 yield, sugar content, phenolic acids and antioxidant property of coffee beans (*Coffea*
524 *arabica* L. cv. Catimor) harvested from north-eastern Thailand. *Journal of the*
525 *Science of Food and Agriculture*, 92,1956–1963. doi: 10.1002/jsfa.5568.

526 Teuber, R., 2010. Geographical Indications of Origin as a tool of product differentiation:
527 the case of coffee. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 22(3),
528 277-298. doi:10.1080/08974431003641612.

529 Teuber, R., Herrmann, R., 2012. Towards a differentiated modeling of origin effects in
530 hedonic analysis: an application to auction prices of specialty coffee. *Food Policy*,
531 37, 732–740. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.001>.

532 Ukers, W. H., 1922. *All about coffee*. Available at:
533 <https://archive.org/details/allaboutcoffee00ukeruoft/> Accessed 03.04.16.

534 Vaast, P., Bertrand; B., Perriot; J. J., Guyot, B., Génard, M., 2006. Fruit thinning and shade
535 improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.)
536 under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86,197–
537 204. doi: 10.1002/jsfa.2338.

538 Wilson, B. R., Conley, J. F., Harris, T. M., Lafone, F., 2012. New terrains of taste: spatial
539 analysis of price premiums for single origin coffees in Central America. *Applied*
540 *Geography*, 35,499-507. doi:10.1016/j.apgeog.2012.10.004.

541 Wilson, A.P., Wilson, N.L.W., 2014. The economics of quality in the specialty coffee
542 industry: insights from the Cup of Excellence auction programs. *Agricultural*
543 *Economics* 45, supplement, 91-105. Available at:
544 [http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/150721/2/The%20Economics%20of%20Qua](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/150721/2/The%20Economics%20of%20Quality%20in%20the%20Specialty%20Coffee%20Industry_AAEA%202013.pdf/)
545 [lity%20in%20the%20Specialty%20Coffee%20Industry_AAEA%202013.pdf/](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/150721/2/The%20Economics%20of%20Quality%20in%20the%20Specialty%20Coffee%20Industry_AAEA%202013.pdf/)
546 [Accessed 05.07.16.](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/150721/2/The%20Economics%20of%20Quality%20in%20the%20Specialty%20Coffee%20Industry_AAEA%202013.pdf/)

547 Wintgens, J. N., 2004. Coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook
548 for growers, processors, traders and researchers. Federal Republic of Germany
549 Editor Wiley-VCH.

550 Wollni, M., Zeller, M., 2007. Do farmers benefit from participating in specialty markets
551 and cooperatives? The case of coffee marketing in Costa Rica. *Agricultural*
552 *Economics*, 37, 243–248. doi: 10.1111/j.1574-0862.2007.00270.x.



1 **Table 1.** Data from selected coffee farms in the Pluma Hidalgo region (Oaxaca, México)

Sample	Municipality	Community	Latitude	Longitude	Temperature
PH001	San Rafael Toltepec	Pochutla	15° 52' 28"	96° 27' 12.2"	25.5
PH002	San Rafael Toltepec	Pochutla	15° 52' 27.7"	96° 27' 12"	25.4
PH003	Tierra Blanca	Pochutla	15° 52' 50"	96° 29' 17"	25.3
PH004	Comala	Pochutla	15° 52' 56"	96° 29' 04"	25.2
PH005	Santa María Magdalena	Pluma Hidalgo	15° 54' 54.9"	96° 23' 11.3"	24.1
PH006	Santa María Magdalena	Pluma Hidalgo	15° 55' 9.5"	96° 23' 5.9"	23.4
PH007	El Refugio	Pluma Hidalgo	15° 53' 59.9"	96° 24' 54.8"	23.2
PH008	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 53' 1.1"	96° 24' 55.3"	22.7
PH009	Concordia	Pochutla	15° 52' 30"	96° 00' 00"	22.5
PH010	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 55' 22.5"	96° 24' 35.7"	22.3
PH011	Copalita	Pluma Hidalgo	15° 57' 55"	97° 27' 27"	22.3
PH012	La Galera	Pluma Hidalgo	15° 55' 48.9"	96° 24' 21.0"	21.5
PH013	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 31.8"	96° 28' 32.1"	21.3
PH014	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 56.1"	96° 29' 48"	20.9
PH015	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 22"	96° 28' 45"	20.8
PH016	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 57.7"	96° 29' 12"	20.8
PH017	La Galera	Candelaria Loxicha	15° 58' 14.7"	96° 28' 35.4"	20.8
PH018	Las Trancas	Pluma Hidalgo	15° 57' 16.2"	96° 26' 5.3"	20.5
PH019	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 11.6"	96° 25' 07.8"	19.9
PH020	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 56' 12.1"	96° 25' 11.9"	19.8
PH021	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 56' 13.1"	96° 25' 11.9"	19.7
PH022	Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	15° 56' 52.7"	96° 25' 36.3"	19.3
PH023	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 17.1"	96° 25' 1.3"	19.3
PH024	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 17.9"	96° 25' 1.24"	19.2
PH025	La Pasionaria	Pluma Hidalgo	15° 56' 18.4"	96° 25' 1.8"	19.2

2

3

4 **Table 2.** Physical characteristics of coffee bean samples from the Pluma Hidalgo region,
 5 Oaxaca, México (mean and standard deviation).

Sample	Bean Moisture (%)	Bean Color (Pantone) *	Large bean (g/350g)	Medium bean (g/350g)	Small bean (g/350g)	Defective beans (no.)	Beans with persistent spermoderm (g/350g)	Flat-sided beans (g/350g)
PH001	11.4±0.7	5763C	40.8±3.2	190.4±2.4	118.8±2.4	35.5±2.0	128.3±29.1	274.0±1.6
PH002	11.6±0.8	5773C	43.2±3.3	187.4±1.6	119.3±3.3	3.5±0.3	193.9±1.4	293.6±3.6
PH003	11.6±0.4	5763C	78.7±0.7	219.6±2.6	51.7±1.8	18.0±1.7	101.1±9.2	311.7±1.2
PH004	11.6±0.5	5763C	64.7±0.7	195.3±1.2	90.0±1.6	37.0±1.4	168.4±10.8	283.8±0.0
PH005	12.0±0.4	5763C	24.7±1.2	238.4±3.0	86.9±2.6	5.0±2.8	249.9±4.2	327.2±3.3
PH006	11.4±0.1	5763C	96.6±7.2	197.3±4.0	56.2±3.2	42.0±0.8	152.5±8.8	323.7±0.4
PH007	11.7±0.4	5763C	141.1±3.5	171.7±3.2	37.2±0.3	12.5±4.0	116.6±6.8	320.8±1.4
PH008	11.9±0.4	5753C	110.7±3.5	197.1±2.9	42.2±2.1	7.3±5.0	142.9±22.2	322.1±2.5
PH009	11.3±0.5	5763C	133.6±2.9	181.7±2.6	34.7±2.2	66.5±2.2	118.8±11.6	319.1±1.8
PH010	11.5±0.6	5763C	130.7±3.3	178.4±3.7	41.0±1.8	70.0±1.9	185.3±9.7	325.4±2.6
PH011	11.5±0.5	5763C	120.8±3.3	180.5±1.9	48.7±0.8	5.5±1.2	167.1±29.8	320.9±0.8
PH012	11.4±0.9	5753C	145.7±2.2	172.3±2.7	32.0±2.0	18.0±2.7	246.5±7.6	328.1±3.7
PH013	11.9±0.6	5753C	123.0±2.0	182.2±2.3	44.8±1.3	11.0±2.7	202.0±14.9	321.6±3.2
PH014	11.5±0.9	5753C	129.1±1.2	190.5±3.3	30.3±0.8	65.0±0.8	233.4±8.7	330.5±1.9
PH015	11.4±0.5	5753C	99.3±1.6	198.7±1.3	52.1±2.9	0.5±0.7	178.7±2.3	324.2±0.1
PH016	11.3±0.4	5763C	138.9±1.3	170.7±7.2	40.5±1.9	50.0±0.8	198.8±20.0	324.2±1.2
PH017	12.1±0.1	5753C	122.0±5.7	192.0±5.0	36.0±1.2	18.0±4.6	205.7±1.5	329.4±1.1
PH018	11.2±1.0	5753C	90.3±2.0	205.1±1.9	54.6±1.5	50.0±0.9	221.1±18.1	325.3±1.9
PH019	11.5±0.2	5763C	153.0±5.3	158.4±9.2	38.6±1.4	20.9±1.3	208.8±4.0	320.3±1.4
PH020	10.8±0.7	5753C	96.8±3.3	196.0±3.3	57.3±2.1	24.5±2.8	214.4±6.7	322.6±1.3
PH021	11.0±0.5	5773C	83.3±2.3	197.4±2.2	69.4±1.9	5.2±0.9	255.9±2.9	309.3±1.8
PH022	11.0±0.4	5773C	92.6±5.7	192.6±3.8	64.8±3.0	20.1±1.9	221.0±1.9	318.9±0.6
PH023	11.7±0.6	5773C	162.3±7.6	149.6±5.4	38.0±2.2	8.5±4.5	284.1±3.7	322.2±0.9
PH024	11.1±1.0	5773C	133.4±2.1	175.2±1.9	41.3±1.6	32.9±0.9	221.1±15.9	329.1±2.2
PH025	11.4±0.4	5763C	106.9±3.7	192.0±3.8	51.1±2.1	19.2±1.3	215.9±6.7	331.2±1.3
Prom.	11.5±0.3	5763C	106.5±35.3	188.4±17.8	55.1±24.1	25.9±20.6	193.3±46.3	318.4±14.0

6

*mode

7

8 **Table 3.** p values for each factor and its interaction resulting from the analysis of variance
 9 of the judgements issued by the coffee sensory evaluation panel.

10

Attribute	Sample	Judge	Sample x Judge
Fragrance/Aroma	0.045*	0.338 ns	0.881 ns
Flavor	0.000***	0.133 ns	0.453 ns
Aftertaste	0.000***	0.001**	0.705 ns
Acidity	0.000***	0.791 ns	1.000 ns
Body	0.002**	0.074 ns	1.000 ns
Balance	0.000***	0.008**	0.995 ns
Sweetness	0.000***	0.652 ns	0.999 ns
Uniformity	0.000***	1.000 ns	1.000 ns
Clean Cup	0.067	0.753 ns	0.943 ns
Overall score	0.000***	0.183 ns	0.993 ns
Defects	0.000***	0.192 ns	0.997 ns
Final score	0.000***	0.847 ns	0.999 ns

11 ns = not significant, (*) significant (p<0,05), (**) significant (p<0,01), (***) significant (p<0,001)



12 **Table 4.** Results (mean and standard deviation) of the sensory analysis of brewed coffee samples from the region of Pluma Hidalgo
 13 (Oaxaca, México)

Sample	Fragrance/Aroma	Flavor	Aftertaste	Acidity	Body	Balance	Sweetness	Uniformity	Clean Cup	Overall score	Defects	Final score
PH001	7.9±0.2	7.8±0.2	7.7±0.2	5.2±0.7	7.6±0.6	6.9±0.3	5.4±1.1	10.0±0.0	10.0±0.0	7.1±0.3	-	75.6±2.5
PH002	7.5±0.5	7.1±0.5	7.3±0.5	5.5±1.1	8.0±0.4	6.9±0.4	4.6 ±0.4	10.0±0.0	10.0±0.0	6.4±0.4	-5.6±1.8	67.5±2.7
PH003	8.1±0.1	8.0±0.2	7.3±0.3	6.3±0.3	7.4± 0.7	7.1±0.2	5.8±0.8	10.0±0.0	10.0±0.0	6.9±0.3	- 1.3±1.9	75.7±2.3
PH004	8.0±0.1	7.4±0.7	6.7±0.7	4.1±0.8	8.1±0.3	6.4±0.8	4.3±1.1	10.0±0.0	10.0±0.4	6.4±0.4	-9.1±5.7	62.0±7.0
PH005	7.9±0.2	7.6±0.8	7.2±0.7	3.8±1.2	8.0±0.4	6.5±0.9	4.6±1.7	10.0±0.0	10.0±0.0	6.8±0.8	- 3.8±5.8	68.6±8.9
PH006	8.1±0.2	8.0±0.1	7.8±0.3	5.1±0.5	8.1±0.3	7.0±0.2	6.6±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	7.3±0.3	-	77.8±0.9
PH007	8.1±0.1	7.9±0.3	7.7±0.4	5.5±0.6	7.7±0.5	7.1±0.2	5.6±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	6.9±0.4	-	76.5±1.1
PH008	8.0±0.4	7.5±0.5	7.3±0.5	5.2±1.1	7.6±0.4	6.9±0.6	6.5±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	7.0±0.6	- 1.3±3.5	74.8±4.7
PH009	8.0±0.4	8.1±0.1	7.9±0.4	7.1±0.2	8.0±0.3	7.8±0.4	6.8±0.7	10.0±0.0	10.0±0.0	7.8±0.2	-	81.4±1.2
PH010	8.0±0.2	8.1±0.1	7.5±0.3	7.0±0.2	7.7±0.5	7.5±0.1	6.5±0.8	10.0±0.0	10.0±0.0	7.5±0.3	-	79.7±1.1
PH011	8.0±0.4	7.2±0.8	7.3±0.6	5.4±0.6	7.5±0.3	6.8±0.4	5.8±0.4	10.0±0.0	10.0±0.0	6.8±0.2	- 5.0±5.3	69.7±5.8
PH012	8.2±0.2	7.9±0.1	7.6±0.4	7.3±0.6	7.4±0.4	7.4±0.3	6.8±0.7	10.0±0.0	10.0±0.0	7.5±0.3	-	80.1±1.6
PH013	8.3±0.3	8.1±0.3	7.6±0.3	6.8±0.8	8.2±0.4	7.8±0.4	6.6±1.0	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.4	- 1.9±2.6	79.0±1.6
PH014	8.1±0.4	8.1±0.1	7.8±0.4	6.4±0.4	8.2±0.4	7.5±0.3	7.6±0.6	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.4	-	81.3±0.9
PH015	8.2±0.2	8.3±0.2	8.2±0.2	6.6±0.5	8.4±0.3	7.6±0.3	7.9±0.7	10.0±0.0	10.0±0.0	7.9±0.2	-	83.0±0.8
PH016	8.2±0.2	8.2±0.3	7.8±0.4	6.8±0.6	8.3±0.3	7.5±0.3	6.8±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	7.8±0.3	-	81.3±1.3
PH017	8.1±0.4	8.1±0.1	7.9±0.3	7.6±0.2	7.8±0.3	7.7±0.3	7.2±0.3	10.0±0.0	10.0±0.0	7.7±0.2	-	82.1±0.8
PH018	8.2±0.2	8.2±0.2	7.9±0.2	7.7±0.4	8.0±0.2	7.6±0.5	6.9±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	7.7±0.2	-	82.2±1.2
PH019	7.8±0.4	8.1±0.2	7.7±0.4	6.1±1.1	8.0±0.6	7.4±0.4	6.6±1.0	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.5	-	79.3±3.1
PH020	8.2±0.4	8.0±0.2	7.7±0.3	6.6±0.9	7.8±0.5	7.5±0.4	6.9±0.8	10.0±0.0	10.0±0.0	7.6±0.5	-	80.3±1.8
PH021	8.3±0.5	8.1±0.1	7.8±0.3	7.3±0.8	7.8±0.7	7.8±0.2	6.4±1.5	10.0±0.0	10.0±0.0	7.8±0.2	-	81.3±1.8
PH022	8.2±0.2	8.4±0.1	8.1±0.2	7.4±0.4	8.3±0.5	8.1±0.2	8.3±0.4	10.0±0.0	10.0±0.0	8.2±0.3	-	84.9±1.0
PH023	8.4±0.2	8.3±0.2	7.8±0.3	7.8±0.6	8.2±0.2	8.3±0.4	8.1±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	8.2±0.3	-	85.2±1.4
PH024	8.3±0.2	8.3±0.2	7.8±0.3	8.1±0.7	8.0±0.5	8.1±0.1	7.3±0.5	10.0±0.0	10.0±0.0	8.1±0.2	-	83.8±1.1
PH025	8.3±0.3	8.2±0.3	8.0±0.3	7.8±0.8	7.7±0.3	7.7±0.3	7.6±0.9	10.0±0.0	10.0±0.0	8.0±0.4	-	83.2±2.7
Mean	8.1±0.3	8.0±0.5	7.6±0.5	6.4±1.3	7.9±0.5	7.4±0.6	6.5±1.3	10.0±0.0	10.0±0.1	7.4±0.6	-1.1±3.1	78.3±6.5

14

15

16

17 **Table 5.** Relative frequencies of the aromatic groups of brewed coffee from the region of Pluma Hidalgo (Oaxaca, México).

Sample	Bouquet	Resinous Group	Spicy Group	Chocolaty Group	Caramelly Group	Nutty Group	Flowery Group	Fruity Group	Pyrolytic Group	Herbal Group	Defective Group
PH001	Aroma	37.1±0.2	31.0±0.2	5.0±0.1	13.3±0.1	8.6±0.1	5.0±0.1	0	0	0	0
	Flavor	35.1±0.2	41.5±0.3	16.7±0.2	3.1±0.1	3.6±0.1	0	0	0	0	0
	Aftertaste	54.2±0.1	19.0±0.2	17±0.1	3.6±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
PH002	Aroma	35.2±0.1	8.3±0.1	9.1±0.1	16.3±0.2	19.1±0.1	2.8±0.1	0	9.1±0.1	0	0
	Flavor	15.7±0.1	10.3±0.1	27.1±0.2	0	5.6±0.1	0	4.2±0.1	9.8±0.1	0	27.3±0.2
	Aftertaste	13.7±0.0	13.7±0.0	44.7±0.1	0	0	0	0	19.6±0.1	0	8.3±0.1
PH003	Aroma	40.0±0.2	16.7±0.2	13.3±0.1	12.5±0.2	8.3±0.1	9.2±0.1	0	0	0	0
	Flavor	37.5±0.3	19.6±0.1	15.5±0.2	7.1±0.1	11.9±0.1	0	8.3±0.2	0	0	0
	Aftertaste	39.6±0.1	24.6±0.1	19.4±0.2	0	0	0	4.2±0.1	0	0	12.3±0.1
PH004	Aroma	33.3±0.2	15.5±0.2	15.5±0.0	7.7±0.1	20.2±0.2	7.7±0.1	0	0	0	0
	Flavor	27.6±0.1	26.8±0.2	20.7±0.2	3.6±0.1	0	0	0	9.2±0.1	0	12.1±0.1
	Aftertaste	23.7±0.2	28.9±0.0	0	3.6±0.1	0	0	0	0	0	43.9±0.2
PH005	Aroma	56.3±0.2	16.7±0.1	0	14.6±0.1	12.5±0.3	0	0	0	0	0
	Flavor	44.4±0.1	27.2±0.2	23.4±0.2	0	0	0	0	0	0	5.0±0.1
	Aftertaste	31.3±0.1	29.0±0.2	22±0.2	0	0	0	0	3.6±0.1	0	14.2±0.2
PH006	Aroma	29.2±0.1	23.3±0.2	0	24.2±0.1	15±0.2	8.3±0.2	0	0	0	0
	Flavor	29.5±0.2	37.5±0.3	26.8±0.2	0	0	0	6.3±0.1	0	0	0
	Aftertaste	48.8±0.2	19.0±0.2	28±0.3	0	0	0	4.2±0.1	0	0	0
PH007	Aroma	34.1±0.1	14.8±0.1	26.8±0.2	24.3±0.2	0	0	0	0	0	0
	Flavor	10.7±0.1	32.1±0.2	37.5±0.2	3.6±0.1	3.6±0.1	0	12.5±0.3	0	0	0
	Aftertaste	14.9±0.1	26.8±0.1	54.8±0.1	0	3.6±0.1	0	0	0	0	0
PH008	Aroma	56.3±0.3	8.3±0.1	12.5±0.2	14.6±0.1	4.2±0.1	4.2±0.1	0	0	0	0
	Flavor	33.9±0.2	26.8±0.1	7.1±0.1	19.6±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	6.3±0.1
	Aftertaste	35.4±0.3	33.3±0.3	11.5±0.1	13.5±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
PH009	Aroma	40.7±0.2	8.3±0.2	9.2±0.1	16.3±0.1	13.6±0.2	11.9±0.1	0	0	0	0

	Flavor	17.0±0.1	24.1±0.2	14.4±0.0	6.7±0.1	4.2±0.1	0	33.6±0.2	0	0	0
	Aftertaste	29.6±0.2	31.3±0.1	13.9±0.1	2.8±0.1	0	0	22.4±0.1	0	0	0
	Aroma	39.9±0.1	32.1±0.1	15.5±0.1	8.3±0.1	4.2±0.1	0	0	0	0	0
PH010	Flavor	38.2±0.1	39.9±0.2	15.6±0.2	6.3±0.1	0	0	0	0	0	0
	Aftertaste	30.1±0.2	39.0±0.1	16.5±0.1	7.3±0.1	0	0	0	3.6±0.1	0	3.6±0.1
	Aroma	39.6±0.1	25.0±0.2	12.5±0.2	16.7±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
PH011	Flavor	17.9±0.1	21.4±0.1	34.5±0.2	0	0	0	11.3±0.1	0	0	14.9±0.0
	Aftertaste	38.3±0.1	27.9±0.1	4.2±0.1	0	6.3±0.1	0	10.0±0.2	0	0	13.3±0.1
	Aroma	39.5±0.2	29.7±0.3	25.2±0.2	2.8±0.1	0	2.8±0.1	0	0	0	0
PH012	Flavor	20.8±0.1	37.2±0.3	20.5±0.1	3.1±0.1	3.1±0.1	0	12.5±0.3	2.8±0.1	0	0
	Aftertaste	11.9±0.1	50.4±0.1	30.8±0.1	0	0	0	4.2±0.1	2.8±0.1	0	0
	Aroma	45.2±0.1	12.5±0.2	6.3±0.1	24.6±0.1	8.3±0.2	3.1±0.1	0	0	0	0
PH013	Flavor	24.7±0.1	38.1±0.2	22.8±0.2	2.8±0.1	0	0	9.2±0.1	0	2.5±0.1	0
	Aftertaste	35.3±0.3	16.5±0.1	12.5±0.1	6.3±0.1	0	0	3.6±0.1	0	9.8±0.1	16.1±0.1
	Aroma	31.4±0.2	3.6±0.1	32.6±0.2	10.7±0.1	6.3±0.1	7.7±0.1	7.7±0.1	0	0	0
PH014	Flavor	31.8±0.1	23.5±0.1	29.0±0.1	3.6±0.1	0	3.6±0.1	3.6±0.1	0	0	5.0±0.1
	Aftertaste	28.1±0.2	26±0.3	39.6±0.1	0	0	0	6.3±0.1	0	0	0
	Aroma	31.3±0.0	22.9±0.2	12.5±0.1	12.5±0.1	10.4±0.1	4.2±0.1	0	6.3±0.1	0	0
PH015	Flavor	20.2±0.1	36.2±0.3	14±0.0	3.1±0.1	0	4.2±0.1	22.3±0.2	0	0	0
	Aftertaste	34.4±0.2	40.1±0.2	16.3±0.1	4.2±0.1	0	0	0	5.0±0.1	0	0
	Aroma	42.1±0.3	8.6±0.1	13.6±0.1	17.1±0.1	10.0±0.1	5.0±0.1	0	3.6±0.1	0	0
PH016	Flavor	35.0±0.1	39.3±0.3	15.7±0.1	0	0	5.0±0.1	5.0±0.1	0	0	0
	Aftertaste	44.0±0.1	25.9±0.1	15.5±0.1	0	0	10.4±0.1	0	4.2±0.1	0	0
	Aroma	36.2±0.1	10.8±0.2	18.4±0.1	17.9±0.1	7.5±0.2	6.7±0.1	0	2.5±0.1	0	0
PH017	Flavor	11.1±0.1	23.8±0.2	29.8±0.2	3.6±0.1	8.3±0.2	0	14.3±0.3	9.1±0.1	0	0
	Aftertaste	30.9±0.1	29.9±0.1	11.5±0.1	6.9±0.1	3.1±0.1	0	5.9±0.1	8.7±0.1	0	3.1±0.1
	Aroma	47.5±0.1	21.3±0.2	8.1±0.1	18.1±0.1	2.5±0.1	2.5±0.1	0	0	0	0
PH018	Flavor	26.7±0.1	35.8±0.3	21.8±0.2	0	3.1±0.1	6.3±0.1	6.3±0.1	0	0	0
	Aftertaste	51.2±0.1	35.4±0.2	10.3±0.1	3.1±0.1	0	0	0	0	0	0

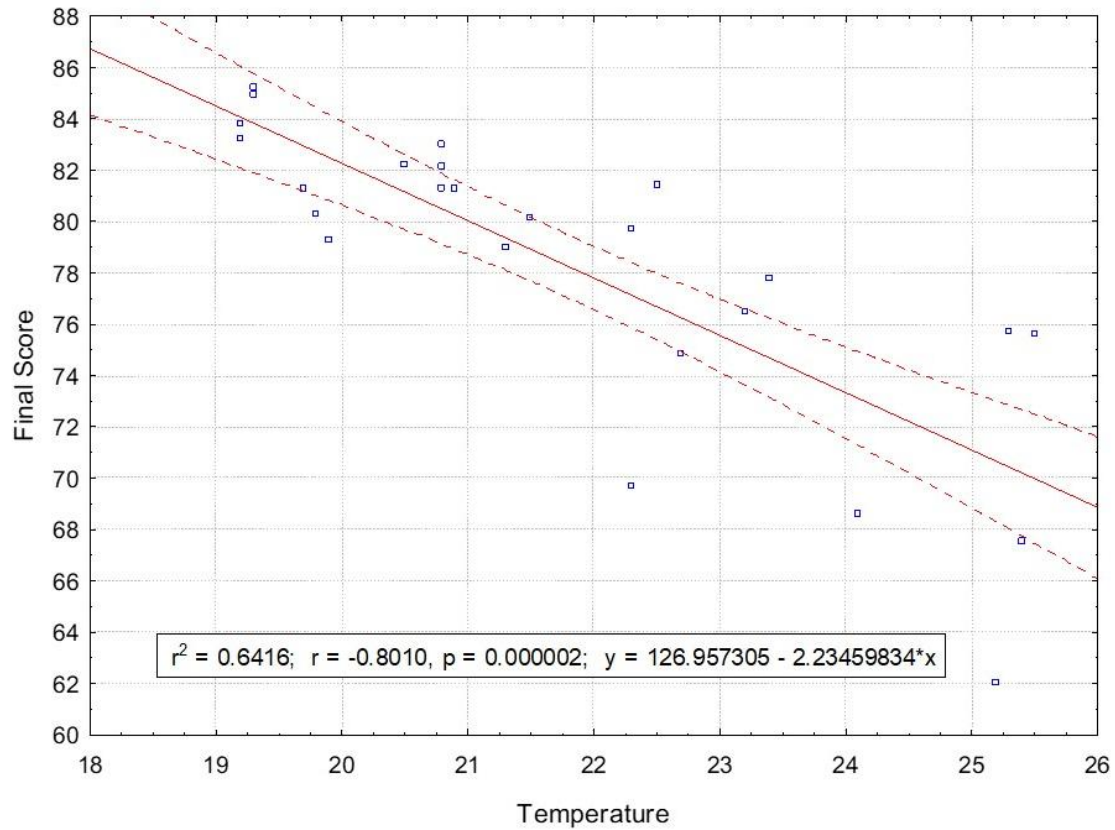
PH019	Aroma	28.3±0.1	9.2±0.1	8.3±0.2	24.2±0.3	17.5±0.1	0	0	8.3±0.2	0	4.2±0.1
	Flavor	22.6±0.1	26.2±0.2	16.1±0.1	11.3±0.1	7.1±0.1	8.3±0.2	8.3±0.2	0	0	0
	Aftertaste	40.5±0.1	31.5±0.2	7.7±0.1	11.9±0.1	0	0	0	8.3±0.2	0	0
PH020	Aroma	30.0±0.2	12.5±0.2	9.2±0.1	25.0±0.2	5.0±0.1	18.3±0.2	0	0	0	0
	Flavor	8.1±0.1	40.6±0.3	9.4±0.1	13.5±0.1	4.2±0.1	5.0±0.1	19.2±0.3	0	0	0
	Aftertaste	16.7±0.1	29.2±0.2	33.3±0.3	14.6±0.1	0	0	6.3±0.1	0	0	0
PH021	Aroma	39.5±0.2	11.5±0.2	16.2±0.1	6.7±0.1	2.8±0.1	23.4±0.1	0	0	0	0
	Flavor	12.6±0.1	24.9±0.2	27.5±0.2	6.3±0.1	0	12.6±0.1	16.1±0.2	0	0	0
	Aftertaste	14.0±0.1	37.5±0.2	28.3±0.2	5.6±0.1	0	2.8±0.1	11.8±0.1	0	0	0
PH022	Aroma	34.8±0.1	11.3±0.1	19.3±0.2	20.5±0.1	0	10.0±0.2	4.2±0.1	0	0	0
	Flavor	20.1±0.0	36.1±0.2	10.4±0.1	6.9±0.1	0	6.3±0.1	20.1±0.0	0	0	0
	Aftertaste	14.9±0.1	34.5±0.1	8.3±0.2	11.3±0.1	0	8.3±0.2	22.6±0.2	0	0	0
PH023	Aroma	24.7±0.1	16.1±0.2	21.1±0.1	9.8±0.1	0	24.7±0.1	3.6±0.1	0	0	0
	Flavor	27.9±0.2	28.1±0.2	8.1±0.1	0	0	10.0±0.2	22.7±0.1	0	3.1±0.1	0
	Aftertaste	15.5±0.2	31.5±0.2	13.3±0.2	8.6±0.1	0	5.0±0.1	26.1±0.2	0	0	0
PH024	Aroma	34.0±0.3	11.3±0.1	20.2±0.2	5.0±0.1	0	29.4±0.2	0	0	0	0
	Flavor	25.2±0.0	38.2±0.1	3.1±0.1	2.8±0.1	0	15.7±0.1	14.9±0.1	0	0	0
	Aftertaste	28.0±0.1	35.1±0.3	8.3±0.2	0	0	12.5±0.2	16.1±0.1	0	0	0
PH025	Aroma	43.2±0.3	3.6±0.1	16.1±0.1	14.0±0.1	11.9±0.2	11.3±0.1	0	0	0	0
	Flavor	7.7±0.1	23.8±0.2	8.3±0.1	7.7±0.1	3.6±0.1	24.4±0.1	24.4±0.3	0	0	0
	Aftertaste	8.6±0.1	34.5±0.1	9.8±0.1	0	8.6±0.1	14.8±0.1	12.5±0.3	0	0	11.3±0.1
Total	Aroma	38.0±0.2	15.4±0.2	13.9±0.1	15.1±0.1	7.5±0.1	7.9±0.1	0.9±0.0	1.2±0.0	0	0.2±0.0
	Flavor	24.1±0.2	30.4±0.2	19.0±0.2	4.6±0.1	2.3±0.1	4.1±0.1	11.3±0.2	1.2±0.0	0.2±0.0	2.8±0.1
	Aftertaste	29.3±0.2	30±0.2	19.1±0.2	4.1±0.1	0.9±0.0	2.2±0.1	6.7±0.1	2.2±0.1	0.4±0.0	5.0±0.1

20 Table 6. Results of the analysis of Pearson correlation (r) between the temperature and the
 21 relative frequency of aromatic groups present in the aroma, taste and aftertaste of coffee
 22 beverages from the region of Pluma Hidalgo region (Oaxaca, Mexico).

Descriptor	Fragrance/Aroma		Flavor		Aftertaste	
	r	p	r	p	r	p
Cedar	0.38	0.0600	0.55	0.0041**	0.43	0.0322*
Maple syrup	-0.11	0.5945	-0.17	0.4267	-0.21	0.3052
Resinous group	0.21	0.3068	0.41	0.0424*	0.30	0.1497
Clove-like	-0.16	0.4414	0.09	0.6733	-0.24	0.2411
Pepper	0.36	0.0736	0.29	0.1665	0.07	0.7445
Coriander seed	0.14	0.5014	-0.57	0.0028**	-0.49	0.0123*
Spicy group	0.33	0.1116	-0.27	0.1959	-0.51	0.0096**
Dark chocolate	0.11	0.6103	0.49	0.0128*	0.19	0.3514
Toast	-0.14	0.5160	0.16	0.4579	0.31	0.1330
Vanilla	-0.42	0.0382*	-0.04	0.8319	-0.21	0.3131
Chocolaty group	-0.35	0.0871	0.36	0.0787	0.22	0.2950
Coffee blossom	-0.39	0.0566	-0.56	0.0039**	-0.26	0.2142
Honeyed	-0.18	0.3796	--	--	--	--
Tea rose	-0.29	0.1526	-0.49	0.0121*	-0.53	0.0062**
Flowery group	-0.47	0.0172*	-0.70	0.0001***	-0.54	0.0054**
Lemon	-0.25	0.2330	-0.24	0.2515	-0.01	0.9606
Black currant-like	-0.14	0.5178	-0.52	0.0084**	-0.45	0.0238*
Fruity group	-0.21	0.3048	-0.56	0.0033**	-0.45	0.0249*
Fresh butter	-0.23	0.2749	0.06	0.7768	-0.09	0.6620
Caramel	0.17	0.4181	-0.25	0.2323	-0.38	0.0578
Caramelly group	-0.02	0.9305	-0.16	0.4376	-0.37	0.0721
Roasted almonds	-0.00	0.9992	0.40	0.0482	--	--
Roasted hazelnuts	0.58	0.0025**	0.17	0.4143	-0.18	0.3834
Walnuts	-0.09	0.6773	0.04	0.8537	0.04	0.8473
Nutty group	0.46	0.0215*	0.24	0.2548	-0.15	0.4600
Roasted coffee	0.05	0.7987	0.48	0.0141*	0.16	0.4545
Pipe tobacco	-0.10	0.6386	0.14	0.4921	0.18	0.3813
Pyrolytic group	0.04	0.8667	0.36	0.0766	0.20	0.3258
Cucumber	--	--	-0.23	0.2716	-0.05	0.8154
Herbal group	--	--	-0.23	0.2716	-0.05	0.8154
Rubber	--	--	0.24	0.2401	0.40	0.0466
Smoke	--	--	0.39	0.0516	0.50	0.0108*
Straw	--	--	0.36	0.0795	-0.28	0.1794
Cooked beef	-0.19	0.3682	--	--	0.45	0.0249*
Leather	--	--	0.34	0.0989	0.06	0.7869
Defective group	-0.19	0.3682	0.49	0.0128*	0.45	0.0230*

23

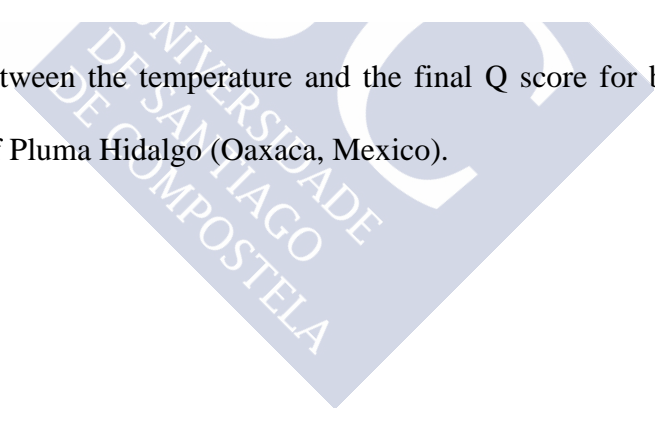
(*) significant (p<0,05), (**) significant (p<0,01), (***) significant (p<0,001)

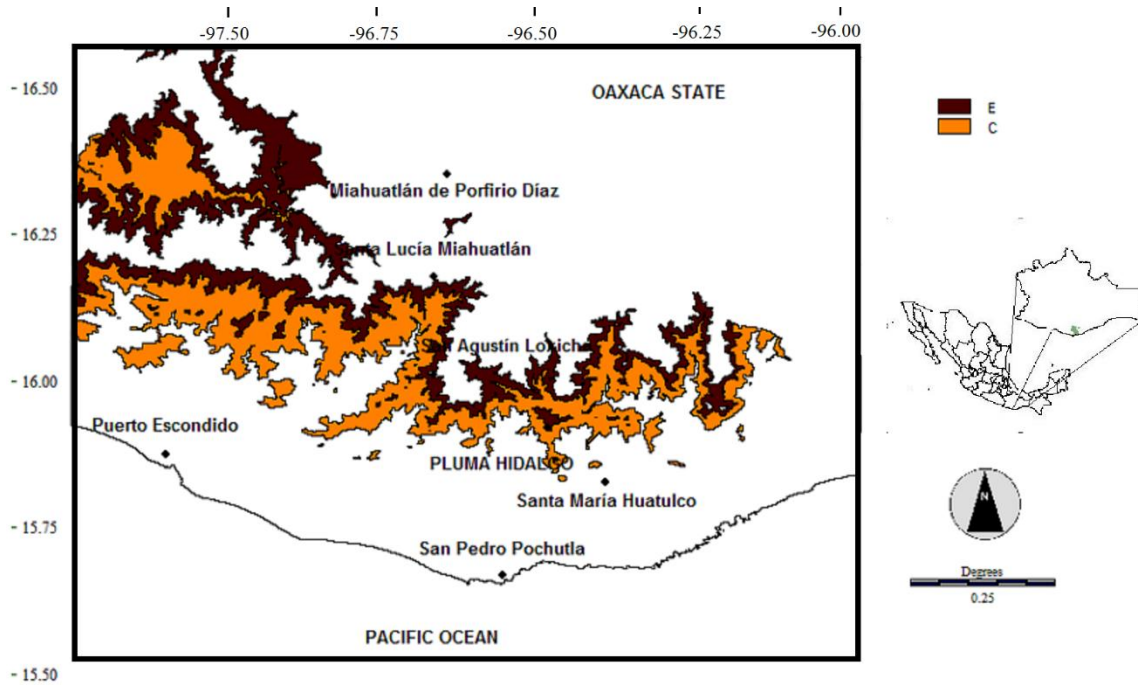


1

2 **Figure 1.** Relationship between the temperature and the final Q score for brewed coffee
 3 samples from the region of Pluma Hidalgo (Oaxaca, Mexico).

4





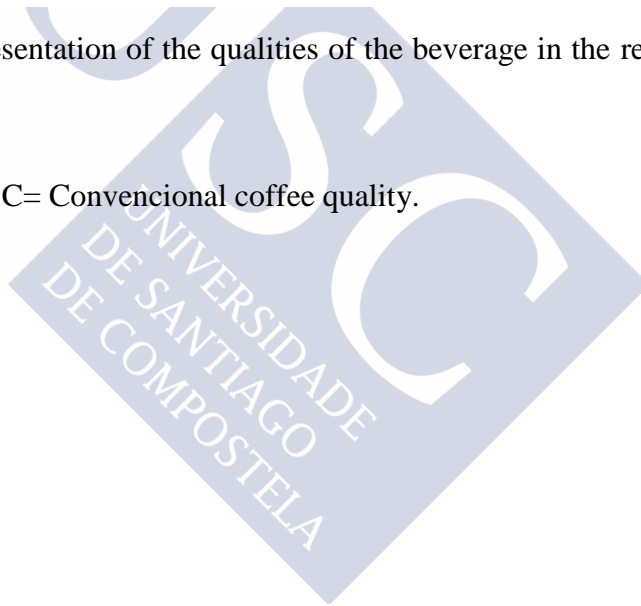
5

6 **Figure 2.** The spatial representation of the qualities of the beverage in the region of Pluma
 7 Hidalgo (Oaxaca, Mexico).

8 E= Specialty coffe quality, C= Convencional coffee quality.

9

10





De: Journal of Sensory Studies
A: [ROMERO RODRIGUEZ MARIA ANGELES](mailto:ROMERO_RODRIGUEZ_MARIA_ANGELES)
Cc: gerpase@yahoo.com.mx; [MUÑOZ FERREIRO MARIA DE LAS NIEVES](mailto:MUÑOZ_FERREIRO_MARIA_DE_LAS_NIEVES); [VAZQUEZ ODERIZ MARIA LOURDES](mailto:VAZQUEZ_ODERIZ_MARIA_LOURDES); [ROMERO RODRIGUEZ MARIA ANGELES](mailto:ROMERO_RODRIGUEZ_MARIA_ANGELES); eperezpor8@gmail.com
Asunto: Journal of Sensory Studies - Manuscript ID JOSS-OA-18-0066 [email ref: SE-6-a]
Fecha: viernes, 18 de mayo de 2018 10:27:11

18-May-2018

Dear Dr. Romero-Rodríguez:

Your manuscript entitled "INFLUENCE OF THE POST-HARVEST PROCESSING OF THE "GARNICA" COFFEE VARIETY ON THE SENSORY CHARACTERISTICS AND OVERALL ACCEPTANCE OF THE BEVERAGE" by Partida-Sedas, Gervasio; MUñoz-Ferreiro, Nieves; Vázquez-Oderiz, Lourdes; Romero-Rodríguez, M^a Angeles; Pérez-Portilla, Emiliano, has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Journal of Sensory Studies.

Co-authors: Please contact the Editorial Office as soon as possible if you disagree with being listed as a co-author for this manuscript.

Your manuscript ID is JOSS-OA-18-0066.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at <https://mc.manuscriptcentral.com/joss> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/joss>.

Thank you for submitting your manuscript to Journal of Sensory Studies.

Sincerely,
Journal of Sensory Studies Editorial Office



1 **INFLUENCE OF THE POST-HARVEST PROCESSING OF THE “GARNICA” COFFEE**
2 **VARIETY ON THE SENSORY CHARACTERISTICS AND OVERALL ACCEPTANCE**
3 **OF THE BEVERAGE**

4 **José Gervasio Partida-Sedas^{1,2}, M^a Nieves Muñoz Ferreiro², M^a Lourdes Vázquez-Odériz²,**
5 **M^a Ángeles Romero-Rodríguez^{2*} and Emiliano Pérez-Portilla¹**

6

7 *¹ Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, México.*

8 *² Áreas de Nutrición y Bromatología y de Tecnología de Alimentos. Departamento de Química*
9 *Analítica, Nutrición y Bromatología. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de*
10 *Ciencias. Campus de Lugo. 27002 Lugo. Spain*

11 *Corresponding author E-mail: angeles.romero@usc.es

12 Telephone number +34982822421

13

14



15 **ABSTRACT**

16 Evaluating how the post-harvest processes of coffee influence the sensory characteristics of the
17 obtained beverage makes it possible to innovate in order to satisfy niche markets, increase cost-
18 benefit advantages, and comply with environmental and quality standards. In this study, four post-
19 harvest processes (“natural”, “depulping”, “fermenting”, and “washing”) were carried out on the
20 “Garnica” variety coffee fruit. The beverage resulting from each process underwent a sensory
21 evaluation by expert cuppers to characterize it with a descriptive analysis, as well as by consumers,
22 to find out its overall acceptance. The red wine bouquet of the beverage, as obtained through the
23 “natural” process, conditions the overall acceptance of consumers, and the acceptance of the other
24 coffees is conditioned by the fragrance having a note of lemon. The “depulping” and
25 “fermentation” processes represent viable options to the “washed” coffee, with similar sensory
26 characteristics and general acceptance, but with a lower environmental impact. With an acceptance
27 map from a multiple factor analysis of the sensory and hedonistic data, it was found that, when
28 applied to Garnica variety coffee, the “depulping” process represents a viable option to replace
29 “washed” coffee processing.

30 **KEYWORDS:** coffee processing; descriptive analysis; consumer survey; multiple factor analysis;
31 acceptance map.

32

33 1. INTRODUCTION

34 In the world market, coffee is mainly differentiated by the species (*C. arabica* or *C. canephora*)
35 and by the type of post-harvest process (“natural” or “washing”). The post-harvest process to obtain
36 “natural” coffee, which is known as the dry process, does not use water; it is the oldest and most
37 affordable method traditionally used in countries with dry weather such as Ethiopia and Yemen,
38 and subsequently in Brazil. To obtain “washed” or “soft” coffee, the humid post-harvest process is
39 used. This method, known as “wet milling”, was subsequently developed and is the most common
40 one in Colombia, Mexico, Guatemala, Honduras, Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, among other
41 countries. This technology requires large amounts of energy and water; in fact, some authors report
42 a range between 1 and 10 m³ of water per t of fresh fruit, and, thus, negatively impacts the
43 environment (Chapagain & Hoekstra 2007; Subedi, 2011; Boot, 2016; GIZ, 2016).

44 There is the need to innovate in the production systems and post-harvest processes of coffee in
45 order to minimize repercussions on the supply of water for human consumption, as well as to
46 prevent the contamination of the aquatic ecosystems in the bodies of water that receive mill
47 wastewaters. On the other hand, innovations in the post-harvest process of coffee should also
48 present advantages in benefit and cost, abide by environmental standards, and obtain products that
49 comply with quality standards and take into consideration consumer preferences. The effect of the
50 post-harvest method in the quality of the beverage is an important factor that is being studied more
51 and more (Bytof, Selmar & Schieberle, 2000; Leloup, Gancel, Liardon, Rytz & Phiton, 2004;
52 Bytof, Knopp, Schieberle, Teutsch & Selmar, 2005; Selmar, *et al.* 2005; Knopp, Bytof, & Selmar,
53 2006; González-Ríos *et al.*, 2007; Daniels, 2009; Duarte, Pereira, & Farah, 2010; Joët *et al.*, 2010;
54 Tarzia, Dos Santos & De Oliveira, 2010; Arruda *et al.* 2012; Silva, 2014; Fernandes, da Silva,
55 Oliveira & Miranda., 2014; Koskei, Patrick, & Simon, 2015; Lee, Cheong, Curran, Yu & Liu,

56 2015; Garo, Shara & Mare, 2016; Hamdouche *et al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2017). However, there is
57 little information on the impact that post-harvest processes might have on consumer assessments.
58 Therefore, the objective of this study is to understand how the type of coffee processing (natural
59 or dry, humid or washed, depulped and fermented) affects the organoleptic characteristics and the
60 overall acceptance of the consumer towards the beverages obtained in order to make innovations
61 in the post-harvest processes that will allow for the reduction of costs, water and energy.

62 **2. MATERIALS AND METHODS**

63 **2.1. Coffee samples**

64 Coffee fruit of the “Garnica” variety, cultivated at 1,330 meters above sea level in the region of
65 Huatusco in Veracruz (Mexico) were used as raw material. The said fruits were subjected to four
66 post-harvest processes: a) “Natural” process: the fruits were only dried; b) Depulping process: the
67 exocarp of the fruit was eliminated and the bean with the adhered mesocarp was dried; c)
68 “Fermentation” process: the exocarp of the fruit was eliminated and, after being left to rest for 24
69 hours at room temperature, the beans were then dried; d) “Washing” process: the exocarp of the
70 fruit was eliminated and, after being left to rest for 24 hours at room temperature, the beans were
71 washed to eliminate the mesocarp and were then dried. A solar dryer was utilized to dehydrate the
72 beans until reaching 12% humidity in all of the processes.

73 **2.2. Characterization of the post-harvest processes**

74 To characterize each post-harvest process, technological (characteristics of the processes, time of
75 each process, temperature of the processes, coffee quality), environmental (use of water in the
76 processes, energy used in the processes, and amount of waste generated), and economic variables
77 (raw materials, auxiliary materials, inputs and labor) were measured.

78 **2.3. Preparation of the beverage**

79 The procedure for the preparation of the beverage was based on the technical parameters issued by
80 the INEI (2006). Thus, the whole-bean coffee of each sample was ground in a mill (Mahlkoning
81 model K30ES). Subsequently, 7.0 ± 0.5 g of coffee were placed in the filter holder for the extraction
82 of the infusion in the espresso machine (“La Cimbali” model M22 Premium), with water at 88 ± 2
83 °C and a pressure of 9 ± 1 bar during 25 ± 5 seconds. An espresso (25 ± 2.5 mL) was obtained. The
84 Americano style beverage was prepared with approximately 200 mL of coffee extract (8 espressos)
85 and hot water was added to reach 1000 mL in order to carry out a sensory evaluation. The dilution
86 obtained was kept in a thermos (BUNN, Airpot model) at more than 55°C until the moment when
87 the sensory evaluation was carried out.

88 **2.4. Sensory Analysis**

89 A panel of expert cuppers carried out a sensory evaluation of the beverage obtained from the four
90 processes through the descriptive analysis technique. The beverage of each process applied was
91 served in cups and evaluated in at least two tasting sessions for each of the 10 judges. The samples
92 were presented to the panel in a codified and random manner, using a complete block design.

93 The valued attributes were integrated into the SCAA (2015) cupping protocol: odor, taste,
94 aftertaste, acidity, sweetness, body, balance and evaluation; along with the aromatic notes present
95 in the bouquet of the beverage, taking as reference the set of 36 aromatic essences of Le Nez du
96 Café (Lenoir, 2008). The evaluation was carried out in triplicate in a laboratory under controlled
97 conditions.

98 **2.5. Consumer survey**

99 To know how the different coffee pro-harvest processes influence the overall acceptance of the
100 obtained beverage, a group of regular coffee consumers from the Huatusco region in Veracruz
101 (Mexico) was selected. Of a total of 450 potential consumers 66 people participated in this study,
102 66% were men and 34% were women, and their average age was 27.

103 The Americano style beverages were prepared and presented in the same conditions as those used
104 for the panel of cuppers. A 5-point hedonic scale (hated, did not like, indifferent, like, love) was
105 utilized to determine the overall acceptance of the beverage by consumers, following the method
106 validated by da Cunha, Braz, Ribeiro, de Lacerda & Stedefeldt. (2013).

107 **2.6. Data analysis**

108 Technical, environmental and economic indicators, as well as correlation and main component
109 analyses were utilized to characterize the processes. The efficiency of the panel was evaluated
110 through a factor variance analysis. A variance analysis model (F-test) together with the significance
111 of its coefficients (T-test), and a principal component analysis (PCA) were used to find the
112 influence of the processing of coffee on the sensory characteristics of the resulting beverage. A
113 Kruskal-Wallis analysis of variance—a non-parametric and rank-based method—was utilized on
114 the assessments presented by the consumers. A principal component analysis (PCA), linear
115 regressions, and a multiple factor analysis (MFA) were done to carry out an analysis on the relation
116 of the sensory variables assessed by the panel of experts with those for the consumer acceptance
117 survey. For the realization of the statistical analyses, the FactoMineR (Lê, Josse y Husson, 2008).
118 and SensoMineR (Husson, Lê y Cadoret, 2014) software by R (RDevelopment Core Team 2017)
119 were utilized.

120 **3. RESULTS**

121 **3.1. Characterization of the post-harvest processes**

122 According to the PCA carried out with the data of the technological, environmental and economic
123 variables, it can be observed that the indicators that explain 84% of the variability are: the operation
124 costs, the use of energy, the water consumed in the process, and the technological difficulty. These
125 four variables make it possible to characterize the post-harvest processes shown in Table 1.
126 Regarding the analyzed indicators, the results allow us to organize the post-harvest processes from

127 the point of view of least technological difficulty, lower environmental impact, and maximum
128 economy, in the following order: “natural”, “depulped”, “fermented”, and “washed”.

129 **3.2. Characterization of the beverage by sensory evaluation panel**

130 3.2.1. Panel effectiveness

131 Table 2 presents the results of the variance analysis applied to the data acquired from the sensory
132 evaluation of the beverage obtained after the application of the different post-harvest processes to
133 the coffee fruit. The results show that the panel is replicable and concordant, since it presents few
134 significant interactions (panelist-session and sample-panelist).

135 3.2.2. Sensory profile of each process

136 The aromatic notes present in the bouquet of the beverage included 12 out of the 36 essences
137 specified in Le Nez du Café (coffee blossom, lemon, fresh butter, dark chocolate, tea rose, caramel,
138 black currant-like, coriander seed, toast, walnuts, vanilla, and maple syrup) plus one note that is
139 not included in these essences and which the panel defined as red wine.

140 As can be observed in Table 2, the processing of coffee significantly influences 7 of the 21 sensory
141 characteristics that were evaluated. The attributes affected by the processing of coffee were: red
142 wine ($p < 0.001$), coffee blossom ($p = 0.001$), lemon ($p = 0.004$), acidity ($p = 0.011$), body ($p = 0.013$),
143 fresh butter ($p = 0.032$), and dark chocolate ($p = 0.034$).

144 Table 3 shows the average values of the descriptors of the beverage obtained after the
145 implementation of each of the post-harvest processes being studied. According to the variance
146 analysis on the effect of the processes (Test F and the significance of the test T coefficients), the
147 values above the mean of the attribute in each process that are significantly different are indicated
148 in bold, while the values below the mean that are significantly different are highlighted in gray.

149 The “natural” process shows the biggest differences with respect to the other processes. The red
150 wine note is unique to this process and presents the highest body value. The fermentation process

151 stands out among the other three processes, and shows higher average values for the caramel, coffee
152 blossom, sweetness, balance, toast, acidity and aftertaste attributes.

153 Figure 1 presents the results of the PCA with the representation of the sensory attributes of the
154 beverage and of each post-harvest process, according to the assessments of the panel of experts in
155 the first two dimensions. The variables that are significantly linked to dimension 1—that explain
156 61.6% of the variability—, organized according to the correlation sign and the p value are: overall
157 score ($r=0.997$, $p=0.002$), flavor ($r=0.996$, $p=0.004$), aftertaste ($r=0.994$, $p=0.006$), acidity
158 ($r=0.990$, $p=0.01$), tea rose ($r=0.985$, $p=0.01$), red wine ($r=-0.970$, $p=0.03$), and maple syrup ($r=-$
159 0.986 , $p=0.01$). No significant correlation was found in dimension 2, which explains 30.3% of the
160 variability.

161 On the positive side of dimension 1 from the PCA (Figure 1), the coffees for which the exocarp of
162 the fruit had been removed, or “washing”, “depulping” and “fermentation”, were grouped together.
163 And on the negative side, the “natural” method (with exocarp) is located.

164 The “washed” and “depulped” coffee show the greatest similarity, although it is the “washed”
165 coffee that presents significantly superior values in the black currant-like note ($p<0.05$) of the
166 beverage bouquet. This might be due to the incorporation of tannins and acids to the bean during
167 the washing process. Whereas the “depulped” coffee sample only significantly stands out due to
168 the fresh butter note ($p<0.05$) in the bouquet, which could be due to the fact that this process favors
169 butyric fermentation.

170 The “fermented” coffee sample differs from the rest due to its greater intensity with regard to
171 aftertaste ($p<0.05$), acidity ($p<0.05$), balance ($p<0.05$) and sweetness ($p<0.05$); as well as its
172 aromatic toast ($p<0.05$), coffee blossom ($p<0.05$), and caramel ($p<0.05$) notes in the bouquet. This
173 coincides with the average values of the T test presented in Table 3. This sample is graded with a

174 complex and intense aromatic profile and with the highest grade for a “specialty” market (Q grade
175 = 85).

176 The results confirm that the distinctive character of coffees without the exocarp (“washed”,
177 “depulped”, and “fermented”) is not strictly due to the fermentation process of the mesocarp
178 adhered to the bean during its rest period before drying. The behavior observed in these post-
179 harvest processes implies the activation of the initial metabolism of the germination of the bean,
180 favored by the elimination of the exocarp of the fruit and the initial high humidity and temperature
181 conditions, as was established by Bytof *et al.* (2000). This metabolic process is responsible for the
182 generation of acidity in the beverage, as mentioned by Bytof *et al.* (2005), and for the aromatic
183 compounds that contribute to the complexity of the bouquet (flavor and aftertaste mainly in the tea
184 rose notes, which could possibly be related to malic acid, and in the lemon note related to citric
185 acid). This, in turn, is reflected in the general evaluation shown by the panel of experts.

186 “Natural” coffee is located on the negative side of dimension 1 from the PCA; this is the result of
187 another metabolism of the bean since it keeps all its layers (exocarp and mesocarp) until it dries.
188 This type of process is correlated with the maple syrup ($p < 0.05$) and red wine ($p > 0.05$) aromatic
189 notes, as well as with the intensity of the body ($p > 0.05$) of the beverage in dimension 2. The red
190 wine note might be due to the apparent anaerobic fermentation of the acids and other organic
191 compounds present, given that the tea rose and lemon notes, as well as the acidity attribute, are not
192 as frequent in this coffee.

193 The results of this analysis confirm that the sensory profile of the “natural” coffee beverage is
194 significantly different from the processed coffees with no exocarp (“washed”, “depulped”, and
195 “fermented”) due to the fact that the beans go through different metabolic processes. There are
196 some differences in the aromatic profile among the coffees with no exocarp due to the different
197 post-harvest processes, which coincides with the reports by Koskei *et al.* (2015). It should be noted

198 that two very similar processes—the “washing” and “fermentation” processes—were different,
199 with the “fermented” coffee standing out in seven of the attributes (aftertaste, acidity, balance and
200 sweetness, as well as in the toast, coffee blossom and caramel notes) when compared to the
201 “washing” process. On the other hand, the “washed” coffee presents results that are similar to those
202 of the “depulped” coffee, which is subjected to the drying process without letting it rest. It is
203 assumed that some of the aromatic compounds developed during the rest period of the “washed”
204 coffee are partially lost with the washing of the bean, as is also mentioned by Selmar *et al.* (2005).

205 **3.3. Consumer survey**

206 The consumers evaluated the Americano style beverage elaborated from the beans that were subject
207 to the four post-harvest processes. The results obtained from the ANOVA of the Kruskal-Wallis
208 rank test applied to the assessments of the consumers show that there are no significant differences
209 ($p=0.066$) in the overall acceptance among the different types of coffee. However, the p value is
210 very close to the decision values of the hypothesis test. In order to thoroughly analyze the behavior
211 of the group of consumers studied, Figure 2 shows the categorized histogram where the
212 distributions of the acceptance hedonic scales for each post-harvest process are observed to be
213 neither homogenous nor similar. The resulting trends indicate that 37.9% of the consumers
214 positively assessed the coffee of the four processes (liked and loved). The “washed” coffee received
215 the best grades (50%), followed by the coffees that were subjected to the “depulping”, “natural”
216 and “fermentation” processes with 34.9%, 33.3% and 33.3%, respectively. Twenty-five percent of
217 the consumers show indifference to the coffee obtained through the four processes. These
218 differences in the overall acceptance will be analyzed along with the results presented by the panel
219 of experts to find their causes in the following analyses.

220 **4. DISCUSSION**

221 **4.1. Relation between the sensory assessment and the preference of the consumer group**

222 We proceed to analyze the relation of the sensory attributes evaluated by the panel of cuppers with
223 the overall acceptance of the consumer group. When applying the PCA to the acceptance data of
224 the consumers, it can be observed that dimension 1 explains 37.7% of variability, whereas
225 dimension 2 explains 33.3% (Figure 3). Thus, the configuration of the location of the processes
226 changes. “Natural” coffee completely opposes “washed” coffee, whereas in the PCA of Figure 1 it
227 was the “fermented” coffee. The overall evaluation of consumers towards “natural” coffee is
228 conditioned by the red wine note of the bouquet ($r=-0.961$, $p=0.039$), whereas the evaluation of the
229 “fermented”, “depulped” and “washed” coffee samples, to the right in dimension 1, is conditioned
230 by the odor ($r=0.973$, $p=0.027$) and the lemon note of the bouquet ($r=0.968$, $p=0.032$).

231 In order to propose coffees from alternative processes, i.e. not the traditional (“washed”) one, that
232 allow for the reduction of costs, water and energy, but that do not affect the consumer acceptance,
233 the analytical information from the panel of cuppers, as well as the hedonic information provided
234 by the consumer group, is synthetized with an MFA. To evaluate and interpret the types of coffee
235 in space, some of the coefficients of the MFA are considered, as recommended by Lê & Worch
236 (2015). The first evaluated criterion is the value of the first eigenvalue of the MFA, the value of
237 which is 1.943, indicating that the first dimension of both groups (analytical and hedonic) tends to
238 be homothetic. This means that the principal dimension of analytical space variability coincides
239 with the main differences in terms of acceptance among coffees, which is consistent with Figures
240 1 and 3.

241 The next criterion evaluated is the RV coefficient, which measures the link between the two groups
242 of variables: objective (panel of experts) and subjective (consumers). The RV coefficient among
243 the groups is 0.84, indicating that there is a strong link between the two data matrices. The next
244 criterion that was assessed was the Lg coefficient, which measures the richness of the common
245 structure between the two groups; the higher the Lg value, the greater the common structure. The

246 Lg value for the hedonic group is 2.37—which is much more multidimensional—, whereas it has
247 a value of 1.24 for the sensory group, and between them it is 1.45, implying that the grades given
248 by the cuppers to the descriptors can be used to explain the hedonic assessment of the consumers,
249 as shown in Figure 4(a).

250 The partial axes show a high correlation between the assessments of the cuppers and those of the
251 consumers. This confirms that the first plane of the sensory space is the best possible solution in
252 two dimensions to explain the acceptance data.

253 In the individual map of MFA factors (Figure 4(b)), each post-harvest process is presented with its
254 partial scores. In general, very little difference is observed between the objective and subjective
255 perceptions in dimension 1 (45.4% of inertia), with “fermented” coffee being the one with the
256 greatest difference. On the other hand, “natural” coffee presents the lowest inertia and is the farthest
257 from the rest of the coffee samples, implying a broad consensus in both evaluations. The coffees
258 with no exocarp (“washed”, “depulped”, and “fermented”) are very close in dimension 1 and, in
259 the comparison between the sensory and hedonic perceptions, they present a greater internal inertia.
260 The greater internal inertia of the “fermented” coffee is due to the fact that the panel of experts
261 ranks it as different from the “depulped” and “washed” coffees in dimensions 1 and 2, just as the
262 consumer group does in dimension 2. This means that this process produces a beverage that is
263 different from “washed” coffee.

264 Regarding the organoleptic characteristics evaluated by the cuppers, coffee beverages can be
265 divided into three groups: (1) “natural” on the negative side of the map in dimension 1; (2)
266 “washed” and “depulped” on the positive side in dimension 1 and negative in dimension 2; and (3)
267 “fermented” on the positive side of dimensions 1 and 2. This last process is presented as different
268 within the group of coffee where the exocarp was eliminated; it is assumed that when the bean is
269 not washed, after letting it rest for 24 hours, the inertia of the metabolism continues during the sun

270 drying process. This might allow for the generation of other precursory compounds of aromas
271 inside the bean; something that does not occur in the other processes, possibly due to the washing
272 of the beans in the “washing” process and to the immediate drying of the bean after eliminating the
273 exocarp in the “depulping” process. This bean behavior must be considered in a future study.

274 Next, a solution called PrefMFA is pursued in order to section the overall acceptance of consumers
275 and find a process with an acceptance similar to that of the traditional (“washed”) process based
276 on the MFA of the information provided by consumers and cuppers. This solution reveals how the
277 first drawing of the group of variables assessed by the panel of cuppers corresponds to the best
278 two-dimensional solution to explain the behavior of the acceptance data of the beverage. The
279 PrefMFA solution is presented in Figure 5, where it can be observed that the “depulped” coffee is
280 located in a zone with better acceptance (approximately 40%) and is very close to “washed” coffee.
281 This implies that, from the point of view of consumer acceptance, the “depulping” process is a
282 viable solution for the replacement of coffee obtained from the traditional process. Located at the
283 extremes of the map, the “natural” and “fermented” coffees with similar acceptance—but with
284 different sensory characteristics—are alternative products for different groups of consumers. This
285 map represents a balanced solution where the weight of the evaluations of the cuppers increases
286 and is consistent with Figure 1. This allows for the illustration of which sensory attributes of the
287 beverage affect the overall acceptance of the consumers. In this manner, the overall acceptance of
288 the consumers who participated in the study can be characterized as: (1) the group of consumers
289 who accept “washed” and “depulped” coffee, which have very similar sensory characteristics such
290 as the fresh butter bouquet and lighter body ($p < 0.5$); (2) the group of consumers who accept the
291 “natural” coffee due to its red wine bouquet and heavier body ($p < 0.5$); and (3) the group of
292 consumers (gourmet niche) who accept “fermented” coffee due to its caramel, coffee blossom and

293 toast bouquet, as well as its better balance due to its greater aftertaste, acidity and sweetness
294 ($p < 0.5$).

295 **5. CONCLUSIONS**

296 The sensory assessment carried out by a panel of experts allows for the characterization of brewed
297 Garnica coffee and the differentiation of the effects of processing with different post-harvest
298 treatments. It has been confirmed that the post-harvest processes modify the sensory characteristics
299 of the beverage and that they can be classified according to the permanence of the exocarp and the
300 mesocarp of the fruit. According to the indicators assessed in this study, the most convenient
301 technological route is the “natural” post-harvest process (with exocarp). However, the sensory
302 attributes of the resulting beverage are completely different, mainly in the red wine bouquet that
303 conditions the overall acceptance of consumers ($p < 0.05$). Meanwhile, the overall consumer
304 acceptance of coffee which undergoes post-harvest processes that imply the elimination of the
305 exocarp is conditioned by the odor and the lemon note ($p < 0.05$). Within this group, the “depulped”
306 and “fermented” coffees show advantages over the “washed” coffee as they require fewer
307 processes, have a lower cost and require lower water consumption. The coffee beverage resulting
308 from the “fermentation” process stands out with respect to the other beverages due to its aromatic
309 profile and the intensities of its attributes, and receives a higher consumer rating. The beverages
310 resulting from the “washed” and “depulping” processes are very similar as far as the sensory
311 attributes evaluated by the panel of experts are concerned, and show similar scores. Thus, the
312 “depulping” process as applied to Garnica variety coffee represents a viable option to replace
313 “washed” coffee.

314 The results obtained allow for the presentation of information about the possibility of transitioning
315 to post-harvest processes that represent an alternative to the traditional “wet milling” method to the
316 agents and organisms that manage the coffee sector in order to raise awareness among them. These

317 results also offer information to consumers regarding the existence of other coffee options with
318 similar or different sensory characteristics to “washed” coffee, but which have a lower
319 environmental impact.

320 **6. REFERENCES**

- 321 Arruda, N.P; Hovell, A.M.C.; Rezende, C.M.; Freitas, S.P.; Couri, S. and Bizzo, H.R. 2012.
322 Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias
323 seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais.
324 *Quim. Nova*, 35(10), 2044-2051.
- 325 Boot, W. From the cherry to the green bean - post harvesting coffee processing. (2016). Retrieved
326 from Boot Camp Coffee: [https://bootcampcoffee.com/wp-](https://bootcampcoffee.com/wp-content/uploads/2013/03/coffeeprocessing-handbook.pdf)
327 [content/uploads/2013/03/coffeeprocessing-handbook.pdf](https://bootcampcoffee.com/wp-content/uploads/2013/03/coffeeprocessing-handbook.pdf)/Accessed 4 November 2016
- 328 Bytof, G.; Selmar, D. and Schieberle, P. (2000). New aspects of coffee processing: how do the
329 different postharvest treatments influence the formation of potential flavour precursors?
330 *Journal of applied botany*, 74, 131-136. ISSN 0949-5460
- 331 Bytof, G.; Knopp, S.E.; Schieberle, P.; Teutsch, I. and Selmar, D. (2005). Influence of processing
332 on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. *Journal European Food*
333 *Research and Technology*, 220, 245-250. doi:10.1007/s00217-004-1033-z
- 334 Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2007). The water footprint of coffee and tea consumption
335 in the Netherlands. *Ecological Economics* , 64(1), 109 – 118.
336 doi:10.1016/j.ecolecon.2007.02.022
- 337 da Cunha, D. T.; Braz A. B., R., Ribeiro, R., de Lacerda O. P. L. and Stedefeldt, E. (2013). Métodos
338 para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar: validación de la tarjeta
339 lúdica. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 357-363. doi: 10.4067/S0717-
340 75182013000400005

341 Daniels, N. (2009). Variations in Coffee Processing and their Impact on Quality and consistency.
342 (Msc. Thesis. Michigan Technological University). In:
343 [https://www.mtu.edu/peacecorps/programs/forestry/pdfs/noah-daniels-thesis-](https://www.mtu.edu/peacecorps/programs/forestry/pdfs/noah-daniels-thesis-final.pdf)
344 [final.pdf/Accessed 4 october 2017.](https://www.mtu.edu/peacecorps/programs/forestry/pdfs/noah-daniels-thesis-final.pdf)

345 Duarte, G. S., Pereira, A. A. and Farah, A. (2010). Chlorogenic acids and other relevant compounds
346 in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. *Food*
347 *Chemistry*, 118(3), 851-855, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.042>.

348 Fernandes, M. F. C., da Silva, A. B., Oliveira, N. M. S. and Miranda, J. M. (2014). The influence
349 of peeling and type of drying on chemical and sensorial analysis of organic coffee. *Food*
350 *Science and Technology (Campinas)*, 34(2), 230-234. Epub June 10, 2014.
351 <https://dx.doi.org/10.1590/fst.2014.0036>

352 Garo, G., Shara, S. and Mare, Y. (2016). Assessment of harvest and post-harvest factors affecting
353 quality of Arabica coffee in Gamo Gofa Zone, Southern Ethiopia. *African Journal of*
354 *Agricultural Research*, 11(24), 2157-2165. Doi: 10.5897/AJAR2015.10449.

355 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2016). Coffee waste water
356 treatment. Obtenido de Sustainable Agriculture Initiative Platform:
357 [http://www.saiplatform.org/uploads/Library/6Coffee_Waste_Water_treatmentV4.pdf/Accessed 11](http://www.saiplatform.org/uploads/Library/6Coffee_Waste_Water_treatmentV4.pdf)
358 [November 2016](http://www.saiplatform.org/uploads/Library/6Coffee_Waste_Water_treatmentV4.pdf)

359 González-Ríos, O., Suárez-Quiroz, M. L., Boulanger, R., Barel, M., Guyot, B., Guiraud, J. -P., *et*
360 *al.* (2007). Impact of "ecological" post-harvest processing on the volatile fraction of coffee
361 beans: I. Green coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 289-296.

362 Hamdouche, J. C., Meile, J.C., Nganou, D.N., Durand, N., Teyssier, C. and Montet, D. (2016).
363 Discrimination of post-harvest coffee processing methods by microbial ecology analyses.
364 *Food Control*, 65, 112-120. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.022>.

365 Husson, F, Lê, S and Cadoret, M. (2014). SensoMineR: Sensory data analysis with R. R package
366 version 1.20. <https://CRAN.R-project.org/package=SensoMineR>

367 Istituto Nazionale Espresso Italiano (INEI) (2006). L'espresso italiano e il cappuccino Italiano
368 certificati. Editore: Centro Studi Assaggiatori soc. coop. Brescia (Italy). Available at:
369 http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf Accessed 24 May
370 [2017](http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_inei_lq_it.pdf).

371 Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doubeau, S., Bertrand, B., de Kochko, A. and Dussert, S.
372 (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the
373 biochemical composition of green arabica coffee beans. *Food Chemistry*, 118, 693-701.
374 <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>

375 Knopp, S., Bytof, G. and Selmar, D. (2006). Influence of processing on the content of sugars in
376 green arabica coffee beans. *Eur Food Res Technol*, 223, 195. doi:10.1007/s00217-005-
377 0172-1.

378 Koskei, K. R., Patrick, M. and Simon, M. (2015). Effects of coffee processing technologies on
379 physico-chemical properties and sensory qualities of coffee. *African Journal of Food*
380 *Science*, 9(4), 230-236. doi: 10.5897/AJFS2014.1221.

381 Lê, S., Josse, J. and Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis.
382 *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. doi: 10.18637/jss.v025.i01.

383 Lê, S. and Worch, T. (2015). *Analyzing sensory data with R*. CRC Press. Boca Raton, FL. USA.

384 Lee, L.W.; Cheong, M.W.; Curran, P.; Yu, B. and Liu, S. Q. (2015). Coffee fermentation and flavor
385 – An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*, 185, 182-191.
386 <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>.

387 Leloup, V., Gancel, C., Liardon, A., Rytz, A. and Phiton, A. (2004) Impact of wet and dry process
388 on green coffee composition and sensory characteristics. (*In: ASIC proceedings of 20th*
389 *International Conference in Coffee Science*) [CD-ROM]. Bangalore: ASIC.

390 Lenoir, J. (2008). *Le nez du café*. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Belgique: Ed. Jean Lenoir.

391 Knopp, S.; Bytof, G. and Selmar, D. (2006). Influence of processing on the content of sugars in
392 green Arabica coffee beans. *Journal European Food Research and Technology*. 223
393 (2),195-201. doi:10.1007/s00217-005-0172-1

394 R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R
395 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.

396 Ribeiro, L.S.; Ribeiro, D. E.; Evangelista, S.R.; da Cruz P. M., Marques P., Meira B. and Freitas
397 S. 2017. Controlled fermentation of semi-dry coffee () using starter cultures: A sensory
398 perspective. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 32-38.
399 <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.008>.

400 Specialty Coffee Association of America (SCAA). (2015). SCAA protocols-Cupping specialty
401 coffee. Retrieved from SCAA Protocols [https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-](https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf)
402 [protocols.pdf/Accessed 22 Marc 2017](https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf).

403 Selmar, D., Bytof, G., Knopp, S.E., Bradbury, A., Wilkens, J. and Becker, R. (2005). Biochemical
404 insights into coffee processing: Quality and nature of green coffees are interconnected with
405 an active seed metabolism. In: "*Proceedings of the 20ème Colloque Scientifique*
406 *International sur le Café*": ASIC, Paris.

407 Silva, C.F. 2014. Microbial activity during coffee fermentation. In R.F. Swan, & G.E. Fleet (Eds.),
408 *Cocoa and Coffee Fermentation* (pp. 633). Boca Raton , FL: CRC Taylor & Francis.

409 Subedi, R. N. (2011). Comparative analysis of dry and wet processing of coffee with respect to
410 quality and cost in Kavre district, Nepal: a case of Panchkhal village. *International*
411 *Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 2, 181-193.

412 Tarzia, A., Dos Santos S., M. B. and De Oliveira P., C. L. (2010), Influence of the postharvest
413 processing method on polysaccharides and coffee beverages. *International Journal of Food*
414 *Science & Technology*, 45, 2167–2175. doi:10.1111/j.1365-2621.2010.02388.x.

415



417 **Table 1.** Characteristics of the coffee post-harvest processes obtained with the most relevant variables as given by the PCA

418

Post-harvest treatment	Technology	Water use	Environmental impact	Energy use	Operating costs
Washing	Larger infrastructure. Greater technological complexity. Requires at least 5 processes (selection, depulping, fermentation, washing and drying).	Uses the largest amount of water. The minimum water volume required is 1 L·kg ⁻¹ of fresh fruit processed	Generates liquid and solid waste that require treatment to reduce their impact on the environment	Utilizes energy in a ratio of 0.283 kW·h·kg ⁻¹ of fresh fruit	The operating cost is of 0.62\$·kg ⁻¹ of fresh fruit
Fermentation	Less infrastructure than in the “washing” process. The bean washing operation is eliminated. The technological difficulty is greater. Drying and storage is a critical point due to the high load of microorganisms in the bean.	Presents a water saving of 67%, with respect to the “washing” process	Liquid waste is reduced, but the same amount of solid waste is produced	Uses the same amount of energy as the “washing” process	The operating cost is similar to the “washing” process.
Depulping	Less infrastructure than in the “fermentation” process. The technological difficulty is in the possible contamination with fungi during the drying and storage of the bean.	Uses 83% less water than the “washing” process for the depulping process and the cleaning of the equipment	Decreases wastewater and the exocarp of the fruit as solid residue is the same as in the “washing” process	The energy used is mostly renewable and represents 26% less than the “washing” process	Its operating cost is 39% less than in the “washing” process
Natural	Represents the lowest technological difficulty, requires little infrastructure, only comprises two processes (selection and drying).	Does not require the use of water	Does not generate liquid or solid waste. Its impact on the environment is minimal.	The energy required in the drying process is 32% more than in the “washing” process	Its operating cost is 32% less than in the “washing” process

419

420

421 **Table 2.** ANOVA results (p values associated with the F test) for the effects evaluated by the panel of expert cuppers

422

Attribute	Sample	Panelist	Session	Sample: Panelist	Sample: Session	Panelist: Session
Red wine	0.000 ***	0.295 ns	0.422 ns	0.288 ns	0.455 ns	0.455 ns
Coffee blossom	0.001 **	0.733 ns	0.630 ns	0.780 ns	0.015 *	0.224 ns
Lemon	0.004 **	0.189 ns	0.137 ns	0.827 ns	0.001 **	0.721 ns
Acidity	0.011 *	0.007 **	0.619 ns	0.128 ns	0.018 *	0.843 ns
Body	0.013 *	0.104 ns	0.089 ns	0.308 ns	0.140 ns	0.153 ns
Fresh butter	0.032*	0.024 *	0.824 ns	0.444 ns	0.993 ns	0.516 ns
Dark chocolate	0.034*	0.024 *	0.013 *	0.710 ns	0.018 *	0.530 ns
Sweetness	0.051 ns	0.617 ns	0.514 ns	0.750 ns	0.053 ns	0.695 ns
Tea rose	0.066 ns	0.023 *	0.422 ns	0.099 ns	0.112 ns	0.659 ns
Flavor	0.067 ns	0.081 ns	0.010 *	0.225 ns	0.098 ns	0.850 ns
Overall score	0.083 ns	0.149 ns	0.104 ns	0.107 ns	0.038 *	0.126 ns
Caramel	0.112 ns	0.006 **	0.506 ns	0.499 ns	0.263 ns	0.285 ns
Odor	0.117 ns	0.279 ns	0.320 ns	0.756 ns	0.361 ns	0.427 ns
Balance	0.118 ns	0.070 ns	0.032 *	0.050 ns	0.352 ns	0.352 ns
Black currant-like	0.130 ns	0.881 ns	0.050 ns	0.280 ns	0.237 ns	0.237 ns
Aftertaste	0.180 ns	0.122 ns	0.022 *	0.001 **	0.028 *	0.165 ns
Coriander seed	0.225 ns	0.156 ns	0.627 ns	0.881 ns	0.598 ns	0.287 ns
Toast	0.342 ns	0.840 ns	0.043 *	0.033 *	0.115 ns	0.809 ns
Walnuts	0.601 ns	0.709 ns	0.422 ns	0.356 ns	0.149 ns	0.228 ns
Vanilla	0.925 ns	0.041 *	0.670 ns	0.037 *	0.101 ns	0.030 *
Maple syrup	0.928 ns	0.040 *	0.969 ns	0.190 ns	0.465 ns	0.359 ns

423

424

ns = not significant, () significant (p<0,05), (**) significant (p<0,01), (***) significant (p<0,001)

425 **Table 3.** Average values of the beverage attributes for the different post-harvest coffee processes
 426 that were applied *
 427

Attribute	Nat	Wash	Depul	Ferme
Maple	0.75	0.58	0.58	0.50
Red wine	2.50	-	-	-
Body	8.31	8.06	8.06	8.27
Dark	0.67	0.50	0.92	0.17
Black	0.42	0.92	0.17	0.33
Coriander	0.25	0.58	0.67	0.33
Vanilla	0.25	0.25	0.25	0.42
Caramel	1.17	1.42	1.08	2.08
Fresh	-	0.83	0.92	0.33
Walnuts	0.08	0.25	0.33	0.17
Coffee	0.17	0.08	0.83	1.33
Odor	8.04	8.25	8.27	8.15
Sweetness	7.42	7.48	7.54	7.77
Balance	7.92	8.04	8.02	8.19
Lemon	-	0.75	0.92	0.67
Toast	0.17	0.58	0.58	1.00
Tea rose	0.08	1.00	1.00	1.08
Acidity	7.52	8.04	8.00	8.15
Aftertaste	7.60	7.88	7.92	8.02
Flavor	8.04	8.21	8.25	8.29
Overall	8.00	8.19	8.23	8.27

428
 429
 430

*The significance of their coefficients (T-test) are shown in bold and in gray.

FIGURE CAPTIONS

431
432
433 **Figure 1.** Representation of the sensory attributes of the beverage (gray) and of the post-harvest
434 processes (bold) applied to the coffee in the first two resulting dimensions of the PCA (L=washed,
435 F= fermented, D= depulped, and N=natural).

436
437 **Figure 2.** Histogram with the assessment of the overall acceptance of the different coffees by
438 consumer group.

439
440 **Figure 3.** Representation of the post-harvest processes and of the sensory attributes in the two first
441 resulting dimensions of the PCA on the overall acceptance by consumers (L=washed, F=
442 fermented, D= depulped, and N=natural).

443
444 **Figure 4. (a)** Representation of the resulting dimensions of the separated analyses done on the two
445 first dimensions obtained from an MFA. **(b)** Representation of the post-harvest processes
446 (L=washed, F= fermented, D= depulped, and N=natural) and their partial scores on the other two
447 dimensions obtained from an MFA.

448
449 **Figure 5.** Representation of the coffees of the post-harvest processes: L=washed, F= fermented,
450 D= depulped and N=natural, on the response surface regarding the two first dimensions obtained
451 from an MFA (PreMFA) using the objective and hedonic data.

452
453
454

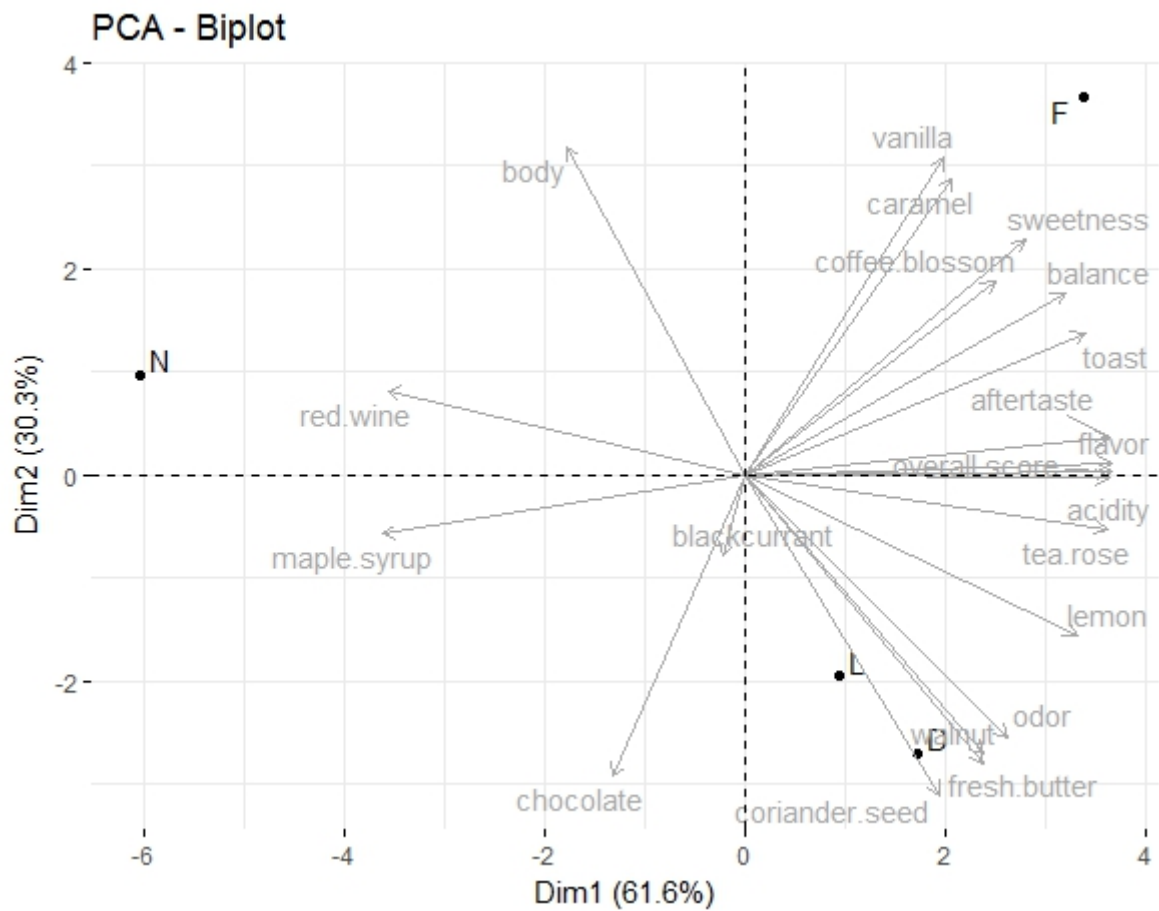


Figure 1. Representation of the sensory attributes of the beverage (gray) and of the post-harvest processes (bold) applied to the coffee in the first two resulting dimensions of the PCA (L=washed, F= fermented, D= depulped, and N=natural).

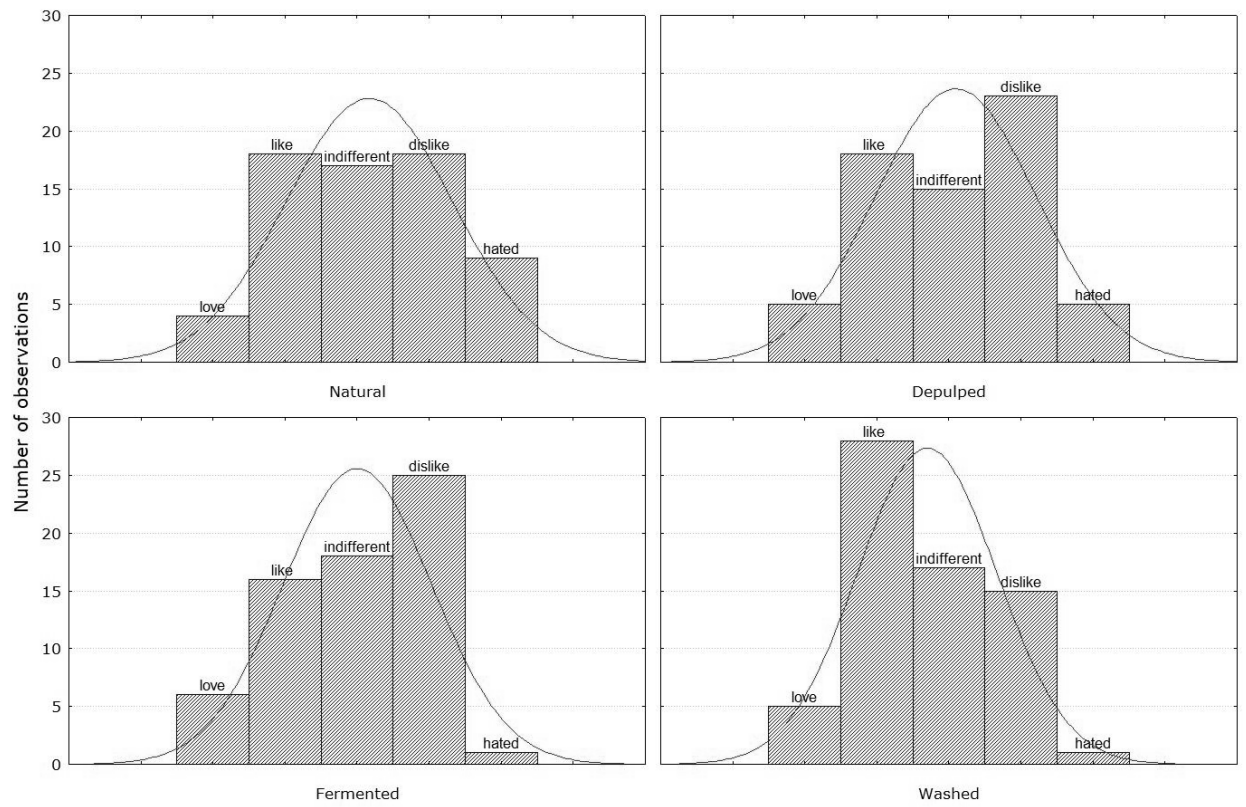
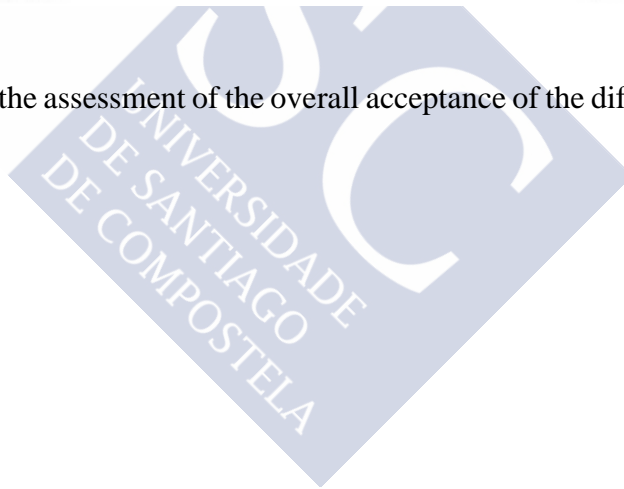


Figure 2. Histogram with the assessment of the overall acceptance of the different coffees by consumer group.



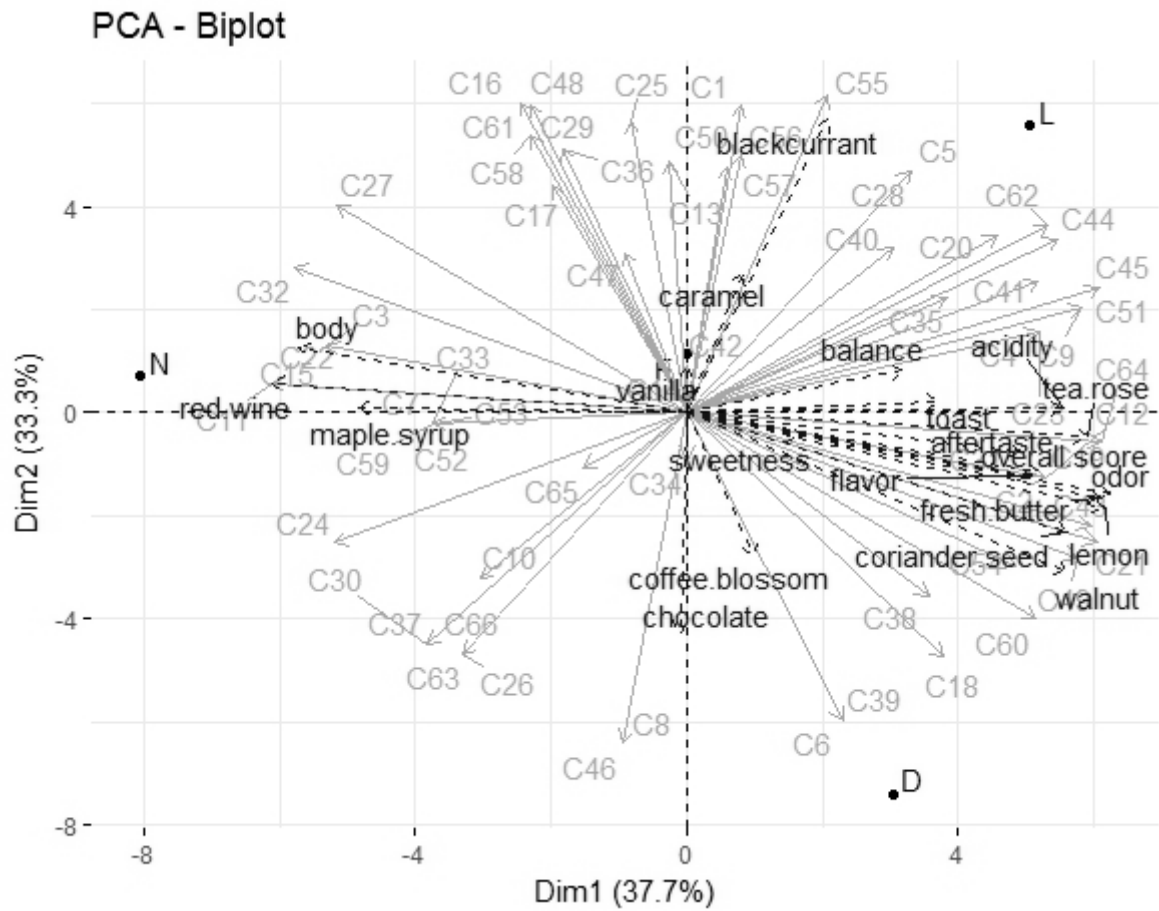


Figure 3. Representation of the post-harvest processes and of the sensory attributes in the two first resulting dimensions of the PCA on the overall acceptance by consumers (L=washed, F= fermented, D= depulped, and N=natural).

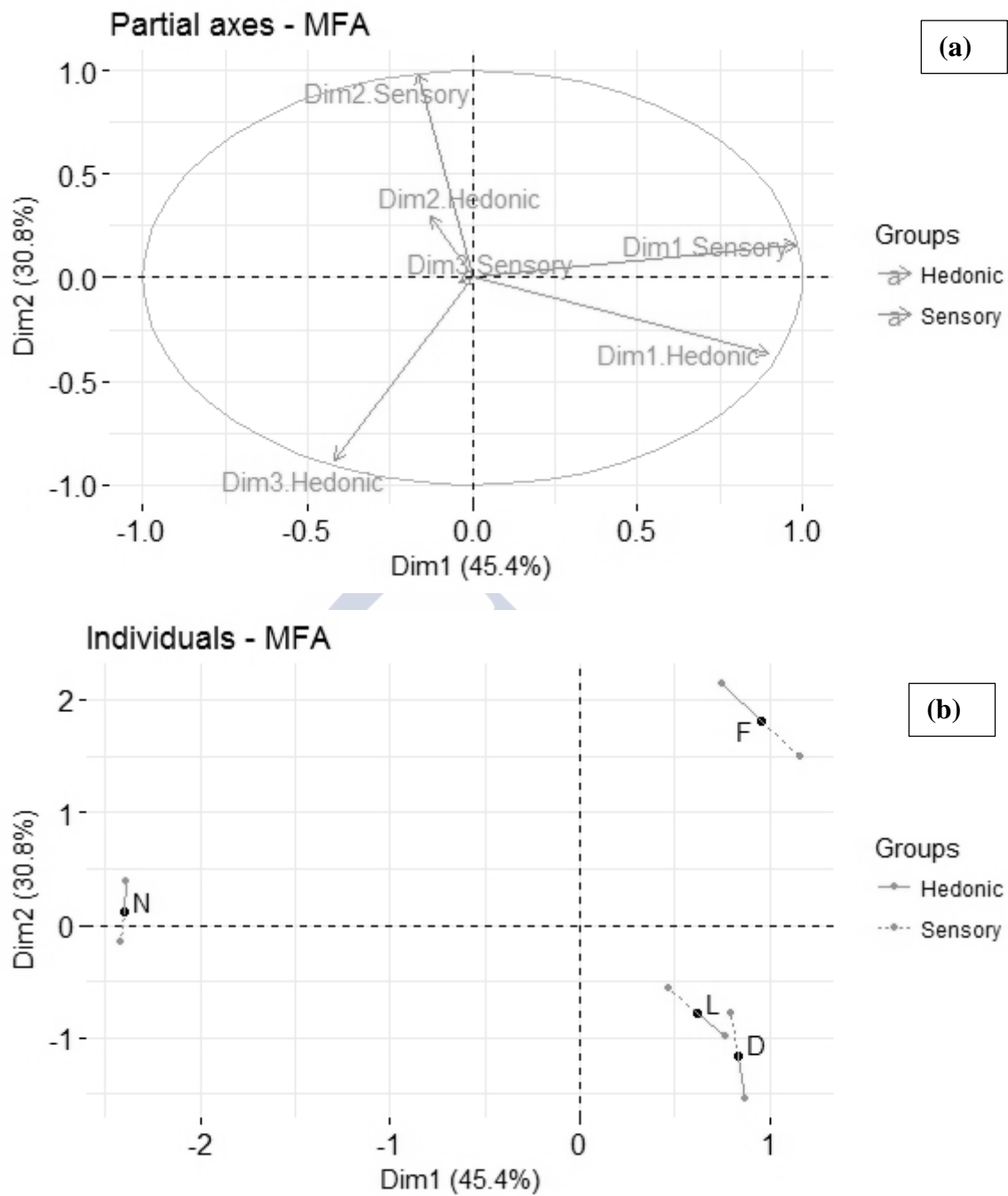
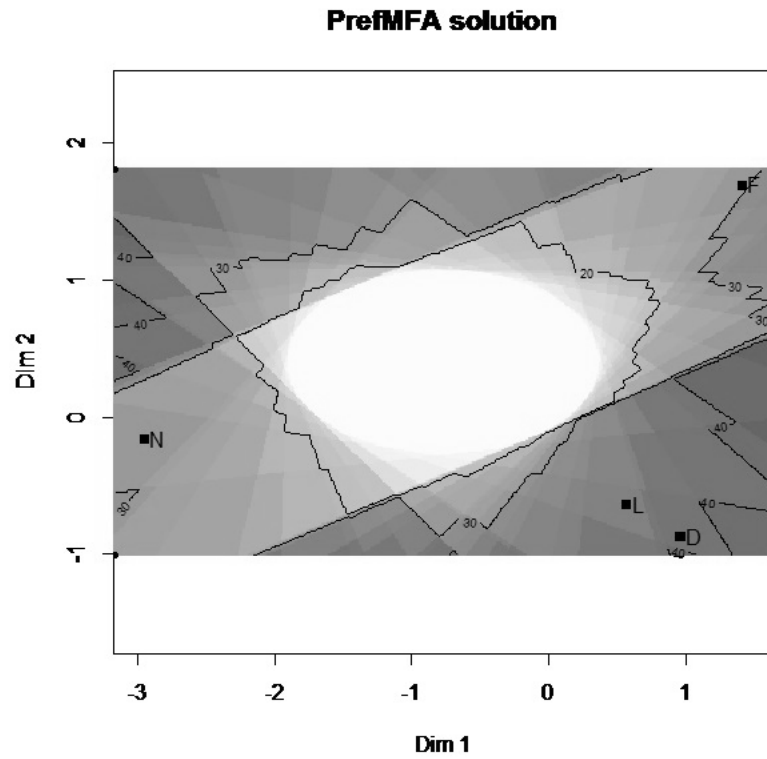


Figure 4. (a) Representation of the resulting dimensions of the separated analyses done on the two first dimensions obtained from an MFA. (b) Representation of the post-harvest processes (L=washed, F= fermented, D= depulped, and N=natural) and their partial scores on the other two dimensions obtained from an MFA.

1



2

3 **Figure 5.** Representation of the coffees of the post-harvest processes: L=washed, F= fermented,
4 D= depulped and N=natural, on the response surface regarding the two first dimensions obtained
5 from an MFA (PreMFA) using the objective and hedonic data.

6

7

9.2. OTRAS PUBLICACIONES ACEPTADAS Y PATENTE





-

- **“Terroir y los agroecosistemas cafetaleros de Veracruz, México”**

Publicado en las memorias del II Seminario Internacional de Agroecología
Universidad Federal Rural de Pernambuco, Brasil 2016.



Congreso Latinoamericano de Agroecología Brasil 2016 RD 9: Tecnologías y sistemas productivos ecológicos

TERROIR Y LOS AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

José Gervasio Partida Sedas^{1,2}
Emiliano Pérez Portilla²
Dámaso Martínez Pérez²
María Ángeles Romero Rodríguez¹

RESUMEN. En un mundo globalizado, la producción, transformación y distribución de alimentos está dominada por la industria transnacional que impone normas y formas homogéneas de los alimentos y de la alimentación. Frente a esta tendencia se encuentran otras que tratan de incorporar más dimensiones a los alimentos que no sea sólo el de tipo económico, sino también ambiental, social, cultural y el sensorial. El objetivo de este trabajo es presentar una experiencia de diferenciación haciendo uso del concepto de *terroir* a los agroecosistemas cafetaleros mediante el estudio de la relación de elementos técnicos ambientales y el bouquet de la bebida, como estrategia alternativa a lo transnacional, industrial y anónimo. Aplicando la disciplina científica de la evaluación sensorial, el bouquet de la bebida se pudo diferenciar y asociar a cuatro tipos de sub *terroir's* de los agroecosistemas cafetaleros de la región centro de Veracruz, México.

Palabras clave: bouquet, diferenciación, evaluación sensorial.

INTRODUCCIÓN

El sabor del terruño (*terroir*) trata de la lucha entre los alimentos producidos industrial y transnacionalmente *versus* lo producido localmente a pequeña escala, entendiéndose como de manera artesanal, lo global vs lo local (Demossier, 2011). Esta tendencia adopta una línea de desarrollo rural francés mediante la implantación del concepto denominado *terroir* (terruño), entendido con simplicidad como el "sabor del lugar", sin embargo es un concepto mucho más complejo y

¹ Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela, España.

² Universidad Autónoma Chapingo, México. Km. 6 Carretera Huatusco-Xalapa, Huatusco, Veracruz. C.P. 94100. E-mail: gerpase@yahoo.com.mx, eperezpor@yahoo.com.mx y damarper@yahoo.com. Tel. y Fax.: +52 273 7340764

en constante construcción. El Instituto Nacional del Origen y de la Calidad de Francia (INAO 2011) define como "un espacio geográfico delimitado, en el cual una comunidad humana construyó en el transcurso de su historia un conocimiento colectivo de producción fundado en un sistema de interacciones entre un medio físico y biológico, y un conjunto de factores humanos; los itinerarios socio-técnicos que derivan de esta situación revelan una originalidad, confieren una tipicidad y conducen un producto originario de este espacio geográfico a obtener una fama".

Sin considerar algunos elementos no menos importantes que se contemplan en el *terroir*, en este escrito se hace énfasis al fuerte vínculo entre las condiciones únicas de una región con la producción de un alimento, en este caso café, que le confiere características sensoriales distintivas. Así los alimentos que se identifican con un nombre debido a su fuerte vínculo al terruño, se les confiere ciertas características que lo hacen auténtico, se entiende como aprehensión por características sensoriales (como su sabor especial) y al significado por el ámbito cultural en el que se producen a pequeña escala.

Sin embargo, en el medio académico se debe ir más allá de la concepción romántica de *terroir* y de los productos tradicionales, típicos y locales. Es necesario reforzar a la producción local con estudios objetivos, tratando de demostrar que efectivamente existen factores locales que le confieren una tipicidad a los productos locales, que los hacen de mejor calidad que los producidos masivamente de manera industrial y transnacional. En la dimensión sensorial, se debe ser objetivo al definir las características sensoriales del alimento que se consume para que se pueda ofertar bajo el concepto de local y típico, de otra forma se vuelve fetichismo mercantil o un exceso de publicidad. Por tanto, el problema de los alimentos del terruño es caracterizarlos en la dimensión sensorial de manera objetiva, es decir definirle el sabor del terruño o en este caso el bouquet del café, que es el perfil aromático presente en el olor, flavor y resabio. Esto debe conducir a definir su tipicidad que hace posible su diferenciación, identificación así como reconocimiento del producto. Por lo que la definición de la tipicidad involucra el estudio de las dimensiones sensoriales, técnicas y ambientales (Cadot *et al*, 2010). Aun cuando el uso del concepto *terroir* no es nuevo, existe poca investigación al respecto. De todos los elementos que interactúan en la definición de *terroir* quizá los más documentados son los factores ambientales. En la literatura científica podemos encontrar algunos, no muchos, artículos que documentan el "efecto *terroir*" o el efecto de los factores naturales en las características sensoriales de algunos

productos agroalimenticios, los que más hay son los que se refieren a los vinos, pero también los hay para sidras y aceites de oliva.

Quizá la documentación más extensa del sabor del terruño se encuentra en las normas que se usan en las denominaciones de origen certificadas, que tratan de definir la tipicidad de los productos bajo protección mediante la caracterización sensorial del producto que se vincula con el terruño, así como su proceso de demarcación y certificación para evitar el engaño al consumidor (INAO, 2011). Este tipo de protección legal para los productos del terruño ha sido ampliamente usado en Europa. Sin embargo, en nuestro contexto esta forma de defender lo local ha tenido poco éxito. México desde 1974 ha sido el primer país no europeo en establecer un sistema de Denominaciones de Origen. El tequila ha sido pionero al usar esta figura legal pero no ha favorecido a lo artesanal (Bowen y Valenzuela, 2009). Además, México en su búsqueda por diferenciar su café también ha sido pionero en establecer la primera denominación de origen para el café Veracruz en el año 2000 a la cual le han seguido el café de Chiapas y se encuentra pendiente la del café Oaxaca.

La tendencia a usar este instrumento legal en café va en aumento en los países productores. Motivados por Starbucks, la empresa líder en cafeterías a nivel mundial, que ha sido pionera en diferenciar su oferta, mediante un eslogan publicitario "Geography is a flavor" para vender sus cafés de origen. Esto es, sin lugar a dudas, un avance en la tendencia mundial de consumo de cafés, de tal suerte que los países productores esperan que en el futuro se deje de consumir mezclas anónimas para que se incremente el consumo de cafés locales y artesanales con un nombre de origen y que sea reconocido por el consumidor. En este sentido se realiza el presente trabajo para caracterizar el bouquet de la bebida de los distintos *terroir's* presentes en los agroecosistemas cafetaleros de la región central de Veracruz, México; como una forma de diferenciar el café en mercados alternativos.

METODOLOGÍA

Del censo cafetalero se tomó una muestra de 74 cafecultores en un transecto de norte a sur de menos de 100 km de la región central del Estado de Veracruz en México. Se caracterizaron agroecológicamente sus unidades de producción registrando información del manejo del agroecosistema, datos climáticos y fenológicos, cobertura arbórea; se tomaron muestras de suelos y se colectaron frutos. Los frutos se beneficiaron de manera artesanal para la obtención de grano verde que posteriormente se evaluó y se tostó para valorar la bebida. De manera

paralela se formó un panel de evaluación sensorial conformado por 5 jueces que recibieron un entrenamiento en análisis descriptivo cuantitativo de la bebida durante seis meses para valorar de manera confiable los atributos principalmente los relacionados con el bouquet (perfil aromático), para lo cual se tomaron como referencia las esencias aromáticas de Le Nez du Café (Lenoir, 2008).

Para probar el efecto del ambiente en el bouquet de la bebida, los agroecosistemas cafetaleros fueron agrupados de acuerdo a sus unidades de suelo en un rango de temperatura media anual de los sitios de entre 18 y 20°C. Los datos fueron analizados en el software Statistica 6.1 (Stat Soft Inc, 2003) mediante la técnica multivariante de análisis de correspondencia que describe la relación entre variables nominales.

RESULTADOS

Del análisis realizado se encontró que los agroecosistemas cafetaleros de esta región en mayor medida se agrupan en 5 unidades de suelo: Acrisol, Andosol, Feozem, Luvisol y Rendzina, para aquellos sitios que tienen una temperatura media anual igual o menor a 20°C. En el análisis de correspondencia podemos observar que las unidades de suelo se asocian a diferentes notas aromáticas del bouquet de la bebida (figura 1). En la dimensión 1 con 54.7% de la inercia se puede observar dos grupos, por un lado los agroecosistemas cafetaleros con unidades de suelos Acrisol, Andosol y Luvisol, mientras que en el otro extremo están Feozem y Rendzina. De igual forma las notas aromáticas del bouquet de la bebida también presentan esta tendencia en la dimensión 1, las notas aromáticas a almendras tostadas y a limón se separan del resto. En la dimensión 2, se muestra una mayor separación de las unidades de suelo y las notas aromáticas aun cuando el valor de inercia es un poco menor (34.2%). De esa manera y considerando las dos dimensiones, se pueden conformar 4 Sub *Terroir's* (ST) diferentes para los agroecosistemas cafetaleros de la región central de Veracruz, con un manejo ecológico y con base a sus unidades de suelo y la temperatura media anual igual o menor a 20°C:

ST 1: Agroecosistemas cafetaleros con unidades de suelo Acrisol y Andosol que presentan bouquet en la bebida con notas aromáticas predominantemente a caramelo, avellanas tostadas y tostado en el bouquet de la bebida.

ST 2: Agroecosistemas cafetaleros con unidades de suelo Luvisol, con notas características a caramelo y miel en el bouquet de la bebida.

ST 3: Agroecosistemas cafetaleros con unidades de suelo Feozem, con notas características a almendras tostadas en el bouquet de la bebida.

ST 4: Agroecosistemas cafetaleros con unidades de suelo Rendzina, con notas características a limón en el bouquet de la bebida.

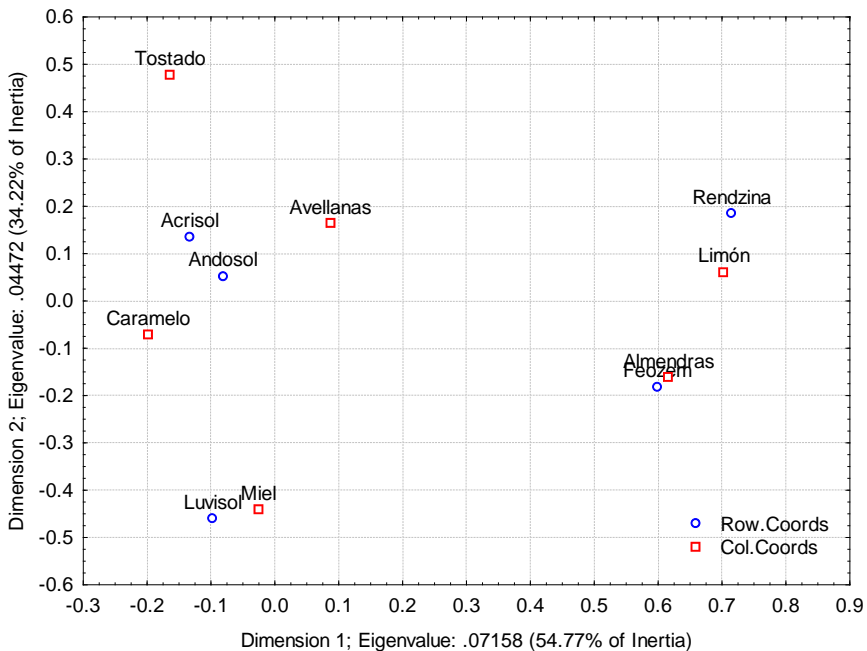


Figura 1. Análisis de correspondencia entre las notas aromáticas del bouquet de la bebida y las unidades de suelo de los agroecosistemas cafetaleros de la región centro del Estado de Veracruz, México.

DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

Para evitar fraudes debe definirse objetivamente el sabor del *terroir* de los diferentes cafés que se ofertan haciendo referencia al origen del café (lo local, lo artesanal). Esto permitirá ofrecer información verdadera y validada para que el consumidor pueda elegir el sabor del *terroir* que prefiera. La mayoría de las denominaciones de origen o cafés de origen no tienen un sabor o bouquet distintivo caracterizado de manera científica, para lo cual el uso del análisis sensorial debe ser la herramienta que determine y certifique los productos del terruño. La

evaluación sensorial como disciplina científica de la ciencia de los alimentos, es una herramienta metodológica que permite la diferenciación consistente del bouquet de la bebida. Así mediante el uso de técnicas estadísticas como el análisis multivariante de correspondencia permite dar consistencia a las relaciones que existen entre variables sensoriales y ambientales de tipo nominal.

De acuerdo a las variables medidas se encontraron 4 Sub *Terroir's* en los agroecosistemas cafetaleros de la región centro del Estado de Veracruz, México; habría que considerar el estudio de las otras dimensiones para poder definir si constituyen un *Terroir* cada uno o forman parte de uno. El bouquet de la bebida muestra una relación con las variables ambientales más importantes como las unidades de suelo y la temperatura media anual de los sitios muestreados. Esto permite establecer la tipicidad de los cafés en los Sub *Terroir's* encontrados en la región centro del Estado de Veracruz para diferenciarlos y darles un nombre específico con el cual puedan ser reconocidos por los consumidores.

REFERENCIAS.

- BOWEN, S. and VALENZUELA Z., A. Geographical Indications, terroir, and socioeconomic and ecological sustainability: The case of Tequila. **Journal of Rural Studies** 25 (2009): 108-119. 2009.
- CADOT, Y.; CAILLE, S.; SAMSON, C.; BARBEAU, G.; CHEYNIER, V. Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by Quantitative Descriptive Analysis, Just About Right analysis and typicality assesment. **Analytica Chimica Acta** 660:53-62. 2010.
- DEMOSSIER, M. Beyond terroir: territorial construction, hegemonic discourses, and French wine culture. **Journal Anthropological Institute** (N.S.) 17: 685-705. 2011.
- LENOIR, J. **Le Nez du Café**. Ed. Jean Lenoir. Abbaye N.D. d'Orval. Florenville, Bélgica. 2008. Pp. 117.
- INAO (Institute National d'Origen et Calidade). **Guise du demandeur d'une papel latino d'orige** (d'AOC/AOP). Versión no. 6 du 07/02/2011. Montreuil-sus-Bois Cedex France. 2011. Pp 26.
- STATSOFT INC. **Statistica 6.1**. Tulsa, OK; U.S.A. 2003.



- **“Innovación y transferencia de tecnología para incrementar la productividad de los sistemas de producción y la calidad del café en México”.**

Publicado en memorias del Foro “Cafecultura mexicana, situación y prospectiva de la Investigación”, CENACAFE, México 2016.



“INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DEL CAFÉ EN MÉXICO”

Partida-Sedas, J. G.³; Pérez-Portilla, E.¹; Martínez-Pérez, D.¹; Romero-Rodríguez, M.A.⁴ y Vázquez-Oderiz, M.L.²

Antecedentes

La cafeticultura nacional atraviesa por un problema de productividad y calidad. Mientras en los últimos 25 años la producción mundial de café se ha incrementado a un ritmo de 2 millones de sacos por año, la producción en México en ese mismo periodo ha disminuido a una tasa de 29 mil sacos por año, al pasar de aproximadamente de 5 a 4 millones de sacos (ICO, 2015). En cuanto a calidad, la mayor parte de la producción de café se vende en el mercado convencional, algunos productores hacen el esfuerzo para diferenciarlo; sin embargo, siguen siendo esfuerzos minoritarios y aislados (Pérez y Pérez, 2011; Berrocal et al., 2009). Ante este panorama es necesario revisar el sector para conocer sus problemas, analizar su forma de organización y generar políticas que permitan incrementar su productividad y competitividad. Al respecto y en atención a las líneas de investigación prioritarias marcadas en el documento base del CENACAFE, este grupo de investigadores propone el presente proyecto para conocer más a fondo el tema de la productividad y la calidad del café en México, así como las dimensiones que adquiere a nivel regional y en los segmentos del mercado nacional e internacional.

Objetivos

Así se propone con este proyecto consolidar una red de investigadores que sea capaz de innovar y emprender acciones eficaces de transferencia de tecnología, generar conocimientos para el desarrollo de capacidades en el sector cafetalero del país con mayor énfasis hacia los cafeticultores más vulnerables. El logro de los objetivos del proyecto se planea a mediano plazo (cinco años). Como meta para este año 2015, de acuerdo al presupuesto asignado y periodo de ejercicio, se propone iniciar con investigación básica de la productividad y calidad en la región Centro de Veracruz.

Metodología

Considerando un periodo de cinco años, el proyecto para su desarrollo e implementación se divide en tres subproyectos que atienden a la demanda de la convocatoria. Al final los resultados se integrarán para presentar una estrategia integral de innovación y transferencia de tecnología para los usuarios. Los subproyectos son:

Caracterización de sistemas productivos: Se inició en la región central de Veracruz, de la región de Córdoba hasta la región de Coatepec, donde se registraron variables ambientales y de manejo de 32 unidades de producción

³ Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo, México

⁴ Investigador de la Universidad de Santiago de Compostela, España

para caracterizar sus sistemas de producción de café e identificar los factores que limitan su productividad y calidad.

Innovación y tecnologías para incrementar la productividad de los sistemas productivos de café. En este subproyecto se estudiarán los factores internos que limitan la productividad de los sistemas de producción, paralelamente se trabajará en uno de los elementos centrales de la tecnología que es el material genético.

Innovación y desarrollo tecnológico en gestión de la calidad del café. Se generó una metodología para evaluar de la calidad del café, considerando el contexto regional y nacional, complementando el sistema usado. Para conocer la calidad de los granos y sensorial de la bebida del café de la región, se obtuvieron muestras de las 32 unidades de producción y están siendo evaluadas en el Laboratorio de Evaluación de Calidad de Café de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) mediante un panel de jueces entrenados en análisis sensorial descriptivo y cuantitativo de la bebida de café.

Resultados

Los avances en la investigación, de acuerdo al presupuesto asignado y el periodo de ejercicio, son los siguientes: se inició la primera etapa de la investigación en la Región Central de Veracruz, se concluyó la fase de campo y se tienen las bases de datos con la información de las 32 unidades de producción contempladas en el proyecto, así como sus respectivas muestras de café en grano. Se desarrolló una metodología y un panel para evaluar sensorialmente la bebida, al momento se encuentra evaluando la calidad del grano y la bebida en el laboratorio de Evaluación de la Calidad de Café de la UACH. A la par del desarrollo de la investigación se ha mejorado la infraestructura del Laboratorio de Evaluación de la Calidad de Café de la UACH. Se inició el proceso para integrar a investigadores internacionales que colaboren en estudios de innovación y desarrollo tecnológico sustentable en café, en este proyecto participan en la investigación dos investigadoras expertas en evaluación sensorial de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), España. Está en proceso la firma de un convenio entre la UACH y la USC que propicie la cooperación en investigación entre ambas instituciones. Se concluyó un trabajo de tesis de un egresado de la licenciatura de agroecología de la UACH.

Conclusiones

A manera de conclusión de la primera fase de la investigación, se está iniciando un proceso de cooperación en investigación entre investigadores para el desarrollo de la disciplina científica de la evaluación sensorial aplicada al café, con un fundamento científico que permita caracterizar nuestro café y poder proponer innovaciones en la producción y transformación del grano para elevar la productividad y la calidad de los cafeticultores minifundistas. De manera paralela se ha podido mejorar la infraestructura del Laboratorio de Evaluación de la Calidad de Café de la UACH.

Bibliografía

- Berrocal, J.; K. Schroeder y A. Villalobos. 2009. Café y desarrollo territorial rural: contraste de experiencias en Centro América y México. En: El valor del patrimonio cultural: territorios rurales, experiencias y proyecciones latinoamericanas. Claudia Ranaboldo y Alexander Schejtman, eds. Lima: IEP, RIMISP; Territorios con Identidad Cultural, 2009. (Estudios de la Sociedad Rural, 35). Pp. 349-374.
- International Coffee Organization (ICO), 2015. Datos históricos. London, England. Disponible en: http://www.ico.org/es/new_historical_c.asp?section=Estad%EDstica (revisada el 3 de mayo de 2015).
- Pérez A., P. y M. Pérez T. 2011. Las denominaciones de origen del café mexicano y sus cuestionamientos como modelo de desarrollo regional. Perspectivas Rurales. Nueva época 10(19):97-110.



- **“Procesos poscosecha de café en México, caracterización tecnológica, sensorial y de preferencia por consumidores”**

Publicado en memorias del 3er Congreso Internacional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, México 2016.



Proceedings of the
International Agroindustrial
Engineering Conference

Vol. 1, 2016.

Índice

Mesa 3: Bioprocesos Agroalimentarios

- 2 **Evaluación técnico-económica de la obtención de hidrolizados de proteína a partir de residuos de pescado**

Jonatán Manchola-Muñoz, Martín Hernando Barragán-Aponte, Marisol Gutiérrez-Ospina, Ivonne Ximena Cerón-Salazar y Melanie T. Ramírez-Jaramillo

- 3 **Remoción de fósforo por medio de cucurbitáceas**

Maribel Cano-Hernández, Ana Cecilia Tepepa-Calva y Hugo Castorena-García

- 4 **Procesos poscosecha de café en México, caracterización tecnológica, sensorial y de preferencia por consumidores**

José Gervasio Partida-Sedas, Emiliano Pérez-Portilla y María Ángeles Romero-Rodríguez.

Resúmenes de carteles

- 6 **Efecto de la germinación de quinua (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades físicas de sus harinas**

Remigio Pismag, Harold Acosta, Alberto Díaz

- 7 **Tratamiento de desechos por medio de extractos de *Sechium edule***

Maribel Cano-Hernández, Ana Cecilia Tepepa-Calva, Luis Armando Cervantes-Salas

Procesos poscosecha de café en México, caracterización tecnológica, sensorial y de preferencia por consumidores

José Gervasio Partida-Sedas^{1,2}, Emiliano Pérez-Portilla¹
y María Ángeles Romero-Rodríguez².

Resumen

En México, el beneficiado húmedo es el principal proceso poscosecha de café, esta tecnología requiere de altas cantidades de agua y energía, que impactan negativamente al ambiente. Se requiere ofrecer alternativas validadas que presenten ventajas en el costo beneficio, cumplimiento con normas ambientales y de calidad de producto así como no afecten la aceptación de la bebida por el consumidor. En la región de Huastusco, Veracruz, México; se estudiaron cuatro procesos poscosecha: "natural", "despulpado", "fermentado" y "lavado". Se caracterizaron usando indicadores técnicos, ambientales y económicos. La bebida resultante de los procesos se caracterizó sensorialmente por un panel de catadores expertos y para conocer su grado de aceptación la degustaron 66 personas consumidoras habituales de café tipo americano. El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza y técnicas multivariadas. Los indicadores analizados permitieron caracterizar los procesos de acuerdo a la dificultad tecnológica, impacto ambiental y economía, el proceso "natural" es el que presenta mayores ventajas contrastando con el "lavado", los procesos "despulpado" y "fermentado" se ubican en un término medio. La evaluación sensorial de la bebida por catadores expertos, indican que el "natural" tiene un perfil completamente diferente a los demás tratamientos. Los procesos "despulpado", "fermentado" y "lavado" muestran pocas diferencias entre sí en su perfil sensorial. La prueba con consumidores mostró que no existen diferencias significativas en la preferencia por la bebida de cada uno de los procesos poscosecha ($p=0.066$). Los resultados obtenidos permiten ofrecer información para iniciar una discusión y concienciar a los agentes y los organismos que gestionan al sector cafetalero, de que existen procesos poscosecha alternativos al método de beneficiado tradicional. Es posible ofrecer productos alternativos, reduciendo el impacto ambiental y los costos económicos, sin afectar las características sensoriales de la bebida ni la preferencia de los consumidores.

¹Universidad Autónoma Chapingo, México. Tel. 2731080878.

Correo electrónico: gerpase@yahoo.com.mx.

²Universidad de Santiago de Compostela, España.

Mesa 3. Bioprocesos agroalimentarios



- “La evaluación sensorial como herramienta para la caracterización de la bebida de cafés procedentes de diferentes regiones de Guatemala”



V ENCONTRO
MOCIDADE
INVESTIGADORA

12 e 13 de xuño de 2017
Facultade de Ciencias
da Comunicación
Santiago de Compostela



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL



MARTES 13		16:00 – 18:00		SESIÓN DE COMUNICACIONES 3 (en paralelo):			
CIENCIAS SOCIAIS E XURÍDICAS 4 (Aula 1)		CIENCIAS SOCIAIS E XURÍDICAS 5 (Aula 2)		CIENCIAS DA SAÚDE 4 (Aula 3)			
<p>MODERA: Parada Galeite, Ana. Departamento de Pedagogía e Didáctica</p>		<p>MODERA: Jaraiz Oualis, Erika. Departamento de Ciencia Política e Socioloxía</p>		<p>MODERA: García González, Miguel A. Grupo de Xenética e Histoloxía do Desenvolvemento das Enfermidades Renais</p>			
<p>Dono Martín, Marcos. La obligación moral como predictor de la acción colectiva Casal de la Fuente, Lucía. Descubrimiento no recollido de datos na procura de boas prácticas de coto con crianzas. López Gómez, Silvia. O perfil dos/as profesionais da Pedagogía no desenvolvemento de Xogás Ómnibus. Biquert I Pérez, Kyhan Marc. Tratamento da dieta en centros educativos. Georgi Romaric, Aljardino. Ensino e aprendizaxe dos matemáticos nunha educación inclusiva: desafío dun programa de intervención para alumnado en risco de exclusión social. Martín García, Rubén. El Parque Natural como escenario para la educación y el desarrollo humano. Ventajas del contacto con la naturaleza. Rubiales Vieira, Cristina. Perfil de desarrollo de una muestra de bebés prematuros moderados y variables conductivas clínicas y sociodemográficas. Núñez García, Jesica. Los procesos educativos y las prácticas intergeneracionales: efectos sobre el bienestar. Otero Moral, Inmaculada. Reflexividad Cognitiva y Auto-Control. Rodríguez Campos, Ángela. Rendimiento académico y variables familiares De Valeraúa, Ángela L. ¿Tiempo de ocio? ¿Alumnos tutelados y tutelados? Aproximación a un proyecto de tesis.</p>		<p>Corrás, Yanla. Los consecuencias de la ruptura de los progenitores en el estado de salud física de los hijos e hijas. Brecon Mosquera, Pablo. A estratexia de optimización como andamiaxe para a argumentación e a toma de decisións sobre dietas. Silva Leiras, Eliana Isabel. Problemas prácticos resultantes da atribución de relevancia sucesoria á separación de facto pola Código Civil español. Nieto Vidal, José Andrés. Propuesta de análisis de las dimensiones clave de los sistemas de CRM en el ámbito del sector hotelero español y su relación con el boca a boca electrónico. Andrade Silva, Oligéide. As Leis de Educación nos países do CPLP e Galicia: unha introdución comparatista. Moreno-Holgado, Harold. Factores determinantes en el desarrollo local de territorios surditos. Un análisis multinivel en e escola municipal en Colombia Azuli, Mohamed. El tratamiento de la movilizaciones dróbes por la prensa escrita española desde 2011 hasta 2015 Argel, Joaquín Rodrigo. Juy Cogens. Descripción, valoración y aplicación actual Anajé Pirena, Michelle Carolina. Los asuntos no resueltos en torno a la privatización minera en Chile Arias Prado, Diego Alberto. Fusiones de municipios en Galicia: una revisión crítica de sus fundamentos. Abasovam, Alais. Integrated information technology and firm performance: building from theory of a conceptual model with mediating and moderating effects in supply chain management context</p>		<p>Hernández Malagón, José Ángel. Control biológico de estrógenos en biomasas en cautividad. Bado Oca, Larra. Estudio fitoquímico y farmacológico de plantas medicinales de la "Sierra del Courte". Cobo Golpe, María. Detección de sustancias cannabinoides en muestras de urina mediante LC-MS/MS. Gurrutian Bas, Xaqin. Aplicacións: xenética comparada con outros trastornos psiquiátricos. Cosco Pérez, Selva. Cryptosporidium en truchos salvajes de Galicia. Resultados preliminares. Carrión Tuala, María José. "Perfil diagnóstico prototómico de la sensibilización en pacientes infectados con rotavirus versus personas vacunadas con vacuna RotaTeq™" Silva Torres, María Isabel. Muejitas como vectores de enfermedades en España. Bugallo Casal, Ana Isabel. Nuevos derivados curcuminó-cumarínicos y reventador reducen los procesos fisiopatológicos asociados a pancreatitis y el cáncer de páncreas. Sardaña Rivera, Eva. Criterios STOPP sección E: sistema renal, AP. Palmero Saldarri, Antonio Miguel. Diseño de modelos experimentales para testar biocidas con actividad anti-parasitaria. Pan Delgado, Diego. Evaluación de la micointeracción y biocompatibilidad de nanosistemas poliméricos.</p>		<p>Ruñido Santos, Iria. Métodos de pretratamiento de muestra para la determinación de nanopartículas de plata en cremas hidratantes mediante SPIC-MS. Pardo Montero, Alberto. Synthesis, characterization and evaluation of magnetic bead-purified aptamer therapeutic tools. Castroquido Campos, Mariña. Aquisición de biomasas: Aplicación na formación de centros customizados. Régulo, Daniel. Heritage science, sorry what? Goded Millán, Sandra. Efecto de prácticas agrícolas sobre la conversión de la biodiversidad de aves en el Bosque Espofof. Rama Manero, Adrián. Estructuras tridimensionales grafeno-óxido fabricadas mediante impresión 3D. Azula Barros, Angel. Estudio de la complejión de calixarenos grandes. Partida Sedas, José Gervasio. Experiencia de investigación en Mesocósmica. Guerra Vilar, María Eugenia. Cromatografía y espectrometría de masas: aplicación al análisis de ingredientes cosméticos. Ignacio, Bernardo. Lactid. Origen viscoses in strained STOPS thin films: formation enthalpy and manipulation. Álvarez Díaz, Miguel. Tidal stream energy: A new way to take into account in the management of the Galician estuaries.</p>	

La evaluación sensorial como herramienta para la caracterización de la bebida de cafés procedentes de diferentes regiones de Guatemala

J. G. Partida-Sedas 1,2, M. A. Romero-Rodríguez1, M. L. Vázquez-Óderiz1, N. Muñoz-Ferreiro1, E. Pérez-Portilla2

gpsuac@gmail.com

1Facultad de Ciencias, Campus Terra, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España. 2Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, Huatusco, Veracruz, México

Palabras clave:

análisis descriptivo, análisis factorial múltiple, diferenciación

Introducción

Aún cuando la cata de café es una herramienta utilizada desde hace muchos años en el proceso de comercialización [1], los protocolos de cata vigentes muestran empirismo y subjetividad. Con el avance del análisis sensorial, es posible incorporar nuevas técnicas y metodologías para llevar a cabo una cata de manera más objetiva y precisa. Entre ellas se encuentra el análisis descriptivo cuantitativo utilizando un panel de catadores entrenado [2], si bien, su utilización en café es relativamente reciente [3]. Debido a la competencia y sofisticación del mercado, la zona de producción es un elemento diferenciador en el mercado [4]. Para conocer el efecto de diferentes condiciones ambientales en las características sensoriales de la bebida de café, se aplicó una metodología de análisis descriptivo y cuantitativo a muestras de café producido en diferentes regiones de Guatemala.

Metodología

Un panel de evaluación sensorial conformado por 10 personas fue entrenado mediante la técnica de análisis descriptivo cuantitativo. La evaluación sensorial de la bebida de café fue realizada en un laboratorio con condiciones controladas. Las muestras fueron presentadas sin identificar y codificadas a los catadores que procedieron a la evaluación del olor, flavor, regusto, cuerpo de manera cuali y cuantitativa y de la acidez, dulzor, amargor y salado de manera cuantitativa. Un análisis de varianza se realizó para conocer el efecto de las condiciones

ambientales y técnicas de análisis multivariante fue aplicado para caracterizar las bebidas de los cafés.

Resultados

La evaluación sensorial mediante un panel de jueces entrenados permitió caracterizar y tipificar la bebida de café procedente de las diferentes condiciones ambientales de Guatemala. Las variables cualitativas fueron determinantes para caracterizar la tipicidad del café de cada ambiente. El olor, el flavor y el regusto de la bebida fueron atributos fundamentales para diferenciar la bebida de los cafés de Guatemala.

Conclusiones

El análisis sensorial es una técnica adecuada para conocer la influencia del lugar de producción el café sobre las características organolépticas de la bebida. Se comprueba que las condiciones ambientales de la zona de producción del café en Guatemala influyen en el olor, el flavor y el regusto de la bebida.

Agradecimientos

A la Fundación Carolina-España y la Secretaría de Relaciones Exteriores-México por la beca de estudios doctorales.

Referencias:

- [1] W. H. Ukers. (The Tea and Coffee Trade Journal Company). All About Coffee. New York. U.S.A. 1922
- [2] M. Meilgaard, G.V. Civille & B. T. Carr (CRC Press). Sensory evaluation techniques. Boca Raton, FL., USA. (1999).
- [3] J. S. de Jong, Heidema and H. van der Knaap. Generalized Procrustes Analysis of Coffee Brands Tested by Five European Sensory Panels. Food Quality and Preferences 9 (3) 1998: 111-114.
- [4] D. Marie-Vivien, C. A. García, C. G. Kushalappa & P. Vaast. Trademarks, geographical indications and environmental labelling to promote biodiversity: the case of agroforestry coffee India. Development Policy Review 32 (4) 2014: 379-398.

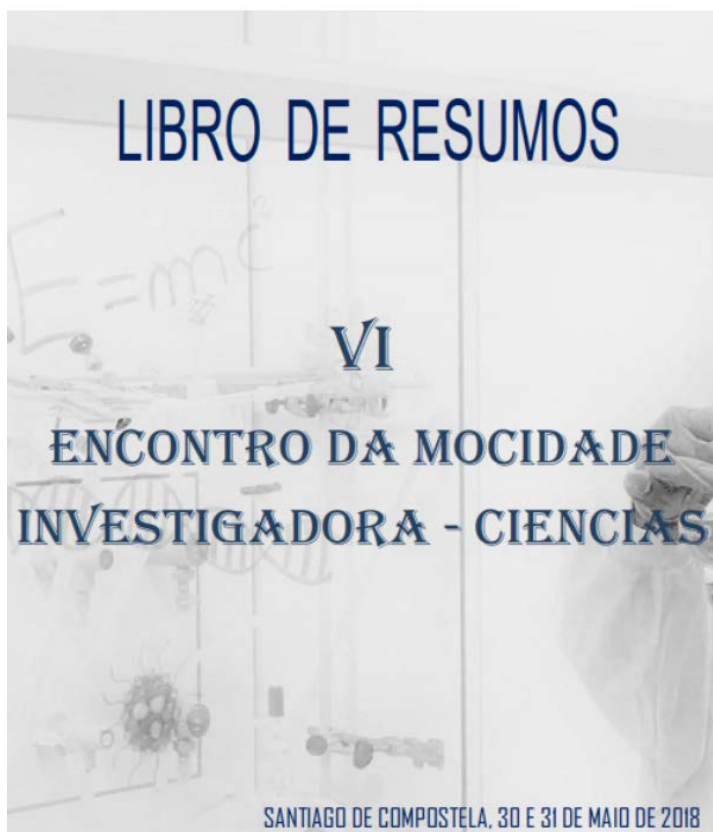
“Zonas de riesgo por estrés climático en el cultivo de café en Veracruz, México”



Publicado en las memorias del VI Encontro Mocidade Investigadora, USC, España 2018.



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL EN CIENCIAS
E TECNOLOXÍAS DA USC



LIBRO DE RESUMOS

VI

ENCONTRO DA MOCIDADE INVESTIGADORA - CIENCIAS

SANTIAGO DE COMPOSTELA, 30 E 31 DE MAIO DE 2018

TRANSMISIÓN DE BETANODAVIRUS A TRAVÉS DEL FITOPLANCTON Lucía Vázquez Salgado, José Gabriel Oliveira Hermida, Carlos Pereira Dopuzo, Isabel Bandin Matos.....	51
ANÁLISIS GLOBAL DE LOS GRADIENTES ALTITUDINALES EN HERBIVORÍA FOLIAR Andrea Cortegoso Galmán ¹ , Luis Abdala-Roberts ² , Shuang Zhang ³ , Jorge C. Berry-Mier y Terán ⁴ , Sergio Rasmann ⁵ , Xoaquín Moreira ¹	52
EFFECTS OF FARMLAND AND FOREST PRACTICES ON BIODIVERSITY CONSERVATION IN NORTH-WEST SPAIN Sandra Goded ¹ , Johan Ekroos ⁴ , Jesús Domínguez ¹ , Joaquín Giménez ² , José A. Guitián ² , Henrik G. Smith ⁴	54
WOOD IDENTIFICATION THROUGH MULTIVARIATE DATA ANALYSIS: A NEW APPROACH BASED ON WOOD CHEMICAL COMPOSITION Mohamed Traré.....	55
INFLUENCIA DE LAS COLONIAS DE GAVIOTA PATIAMARILLA (<i>LARUS MICHAEHELLIS</i>) EN LA VEGETACIÓN DEL PARQUE NACIONAL DE LAS ISLAS ATLÁNTICAS DE GALICIA (NW IBERIAN PENINSULA) Saúl de la Peña-Lastra ¹ , Xosé Lois Otero Pérez ¹ , Franck Torre ²	56
EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA EN EL GRADO DE PIRITIZACIÓN DE SEDIMENTOS: CASO RÍA DE ORTIGUEIRA Paulina Guevara García ^{1,2} , Xosé Luis Otero ²	58
CAMINO DE INVIERNO COMO PAISAJE Y TERRITORIO JACOBEO Josélia Godoy Portugal ^{1,2} , Juan Mario Crecente Maseda ¹	60
ZONAS DE RIESGO POR ESTRÉS CLIMÁTICO EN EL CULTIVO DE CAFÉ EN VERACRUZ, MÉXICO José G. Partida-Sedas ^{1,2} , Emiliano Pérez-Portilla ² , Edith Pérez-Jiménez ² , Isauro Herrera-Navá ² , Ma. Ángeles Romero Rodríguez ¹	61
PREVALENCIA Y CO-OCURRENCIA DE GENES MCR-1, MCR-4 Y MCR-5 EN ESCHERICHIA COLI ENTEROTOXIGÉNICOS Y VEROTOXIGÉNICOS DE ORIGEN PORCINO EN ESPAÑA (2006-2017) Isidro García Memiño.....	63
LIFE CYCLE ASSESSMENT OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS: CASE STUDY OF THE WWTP OF SOUTH RADES MELIANE, TUNISIA Maha Radhouani ^{1,3} , M.Teresa Moreira ² , Noureddine Hajjaji ¹ , Rachid Boukhchina ¹ , Gumersindo Feijoo ²	64
REDUCCIÓN DE CRISTALINIDADE DA CELULOSA MEDIANTE TRATAMENTO HETEROXÉNEO CUN LÍQUIDO IÓNICO Carlos A. Pena.....	65
EFICACIA DEL PROCESO DE FOTO-FENTON FRENTE A <i>CRYPTOSPORIDIUM PARVUM</i> EN AGUA DESTILADA BAJO CONDICIONES NATURALES DE RADIACIÓN SOLAR María Jesús Abeledo Lameiro ¹ , María Inmaculada Polo López ² , Elvira Ares Mazás ¹ , Hipólito Gómez Couso ¹	67
WHEN IT COMES TO QUANTIFY ENVIRONMENTAL INDICATORS OF THE WATER-ENERGY NEXUS IN WASTEWATER AND SLUDGE TREATMENT Andrea Arias, Gumersindo Feijoo, María Teresa Moreira.....	68
SISTEMAS DE BIOMASA GRANULAR AEROBIA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA INDÚSTRIA CONSERVEIRA Paula Carrera, Ángeles Val del Río, Ramón Méndez, Anuska Mosquera Corral.....	70

ZONAS DE RIESGO POR ESTRÉS CLIMÁTICO EN EL CULTIVO DE CAFÉ EN VERACRUZ, MÉXICO

José G. Partida-Sedas^{1,2}, Emiliano Pérez-Portilla², Edith Pérez-Jiménez², Isauro Herrera-Nava², Ma. Ángeles Romero Rodríguez¹

¹Facultad de Ciencias, Campus Terra, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

²Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, Huatusco, Veracruz, México
gssuac@gmail.com

Palabras clave: cambio climático, fenología, *Coffea arabica* L.

El café (*Coffea arabica* L.) tiene requerimientos específicos de temperatura y humedad, para un desarrollo óptimo. Una alteración en el ambiente afecta la fisiología de la planta^{1,2}. Se requiere conocer con mayor precisión cuáles, cómo, dónde y cuándo afectan estos factores climáticos. El cultivo de café en la región central de Veracruz (México) actualmente está en riesgo por la alteración climática. Esta investigación se centra en el estudio del comportamiento hidrotérmico del aire y su efecto en la fenología del café para ubicar áreas de riesgo por estrés climático.

En 23 fincas cafetaleras de la zona centro de Veracruz (México) se registró la temperatura y humedad relativa del aire durante un año, mediante la instalación de registradores de datos (*data loggers*). Al mismo tiempo, los datos de la fenología del café fueron registrados. Con ésta información se estableció un índice de estrés climático y mediante modelos de regresión se elaboraron modelos cartográficos para delimitar las zonas con mayor probabilidad de riesgo.

La temperatura y la humedad relativa del aire afecta a la fenología del cultivo del café de manera diferencial de acuerdo con su ubicación. Puede aparecer el abortamiento floral debido al descenso de la humedad relativa y al aumento de la temperatura. El desarrollo del fruto es afectado en mayor medida por la temperatura y la humedad relativa. Se delimitaron áreas de probabilidad de riesgo de afectación por estrés climático encontrando zonas con riesgo alto (Figura 1).

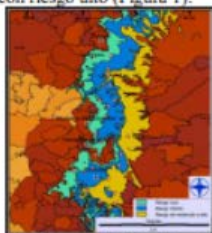


Figura 1: Mapa de riesgo por estrés climático para el cultivo de café en Veracruz, México.

La temperatura y la humedad relativa del aire afecta la fenología del café. Un aumento de la temperatura y una baja de la humedad relativa fuera de la zona de confort de la planta pueden provocar abortamiento de flores y un deficiente desarrollo de los frutos

del café. Se ubica una zona de mayor riesgo que representa el 32.5% de la zona de cultivo.

Agradecimientos: A la dirección y a los técnicos de campo del Centro de Sanidad Vegetal del Estado de Veracruz, México; por la información proporcionada y el apoyo recibido.

1. Pereira, R. A., Camargo, P. A. y Camargo, M. B. Agrometeorología de cafezais no Brasil. Campinas: Instituto Agronômico 2008.
2. Ruiz-Cárdenas, R. I. A cafeicultura e sua relação com o clima. In: J. Braz Matillo, F. Carlota Nery & R. Pereira Venturin, eds. A cafeicultura e sua relação com o clima. LavrasMG, Brasil: Projeto Gráfico e Editoração, Artes Gráficas Formato Ltda, 2015

“Variedades con potencial en el mercado de café de especialidad”

Publicado en la revista Ciencia y Desarrollo número 284, septiembre de 2016.

Artículo de divulgación en línea:

<http://cienciaydesarrollo.mx/?p=seccion&id=3&n=556>

The image is a screenshot of the 'Ciencia y Desarrollo' website. At the top, the logo 'CIENCIA Y DESARROLLO' is visible. Below it is a navigation menu with tabs for 'INICIO', 'DESTACADOS', 'ARTÍCULOS', 'CADA MES', 'APÉNDICE', 'LUGAR DE INTERÉS', 'PRELIMINAR', 'ARCHIVO', and 'LINKS/ENLACES'. The 'DESTACADOS' tab is highlighted in blue. Below the menu is a section titled 'EN PORTADA' (Featured). It contains four article teasers, each with a title, a short paragraph, and a small image. The first article is 'Broca y roya del café. Viejos problemas, nuevos enfoques.' with an image of a coffee cherry. The second is 'Innovación para la producción de café orgánico en San Luis Potosí' with an image of coffee plants. The third is 'Variedades con potencial en el mercado de café de especialidad.' with an image of coffee beans. The fourth is 'Qué ofrece una taza de café además de... café' with an image of coffee beans being poured. At the bottom of the featured section is a banner for 'Ciencia y desarrollo No. 284' with an image of coffee beans and the text 'CAFÉ PRODUCCIÓN Y CONSUMO'. The footer of the website is blue and contains the logo of CONACYT, the website's URL, and social media icons for Facebook, Twitter, and YouTube.

CIENCIA Y DESARROLLO

INICIO DESTACADOS ARTÍCULOS CADA MES APÉNDICE LUGAR DE INTERÉS PRELIMINAR ARCHIVO LINKS/ENLACES

EN PORTADA

Broca y roya del café. Viejos problemas, nuevos enfoques.

Desde que las plantas han sido cultivadas, muchas criaturas se beneficiaron que las agrorredes para establecer sus enfermedades. Por ello, antes de el desarrollo que, reconocidamente como trabajo comprometido, sobre que para encontrar una planta debe analizar tres caminos: para ser eliminados al punto 1).

Innovación para la producción de café orgánico en San Luis Potosí

El estudio aplicación el método sustentable, de acuerdo con el Documento de la Social Agrícolas de la Lengua Española, tiene un enfoque pedagógico a la creación e implementación de un productor, así como a su implementación, entre en el mercado; y se enfocaron al uso de tecnologías de punto a la.

Variedades con potencial en el mercado de café de especialidad.

La colaboración a las líneas para que una selección tébil, agrorredes por la presencia de la crece, establece que genera la café de los tipos del estado no controla en los centros de producción, lo más grande abarca la calidad del grano y por supuesto, de la familia. Ante esta situación.

Qué ofrece una taza de café además de... café

El género que produce una excelente taza de café es de especialidad. A cualquier hora del día, no sea en el hogar o en el oficina, el café ofrece las características y la mantendrá fuerte. Es energizante, estimulante y se permite de usar en las formas proporcional a la larga del día. Así que, así.


Ciencia y desarrollo No. 284

CAFÉ
PRODUCCIÓN Y CONSUMO

Av. Investigador Juan GONZÁLEZ 2 de México (Ciudad de México) México, D.F. Tel: 011 (52) 55 53 53 53
Ciencia y desarrollo, un espacio de encuentro y colaboración con la comunidad científica y tecnológica
Quinta de Durabilidad y Desarrollo México

CONACYT

SEPTIEMBRE 2016 NÚMERO 284
Publicación Periódica



Variedades con potencial en el mercado de café de especialidad

Emiliano Pérez Portilla,
José Gervasio Partida Sedas
y Dámaso Martínez Pérez

La cafeticultura en México pasa por una situación difícil, agravada por la presencia de la roya (enfermedad que provoca la caída de las hojas del café y, en consecuencia, eleva los costos de la producción), lo cual puede afectar la calidad del grano y, por supuesto, de la bebida. Ante esta situación, el café de especialidad es de las pocas opciones para que la mayoría de los cafeticultores aumente sus ingresos, ya que la búsqueda de granos que produzcan una bebida con características sobresalientes está formando una tendencia en el mercado.

La variedad –en el caso del café– es un elemento de la tecnología de producción y, en tal sentido, por años, diversos estudios han sido realizados con el objetivo de incrementar los rendimientos en las fincas, pero no se habla considerado la calidad del grano.

La diversidad genética de este cultivo en el mundo se encuentra tanto en bancos de germoplasma como en las parcelas de algunos cafeticultores que mantienen variedades tradicionales: éstos representan reservorios de material genético de los cuales depende el mejoramiento de la bebida; sin embargo, muchas de las variedades de café –la mayoría, de hecho– no ha sido suficientemente caracterizadas y documentadas en el contexto del café de especialidad.

Desde que se conformó el Banco de Germoplasma (Bangem), del Centro Regional Universitario Oriente, de la Universidad Autónoma de Chapingo (CRUO-UACH), diferentes variedades de *C. arabica* han sido evaluadas y, hace 12 años, se inició el registro de las características, tanto del grano como de la bebida,¹ las cuales se utilizaron como criterios de selección para identificar los materiales genéticos que tuvieran potencial en los mercados de especialidad. En este contexto, la investigación continúa precisando estas características de las variedades a una escala mayor (lotes con rendimiento mayor a 500 kg de café cereza), con el fin de fortalecer las recomendaciones hacia los productores y reforzar sus estrategias en la búsqueda de mejores mercados.

EL MERCADO DEL CAFÉ

A nivel mundial, han sido encontradas 123 especies silvestres del género *Coffea*, de ellas, 112 son nativas de África y de las Islas del Océano Índico,² todas ellas son especies leñosas y varían en tamaño y forma de crecimiento. En este género, *C. arabica* y *C. canephora* son las especies

más importantes, desde el punto de vista económico. A pesar de ser África el centro de origen del café, donde aún se le puede encontrar en forma silvestre, sólo produce 10% del grano, mientras que en el continente americano se produce 56%. México se encuentra entre los primeros diez países productores, con alrededor de 4%.³

El café es una de las materias primas que tiene importancia económica a nivel mundial y, con ese carácter de commodity (mercancía), el precio del café arábigo se fija en la bolsa de Nueva York, y el del café robusta, en la bolsa de Londres. Debido a que el comercio de los cafés convencionales presenta altas fluctuaciones de precio y se concentra en pocas empresas transnacionales, surge como estrategia el segmento de los cafés diferenciados,⁴ el cual representa una tendencia a la distinción del producto y apertura de nichos de mercado.

Se denomina café de especialidad al grano que tiene la más alta calidad en la bebida y un sabor particular, cuyo cultivo y procesamiento se lleva a cabo siguiendo estándares rigurosamente establecidos. Los criterios de calidad aplicables en el mercado de los cafés de especialidad están definidos y regulados por la Asocia-



FIGURA 1. Rama plagiotrópica en fructificación. Frutos maduros de *C. arabica* var. Questlandia.



ción de Cafés de Especialidad de América (Specialty Coffee Association of America –SCAA, por sus siglas en inglés–),⁵ la cual fue creada en Estados Unidos, en 1982, y ha elaborado normas que regulan los procesos en toda la cadena productiva, dando impulso al mejoramiento de la calidad. La SCAA define el café de especialidad como el que se encuentra libre de defec-

1. Los cafés diferenciados son aquellos que se distinguen en el mercado por la forma de cultivarlos, por los beneficios sociales que se derivan de la producción y/o por las características sensoriales de la bebida.



123

especies silvestres del género *Coffea* se han encontrado en el mundo;

112

son nativas de África y de las Islas del Océano Índico. *C. arabica* y *C. canephora* son las especies más importantes, desde el punto de vista económico.

10%

del grano se produce en África.

56%

En el continente americano.

México produce alrededor de

4%

tos primarios, tiene tamaño y humedad adecuados, produce una bebida libre de defectos y contaminantes; muestra atributos distintivos de aroma, sabor, acidez y cuerpo; características que son acordadas entre el comprador y el vendedor. La diferencia entre el café convencional y el de especialidad consiste, principalmente, en lo destacado de los atributos sensoriales del café de especialidad definidos por la SCAA.

LA VARIACIÓN GENÉTICA

Entre los genotipos de *C. arabica* pueden identificarse tres grupos importantes de cafetos: los silvestres, de la región Soddin-Etiopía, las líneas puras como Typica y Bourbonn, y las variedades gen-

eradas, principalmente, a partir del híbrido de Timor.

El genotipo es un factor importante, ya que influye en gran medida, tanto en tamaño, forma y color del grano, como en su composición química y sabor.⁶ Las variedades de porte bajo superan en producción, en términos generales, a las de porte alto; sin embargo, la mejor calidad es obtenida en estas últimas; y las diferencias más importantes se encuentran en las características del grano y de la bebida.

Aun así, el efecto de la variedad en la calidad de la bebida puede ser modificado por los demás componentes del agroecosistema, como la temperatura, el suelo y la estructura del componente

Café de especialidad es el grano con la más alta calidad, cuyo cultivo y procesamiento se lleva a cabo siguiendo estándares rigurosamente establecidos por la Asociación de Cafés de Especialidad de América

arbóreo. Los antecedentes indican que son pocas las variedades estudiadas en un contexto holístico, y que el comportamiento de algunas, en relación con la calidad de la bebida, aún es inconsistente.

PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA DE CAFÉ

La evaluación sensorial se aplica de acuerdo con los procedimientos establecidos por el Instituto para la Calidad de Café, a partir de los cuales, cada muestra se analiza de acuerdo con los criterios que a continuación se exponen: a) pruebas de discriminación para determinar



el sentido y grado de diferencia entre muestras, b) pruebas descriptivas para detallar su sabor, y c) pruebas afectivas para determinar el nivel de preferencia hacia la bebida.

Las cualidades de los distintos descriptores sensoriales son evaluadas a partir de una escala numérica y, de acuerdo con el protocolo, las muestras de café son valoradas considerando 11 descriptores de la bebida, entre ellos los atributos relacionados con el buqué (fragancia/aroma, sabor, resabio), más la acidez y el cuerpo. La valoración de los 11 descriptores, finalmente, se traduce en una calificación numérica de 0 a 100 puntos y, para que un café sea considerado de especialidad, debe obtener un puntaje mayor a 80. Adicionalmente, se procede a caracterizar la composición química del grano, pues se hipotetiza que tanto la cantidad como el tipo de compuestos pueden ayudar a tipificar las variedades.

LOS CULTIVARES

A la fecha, en el CRUO-UACH, lotes de 12 variedades han sido establecidos, se ha avanzado en la caracterización de tres y, adicionalmente, se logró el título de obtentor de la variedad criolla Questlansase, nombre de origen náhuatl (figura 1).

DESCRIPCIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA DE LA VARIEDAD QUESTLANSASE

Con tres años de evaluación, el buqué de la bebida, obtenido a partir de esta variedad, se caracteriza porque en el aroma dominan notas de los grupos caramelo y resinoso –caramelo y maple–, y en el sabor y resabio destaca la nota a té de rosas del grupo floral, la cual se combina con notas del grupo resinoso –grosella– en el sabor, y chocolate –vainilla– en el resabio. Lo que más sobresale de esta variedad es la dominancia de la nota a té de rosas, en el sabor y resabio (figura 2).

En el contexto cuantitativo, los valores de preferencia reflejan la intensidad y el nivel de agrado de las notas aromá-

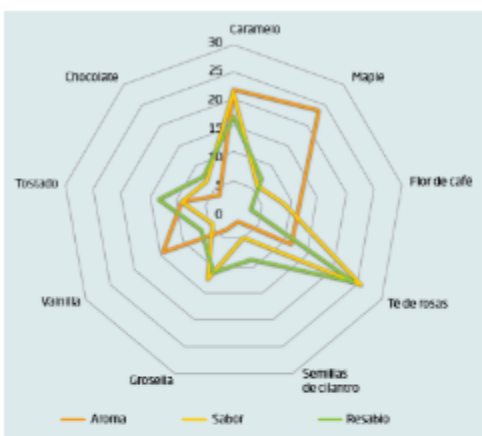


Figura 2. Frecuencia relativa de las notas aromáticas en el perfil de sabor (buqué) de (muestras 2012-2013, 2013-2014 y 2014-2015)

En el esfuerzo por producir café de la más alta calidad, las variedades son un criterio relevante; sin embargo, el reto es identificar aquellas que produzcan alta calidad y, además, tengan alta tolerancia a la roya del cafeto

ticas de los atributos. En cuanto los valores de intensidad se ubicaron abajo de B.O, los más bajos se registraron en el dulzor (7.0) y la acidez (7.1). Sin embargo, debido a que en el perfil dominan las notas del grupo floral, los valores de preferencia fueron mayores, los más so-

bresalientes fueron el aroma y el sabor que registraron los valores de intensidad más altos y complejidad en sus notas aromáticas.

Los valores de los descriptores genéricos que comprenden el balance y la apreciación estuvieron alrededor de los ocho puntos. Los atributos negativos que se presentaron fueron la astringencia y aspereza, pero éstos fueron apenas perceptibles (0.1). La puntuación final que obtuvo esta variedad fue 83.2 puntos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ TOSTADO DEL CULTIVAR QUESTLANSASE

En el café verde, la composición química es diferente a la del tostado, el contenido de cafeína en el verde es de 0.94%, valor inferior al promedio de los granos de los arábicas, que es de 1.32%.¹⁶ En el caso de la sacarosa, durante el tostado se transforma en otros ácidos orgánicos, y

el análisis bromatológico² destaca el alto contenido de carbohidratos (68.3%), como son polisacáridos de alto peso molecular. La variación, en cuanto a cantidad de compuestos orgánicos, afecta el comportamiento de los atributos sensoriales, es probable que la menor cantidad de cafeína y la mayor cantidad de sacarosa y carbohidratos confieran a la bebida una menor intensidad del amargor y valores más altos de acidez y dulzor (cuadro 1).

A manera de conclusión, El mercado de cafés de especialidad sigue creciendo en el mundo y se promueve desde diferentes iniciativas, una de éstas es el concurso Tazo de excelencia que, en México, lleva su cuarta edición, en el cual cafés con más de 90 puntos fueron evaluados. En el esfuerzo por producir grano café de la más alta calidad, el papel de las variedades es muy relevante; sin embargo, el reto ahora es que, además de identificar aquellas que produzcan otro calidad tazo, también deberán tener una alta tolerancia a la enfermedad de la roya del caféto (*Hemileia vastatrix*).³

REFERENCIAS:

- G. J. Partida S., E. Pérez P y D. Martínez P. (2009). "Variedades de café con potencial de calidad para el mercado de especialidad". En *Avances en la investigación agronómica, pecuaria, forestal y acuático en el trópico mexicano*. Veracruz, México, Alfa y Omega.
- N. J. Razañavanto, R. Gayat, A. R. Davis, E. Couturier, S. Hanson, D. Gouletat, M. Ragnou, C. Dubreuil-Branchant, V. Poinet, A. De Kochin (2013). "Genetic Structure and

CUADRO 1. CONTENIDO DE CAFEÍNA, SACAROSA Y ÁCIDO CLOROGENICO

TIPO CAFÉ	CAFEÍNA	SACAROSA	ÁCIDO CLOROGENICO
Verde	0.94	5.93	5.22
Tostado	0.92	0.0	*

*No determinado



Diversity of Coffee (*Coffea*) across Africa and the Indian Ocean Islands Revealed Using Microsatellites". *Ann Bot (Oxford)*, vol. 111, num. 2.

III. Organización Internacional del Café (2013).

"Datos históricos de la producción mundial de café". http://www.icio.org/es/ver_historico_c.asp, 10 de octubre del 2013.

IV. Specialty Coffee American Association.

"Cupping Specialty Coffee". <http://www.scaa.org/page--resources--cupping-protocols>, 15 de febrero de 2016.

V. J. N. Wentgens (2004). *Coffee Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders and Researchers*. Federal Republic of Germany, Wiley-VCH.

VI. I. Flament y Y. Bereste-Thomus (2002). "Coffee Flavor Chemistry". Chichester England, John Wiley & Sons.

2. En el análisis bromatológico se determina la calidad de los alimentos por los componentes relacionados con la nutrición.

Emiliano Pérez Partida es Doctor en Ecología y Manejo de Recursos Naturales, por el Instituto de Ecología A. C. Está certificado por la Specialty Coffee American Association como Catador "Q", actualmente, está adscrito a la Universidad Autónoma Chapingo. Desde 1990, desarrolla proyectos de investigación relacionados con el mejoramiento y evaluación del café, orientados a los mercados de alta calidad. Actualmente, se concentra en el estudio del papel del componente genético en la producción de café de especialidad. E. e.: a3913@chapingo.mx

José Gerardo Partida Sedas es candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas y Mesoamericanas por la Universidad de Santiago de Compostela, España. Es profesor investigador del CRUO en la Universidad Autónoma Chapingo. Participa en diferentes proyectos de investigación relacionados con el estudio de la agroindustria y la calidad del café; particularmente, en la caracterización sensorial de la bebida para los mercados de especialidad. Ha publicado capítulos de libros, artículos y participado como ponente en diversos congresos nacionales e internacionales. Colabora en el Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Café de la UNACH. Ha participado como Jefe Nacional del Certamen Tazo de Excelencia México. E. e.: jgerpartida@chapingo.com.mx

Dámaso Martínez Pérez es Doctor en Agronomía, con especialidad en Producción Vegetal, por la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la Universidad Estatal Paulista (UNESP), Jateicabal, San João, Brasil (1977-1997). Es Profesor Investigador de tiempo completo del CRUO por la Universidad Autónoma Chapingo, desde 1993. De sarrolla proyectos de investigación en café de alta calidad y en variedades diversificadas de cítricos y café. Ha participado como autor y coautor en diversos artículos, folletos, manuales y libros. Ha sido ponente en eventos nacionales e internacionales, así como evaluador de proyectos del Sigofa, por parte del Conacyt. E. e.: damasomartinez@chapingo.com

“Evaluación de variedades de café para el mercado de alta gama por catadores asiáticos y mexicanos”

Capítulo de libro publicado en: “Veracruz Agricultura e Historia. Estudios regionales y desarrollo rural”. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De México, 2014.



A manera de conclusiones	85
Literatura citada	85
Identificación de árboles para el diseño de sombra en plantaciones de café con propósitos múltiples	89
Emiliano Pérez Portilla	89
Introducción	89
Área de estudio	90
Metodología	91
Resultados	92
Discusión	95
Conclusión	96
Agradecimientos	96
Literatura citada	97
<u>Evaluación de variedades de café para el mercado de alta gama por catadores asiáticos y mexicanos</u>	99
<u>José Gervasio Partida Sedas, Emiliano Pérez Portilla,</u>	
Dámaso Martínez Pérez	99
Introducción	99
El concepto de calidad y los factores que la impactan	101
Selecciones evaluadas	102
Integración del punto de vista de los compradores	104
Agradecimientos	109
Literatura citada	110
Avances sobre la producción y extracción de aceite de chinene (<i>Persea schiedeana</i>) en Veracruz	111
Juan Guillermo Cruz Castillo, Nayeli Campos Hernández	111
Antecedentes	111
Sobre la calidad del aceite de frutos de <i>Persea schiedeana</i>	113
Metodología	115
Resultados preliminares	116
Literatura citada	120
La feijoa, una nueva opción frutícola para las zonas frías de Veracruz	123
Juan Guillermo Cruz Castillo, Javier de la Cruz Medina,	
Jesús Porras Jácome	123
Introducción	123
Breve revisión de literatura sobre la Feijoa	124
Metodología	126
Resultados y Discusión	127
Conclusiones	129
Literatura citada	130
Nuevos alcátraces (<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L) Spreng) con potencial de cultivo en las zonas de las altas montañas de Veracruz	133
Juan Guillermo Cruz Castillo, Teresa Rojas Pérez	133

Evaluación de variedades de café para el mercado de alta gama por catadores asiáticos y mexicanos

José Gervasio Partida Sedas

Emiliano Pérez Portilla

Dámaso Martínez Pérez

Introducción

México junto con otros países como Colombia, Costa Rica o Brasil, en el continente americano, es de los principales exportadores de café del mundo, sin embargo, el panorama es incierto ante la inestabilidad de precios en el mercado internacional. En un estudio de Oxfam (2002), se concluye que la tendencia a través de varios años ha sido producir más volumen y de menor calidad, lo que ha ocasionado en algunos periodos dramáticas caídas en el precio que se paga a los agricultores. En 2001, los precios del café cayeron a los niveles más bajos de su historia, afectando la estabilidad económica de las comunidades, en lo que se conoció como la "crisis global del café" (Jaffe, Sampson y Shatttuck, 2008). Los bajos precios que resultaron de los excesos de producción a finales de los años noventa e inicios del 2000, fueron enfrentados a nivel internacional con la suscripción de acuerdos para que las calidades más bajas fueran eliminadas del mercado, en ese entonces la Organización Internacional del Café (OIC) aprobó una resolución a tal efecto sin que diera los resultados esperados.

En ese contexto en los principales países productores de café se llevaron a cabo programas de transición hacia sistemas de gestión de la calidad en el sector productivo. Tal es el caso de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en donde el aumento de la competencia entre orígenes, condujo a un descenso en los diferenciales de los precios del grano, en consecuencia sus

café ahora cotizan competitivamente con los otros suaves del mundo¹. Por otra parte mientras el mercado genérico del café se ha estancado, el crecimiento del mercado de cafés de "calidad" ha creado importantes oportunidades para los pequeños productores. Estos mercados han crecido a un ritmo aún mayor, en algunos nichos con incrementos del orden del 20% o más durante los últimos años (Lewin, Giovanucci y Varangis, 2004). En este entorno de oportunidad, es necesario cambiar la situación actual hacia un ámbito de mejora.

En México paralelamente a las acciones reguladoras del Estado, los cafecultores minifundistas participan en los sistemas de gestión de la calidad, principalmente en la producción certificada de café orgánico, pero todavía con posibilidades de mejora. A nivel internacional en varios trabajos se recomienda poner énfasis en desarrollar la investigación, la organización, la extensión y la promoción para poder acceder con éxito a estos nichos de mercado, donde la valoración de la calidad, específicamente la cata o evaluación sensorial de la bebida es un aspecto fundamental (UNCTAD, 2005).

En el Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-UACH), desde hace más de 30 años se coleccionan y evalúan diferentes variedades de *C. arabica*; los objetivos de las investigaciones se han precisado con el paso del tiempo. En un inicio, el fin fue describir el comportamiento agronómico de las variedades en el contexto de la productividad (Martínez, 1993). Hace aproximadamente 10 años se incorporaron otros criterios de selección, como los que se relacionan con las características del grano y la bebida (Partida, Pérez y Martínez, 2003). Actualmente en los proyectos se pone mayor atención en la descripción de los perfiles de sabor, esto es, en un contexto más cualitativo.

¹ En el ámbito internacional la producción de café se divide de acuerdo a la ruta de transformación primaria por la que pasa el fruto hasta obtener el grano de café verde (oro). En el primer grupo se encuentran los cafés naturales, que se obtienen mediante la deshidratación completa de los frutos, a este proceso se le conoce como de "vía seca"; por otra parte se tiene los cafés suaves, cuyo procedimiento es más largo ya que incluye el despulpado, fermentado, lavado y secado, a esta transformación se le conoce como "vía húmeda". Los cafés suaves se consideran de mejor calidad y tienen precios más altos en el mercado internacional. La mayor parte de la producción del café mexicano (más del 90%) y de Centroamérica se exporta en la categoría de "Otros Suaves".

En este marco general, se presenta la evaluación sensorial de la bebida de las variedades de café que se seleccionaron del banco de germoplasma del CRUO-UACH, realizada por un panel integrado por nueve catadores certificados, cinco mexicanos, tres japoneses y un taiwanés. La idea fue confrontar el concepto de calidad del grupo de investigadores, con la de los compradores. En la evaluación de la bebida los catadores representan empresas de Japón y Taiwán que muestran interés por comprar café mexicano.

El concepto de calidad y los factores que la impactan

La calidad se define como “una percepción de preferencia acerca de la demanda y consumo de productos por los diferentes grupos sociales”, por tanto se deduce que no existe una calidad absoluta con atributos únicos y constantes, sino que se hallan diversas calidades que son identificadas por cada grupo social y descritas por atributos propios. A manera de ejemplo, el café que les gusta a los americanos puede no coincidir con el que les gusta a los japoneses. Los atributos sensoriales usados para apreciar la bebida no tendrán el mismo peso para estos dos grupos de consumidores, mientras algunos quizá valorarán más la acidez, otros el dulzor o ciertas notas aromáticas.

Por tanto un ejercicio de cotejo de los gustos de los posibles compradores de café con los que ofertan, es imprescindible para orientar los esfuerzos de la agroindustria y de los cafecultores. Esta es una posición mejor orientada comparada con la que plantea que “hay que mejorar la calidad” pero que no precisa el sentido del para qué y para quiénes.

Desde hace más de veinte años se han estudiado los factores que impactan en la calidad del café, por lo que, se ha argumentado que la calidad del café es una variable multifactorial, idea que ha ido cambiando el criterio que dominaba en el medio cafetalero, de que es la altitud. Considerando los resultados de estudios que se han realizado en varias regiones cafetaleras, más que la altitud es la temperatura una de las variables que más impacta (Pérez, Partida y Martínez, 2005). También se ha encontrado que el factor genético, representado por la variedad cultivada, es otro factor importante (Partida, Pérez y Martínez, 2009).

Selecciones evaluadas

Las selecciones evaluadas en este cotejo fueron las siguientes: UACH 8, UACH 12, UACH 15, UACH 20 y UACH 10. Éstas fueron escogidas del banco de germoplasma del CRUO-UACH por los atributos sensoriales de su bebida y de acuerdo a las evaluaciones realizadas en el contexto de la investigación tienen potencial en el mercado de alta gama. El terreno donde se encuentran las selecciones evaluadas recibieron el mismo manejo de la fertilidad del suelo y prácticas culturales (siembra, poda, sombra, etcétera); además, los frutos se cosecharon en madurez plena, de manera selectiva, de tal forma que las diferencias identificadas durante la evaluación se deben al genotipo.

Con el objetivo de determinar su potencial en el mercado de alta gama, se introdujo en el cotejo una muestra que en lo sucesivo se denomina "Control", ésta fue proporcionada por productores de Axocuapan, Municipio de Tlaltetela, Veracruz; en este lugar las condiciones de clima son similares a las del CRUO-UACH, con manejo productivo y pos cosecha estandarizado para la competencia "Taza de Excelencia"®; la variedad que más se utiliza en esta región es la Typica (criolla), que todavía es importante en los sistemas de producción de café de México y Latinoamérica.



Figura 1. Ramas productivas de café de la variedad SL-16. Características: entrenudos largos, pocas flores por axila foliar, semillas de forma oblonga



Figura 2. Participación de estudiantes de la Universidad Autónoma Chapingo en la evaluación de las variedades de café (manejo poscosecha)

Integración del punto de vista de los compradores

En el cotejo, el panel estuvo integrado por los siguientes catadores certificados: Koichi Nagahama de Nagahama Coffee Inc., Shinji Sekine de Wataru & Co., Tatsuya Inoue de Voila de Japón; Joe Hsu de ORSIR Company de Taiwán y por Clemente Santiago Paz de Sustainable Harvest, Jorge Luis Martínez Marín del Centro Agroecológico del Café A.C., Pedro Iván Flores del Consejo Regulador del Café Veracruz A.C., José Gervasio Partida Sedas y Emiliano Pérez Portilla del CRUO-UACH por parte de México. La evaluación tuvo lugar el día 27 de mayo de 2012 en el Laboratorio de Calidad de Café del CRUO-UACH, cuya sede se encuentra en Huatusco, Veracruz.

El protocolo de catación que se utilizó fue el del concurso "Taza de Excelencia 2012"® (Anónimo, 2012), que se basa en la evaluación de 10 atributos sensoriales en una escala de 0 a 8. Se toma como base un puntaje mínimo de 36, al cual se le suman las calificaciones de los atributos. El puntaje máximo es de 100 puntos.

En el Cuadro 1, se aprecian las calificaciones asignadas a cada cultivar de café por parte del panel de evaluación y también las de la muestra del café "Control". Cabe señalar que para ser considerado un café de excelencia la bebida debe de reunir un mínimo de 85 puntos. Considerando como base este criterio sólo la selección UACH 15 y UACH 20 sobrepasaron esta puntuación, la UACH 8 y UACH 10 estuvieron cerca y la UACH 12 tuvo una calificación baja, sin embargo su calificación fue superior a la muestra control.

Cuadro 1. Calificaciones de la bebida de café asignadas por un panel de evaluación sensorial internacional a las variedades de café seleccionadas para el mercado de alta gama

Muestra	>90	89-87	86-85	84-80	<79	Jueces	Promedio
Control			1	6	2	9	81.8
UACH 8		1	4	4		9	84.7
UACH 12			3	4	2	9	82.8
UACH 15		3	4	2		9	86.0
UACH 20	2	2	1	3	1	9	85.3
UACH 10			4	5		9	84.0



Figura 3. Cata de la bebida obtenida de variedades de café seleccionadas en CRUO-UACH

El panel, en su discusión elaboró el perfil de sabor de cada una de las selecciones de café, en el Cuadro 2, se muestran los atributos sensoriales de la bebida, las tazas con la bebida de las selecciones UACH 12 y UACH 10 presentaron atributos negativos, que le restaron puntaje en la evaluación según el protocolo.

La bebida de las cinco selecciones presentó perfiles aromáticos más complejos en comparación con la muestra "Control" y de los cafés convencionales de México. La bebida de la selección que registró mayor complejidad fue UACH 15; esta característica se reflejó en la puntuación que obtuvo (86). Cabe señalar que en el caso de la selección UACH 20, la bebida presentó mayor variación en las calificaciones asignadas por los jueces, misma que se situó entre 79 y 92 puntos; un juez nipón comentó que tenía un perfil de sabor "riesgoso", en el sentido de que la bebida podría agradar en extremo o también desagradar. También se puede señalar que la complejidad en el perfil de la bebida de las cinco variedades fue mayor a la testigo.

Cuadro 2. Caracterización de la bebida de la selección de variedades de café del CRUO-UACH por parte del panel de evaluación sensorial internacional

Muestra	Perfil de la bebida	Defectos en taza
Control	Intensidades medias del bouquet. Perfil aromático a caramelo, chocolate, nueces (almendras), herbal (té verde) y especias. Intensidad media de la acidez, cuerpo y dulzor.	Herbal, taza sucia.
UACH 8	Intensidades altas del bouquet. Perfil aromático complejo: frutal (durazno, manzana verde, frambuesa, limón), floral (flor de café, té de rosas), nueces (avellanas, almendras) y chocolate (chocolate, vainilla). Acidez alta. Cuerpo alto. Dulzor medio.	Sin defectos.
UACH 12	Intensidades altas del bouquet. Perfil aromático especiado (semillas de cilantro), floral (miel) y frutal (limón, fresa, toronja, durazno, ciruela, manzana). Intensidad alta de acidez. Intensidad media de cuerpo. Astringencia ligera. Dulzor medio.	Suave, poco denso, astringente, notas a paja, taza sucia.
UACH 15	Intensidades altas del bouquet, con un resabio largo. Perfil aromático complejo, floral (miel, flor de café, té de rosas), especiado (semillas de cilantro, menta, cardamomo), caramelo (mantequilla, caramelo) y frutal (piña, ciruelo, maracuyá, cítricos, manzana verde, durazno). Intensidad alta de acidez. Intensidad media de cuerpo. Dulzor alto.	Sin defectos.
UACH 20	Intensidades altas del bouquet. Perfil aromático complejo. Especiado (semillas de cilantro, canela, menta, clavo, cardamomo), floral (té de rosas), frutal (mezcla de bayas, grosella, frambuesa, limón) y chocolate (vainilla, tostado). Acidez media (la más baja de las evaluadas). Cuerpo alto (cremoso). Dulzor medio.	Nota como a medicina china. Muy denso y resabio seco. Taza imperfecta.
UACH 10	Intensidades altas del bouquet, consistente y estable en todos sus atributos, con un resabio largo. Perfil aromático a caramelo (caramelo, mantequilla, maple), floral (flor de café, té de rosas, semillas de cilantro), frutal (limón, lima, bayas rojas, ciruelo, manzana). Acidez alta. Cuerpo de medio. Dulzor medio.	Sin defectos.

Fuente: Elaborado con datos propios.

Como se muestra en el Cuadro 2, los perfiles aromáticos, se mencionan a continuación agrupados de acuerdo a la propuesta *Le Nez du Café* (Lenoir y Guermonprez, 2005), en ésta, el descriptor que agrupa las notas aromáticas

se presenta en negritas. De manera sintética se pueden describir las selecciones evaluadas en relación a los grupos aromáticos de la manera siguiente: UACH 8 tiene un perfil frutal-floral, una acidez intensa y atractiva; la variedad UACH 12 un perfil especiado-floral-frutal, con un cuerpo suave y astringencia ligera; la variedad UACH 15 presenta un perfil complejo floral-especiado-frutal, un gusto dulce y resabio largo; UACH 20 tiene un perfil especiado-floral-frutal, un cuerpo cremoso y resabio seco; finalmente la variedad UACH 10 presenta un perfil caramelo-floral-frutal, con gusto dulce y resabio largo. El café de la muestra control presentó un perfil característico del café mexicano, caramelo-chocolate-nueces.

El evento, a manera de un coloquio científico, permitió conocer el perfil aromático de café para el mercado japonés y también evaluar e identificar las perspectivas del trabajo de la selección de las variedades en el mercado de café de alta gama. El intercambio de ideas y percepciones en un contexto internacional también permitió fortalecer la idea de que la calidad del café depende de los segmentos y nichos de mercado, en los que el aspecto cultural tiene un papel muy importante. Lo anterior plantea la necesidad de que las políticas cafetaleras en el país asuman este principio en las estrategias de mejoramiento del sector.



Figura 4. Sesión de intercambio de opiniones sobre la caracterización de la bebida de café obtenida de variedades seleccionadas en el CRUO-UACH; participan los catadores y cafecultores de Veracruz

A manera de conclusión se puede mencionar que el evento permitió dar a conocer algunos resultados de los trabajos que se realizan en la selección y evaluación de variedades, los cuales tienen una concepción holística, esto es desde el campo a la taza, sin olvidar el mercado, y que los proyectos que tienen el fin de identificar el efecto de la variedad en el perfil aromático tienen buenas expectativas.



Figura 5. De izquierda a derecha Joe Hsu de Orsir Company de Taiwán, Tatsuya Inoue de Voila de Japón, José Gervasio Partida Sedas de CRUO-UACH, Koichi Nagahama de Nagahama Coffee Inc., Shinji Sekine de Wataru & Co. de Japón

Agradecimientos

A la empresa Sustainable Harvest que financió la visita de los catadores Koichi Nagahama de Nagahama Coffee Inc., Shinji Sekine de Wataru & Co., Tatsuya Inoue de Voila de Japón; Joe Hsu de Orsir Company de Taiwán. En especial a Clemente Santiago Paz quien hizo posible este cotejo.

También a Ángeles y Rosalba Fuentes Gallardo, jueces sensoriales del CRUO-UACH, a Jorge Luis Martínez Marín del Centro Agroecológico del Café A.C. y a Pedro Iván Flores del Consejo Regulador del Café Veracruz A.C. por su apoyo en la preparación de muestras y en la cata.

Literatura citada

- Anónimo. 2012. *Taza de Excelencia. Formulario de catación*. [Internet] Disponible en: <http://www.cupofexcellence.org/es-s/QuéésCOE/Protocolosdecompetencia/Formulariodecación/tabid/543/Default.aspx>
- Jaffe, R.; Sampson, D.; y A. Shattuck 2008. Construyendo alianzas entre agricultores y consumidores para enfrentar la crisis del café. Provençe, France: LEISA 41-43.
- Lenoir, J. y Guermontprez, D. 2005. *Le Nez du Café*. Edic. Jean Lenoir.
- Lewin B.; Giovanucci D.; y P. Varangis 2004. Coffee markets. New paradigms in global supply and demand. The International Bank for Reconstruction and Development Agriculture and Rural Development Department. Washington, USA.
- Martínez, P. D. 1993. Producción de café en condición estrictamente altura. *En: Memorias de la VI Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal en el Estado de Veracruz*. Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Oxfam. 2002. Pobreza en su taza de café. Oxford: Oxfam.
- Oxfam. 2006. Terreno para el cambio. Sembrando la voz de los pequeños cafetaleros y trabajadores del café en el próximo acuerdo internacional del café. [Internet] Disponible en: www.maketrade4fair.com/assets/spanish/Terreno_para_el_cambio.pdf
- Partida S., J.G.; Pérez P., E; y P.D. Martínez 2003. Evaluación de variedades del banco de germoplasma del CRUO. *En: Memorias del CENIDERCAFE*.
- Partida S., J.G.; Pérez P., E; y P.D. Martínez 2009 Variedades de café con potencial para el mercado de especialidad. *En: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano*. Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Pérez P., E.; Partida S., J.G.; y P.D. Martínez 2005. Determinación de las subdenominaciones de origen del Café Veracruz (Estudio preliminar). *Revista de Geografía Agrícola* 35: 23-56.
- UNCTAD. 2005. *Café: guía del exportador*. Ginebra, Suiza: Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC.

- Patente número 1414 que concede el gobierno mexicano por medio de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) por el desarrollo de la variedad de café (Coffea arabica L.) denominada Questlansase. Octubre de 2015.





SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

Licenciado Filiberto Flores Almaraz, Director del Registro Nacional Agropecuario de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 1º, 3º fracción II, 4º, 7º, 16 y 18 de la Ley Federal de Variedades Vegetales; 6º y 38 de su Reglamento, Artículo 10 fracción IX del Acuerdo por el que se modifica el diverso mediante el cual se establece el Registro Nacional Agropecuario y se delegan facultades a favor de su titular y por Acuerdo del Comité Calificador de Variedades Vegetales, extiende el presente

TÍTULO DE OBTENTOR

*A Universidad Autónoma Chapingo; quien obtuvo la variedad vegetal de Café (*Coffea arabica* L.) con la denominación **QUESTLANSASE** desarrollada por **Emiliano Pérez Portilla, José Gervasio Partida Sedas y Dámaso Martínez Pérez**, a la que se le concedió el número de registro **1414** para su aprovechamiento y explotación exclusiva concluyendo su vigencia el día **28 de Octubre de 2033**.*

Ciudad de México, D.F., a los 28 días del mes de Octubre de 2015.

PERFIL AROMÁTICO
DE LA BEBIDA DEL CAFÉ
VARIEDAD QUESTLANSASE

Café de Especialidad Chapingo



¿Cómo se determina el perfil aromático de la bebida?

Mediante un panel de catadores expertos que aplican técnicas analíticas de evaluación sensorial para describir cuali y cuantitativamente las características de la bebida (figura1). Esto permite establecer la tipicidad del perfil aromático de la variedad de café Questlansase. Debido a la complejidad aromática de la bebida, la descripción se realiza tomando como referencia las esencias aromáticas de Le Nez du Café. Esto permite sintetizar mediante grupos aromáticos la complejidad presente y así facilitar la comunicación de los perfiles. Esta determinación se realiza en el Laboratorio de Análisis de la Cali-



Figura 1. Análisis descriptivo de la bebida de la variedad Questlansase.

¿Cuál es el origen de la variedad Questlansase?

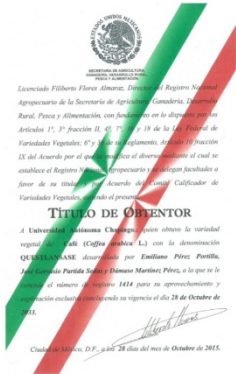


Figura 2. Título de obtentor de la variedad criolla Questlansase.

En 1981 se conformó el Banco de Germoplasma (BANGEM) del CRUO-UACH en Huatusco, Veracruz, diferentes variedades de *C. arabica* han sido evaluadas y, hace 15 años se inició el registro de las características del grano y la bebida, las cuales se utilizaron como criterios de selección para identificar los materiales genéticos que tuvieran potencial en los mercados de especialidad.

A la fecha, en el CRUO-UACH se han establecido lotes de doce variedades seleccionadas, se ha avanzado en la caracterización de tres y, adicionalmente, se logró el título de obtentor de la va-



Figura 3. a) Rama plagiotrópica en fructificación. b) Frutos maduros de *C. arabica* var. Questlansase.

¿Cuál es el perfil aromático de la bebida de la variedad Questlansase?

Con más de cinco años de evaluación, el perfil aromático de la bebida se caracteriza por tener un aroma dulce en el que dominan las notas a caramelo y a jarabe de maple, un sabor y regusto floral-frutal en el que destacan la nota a té de rosas, la cual se combina con notas a grosella negra en el sabor y a vainilla en el regusto. La tipicidad del perfil aromático de esta variedad está dada por la dominancia de la nota a té de rosas, en el aroma, sabor y regusto, una referencia equivalente con mayor conocimiento del consumidor mexicano es el aroma y sabor a flor de Jamaica en fresco. El perfil aromático evaluado en las cosechas 2013, 2014, 2015 y 2016 se muestra en la figura 4. Debido a la estabilidad en el



Figura 4. Nube de descriptores aromáticos presentes en el bouquet de la bebida de la variedad de café Questlansase (Cosechas 2013, 2014, 2015 y 2016). El tamaño de las letras de los descriptores es proporcional a su frecuencia en el aroma, sabor y regusto de la bebida.

¿Quiénes somos?

Somos un grupo de académicos del CRUO-UACH que conforman la línea de investigación sobre estudios de la calidad del café desde una perspectiva regional (figura 5).

Contacto:

Dr. Emiliano Pérez Portilla

Teléfono: 01 (595) 9521500 Ext. 3060

E-mail: cafedeespecialidadchapingo@gmail.com

Facebook: Café de Especialidad Chapingo



Figura 5. Huatusco, Veracruz, México.

