



Caracterización química en grano verde y tostado de una nueva variedad de *coffea arabica l.* cosechado en 2016 en Huatusco, Veracruz - México

Chemical characterization in green and toasted grain of a new variety of *coffea arabica l.* harvested in 2016 Huatusco, Veracruz - Mexico

Oscar González-Ríos¹, Mirna Leonor Suárez-Quiroz², Robert Winkler³, Ana Karen Ramírez-Hernández⁴

Recibo: 09.07.2018 Aceptado: 03.12.2018

González-Ríos, O., Suárez-Quiroz, M., Winkler, R., Ramírez-Hernández, A. (2018). Caracterización química de una nueva variedad de *Coffea arabica L.* cosechado en 2016 en Huatusco, Veracruz-México *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 86-97. doi:http://dx.doi.org/10.23850/24220582.1596

Resumen

Las variedades de café resistentes a plagas y enfermedades como uso alternativo para mantener su producción, deben adaptarse a las condiciones edafológicas de las regiones cultivadas, presentar un rendimiento de producción adecuado (kg/ha) y contener marcadores químicos de calidad, que impacten en el perfil aromático y sensorial en su bebida. El objetivo de este trabajo fue analizar la composición química de los granos verde y tostado de dos variedades de *Coffea arabica* (variedad híbrida de café “Milenio” (H10®), introducida en el año 2015 en Veracruz, México y la variedad “Typica”). Se determinó en grano de café verde, el contenido de lípidos, proteína, cafeína, sacarosa y ácido 5-O-cafeoil-quínico (5-CQA). Se comparó cualitativamente la fracción volátil de granos verde y tostado mediante la incidencia directa de rayo de plasma sobre los granos de ambas variedades estudiadas de café. (UPLC-ESI-MS/MS). Los valores en materia seca de cafeína (0.8g/100g) y sacarosa (6.6/100g) en granos verdes fueron similares en H10® a los de VT. El contenido de lípidos y (5-CQA), de H10®, presentaron diferencia significativa positiva de +6.1g y +0.1g por 100g respectivamente y un contenido significativamente menor de proteína de -2.5g/100g con respecto a la VT. De un total de 24 compuestos orgánicos volátiles identificados por HS-SPME-GC-SM, sólo el 2-metilpropanal, 3-acetil-1-metilpirrol y mirceno, fueron identificados en granos tostados en la variedad H10® con respecto a la VT. El estudio por UPLC-ESI-MS/MS, mostró en granos verde y tostado un total de 87 iones más intensos, donde en café verde, la variedad H10® se caracterizó por 19 iones y la VT por un ion. Para café tostado, 6 bins entre 85.97 y 290.87m/z, caracterizaron la fracción volátil de H10®, mientras que 7 bins entre 80.02 y 470.21m/z caracterizaron la fracción volátil de la VT.

Palabras clave: café, híbrido, fracción no volátil, fracción volátil.

¹Tecnológico Nacional de México/I.T; oscargr@itver.edu.mx; Mexico

²Tecnológico Nacional de México/I.T; mirnasq@itver.edu.mx; Mexico

³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV); robert.winkler@cinvestav.mx; Mexico

⁴Tecnológico Nacional de México/I.T; karen.ram1990@gmail.com; Mexico

Abstract

The varieties of coffee resistant to pests and diseases as an alternative use to maintain their production, must first adapt to the soil conditions of the cultivated regions, present an adequate production yield (kg/ha) and contain quality chemical markers, which will impact on the aromatic and sensory profile in your drink. The objective of this work was to characterize chemically the hybrid variety of coffee “Millennium” (H10®), introduced in 2015 in Veracruz, Mexico and compare it with the variety “Typica” (VT). The content of lipids, protein, caffeine, sucrose and 5-O-caffeoyl-quinic acid (5-CQA) was studied in green coffee grains, by classical and chromatographic methods (HPLC); and the volatile fraction in green and roasted grains, was studied by the coupling technique of: HS-SPME-GC-MS and by the direct incidence of plasma ray on coffee beans (UPLC-ESI-MS/MS). The dry matter values of caffeine (0.8g/100g) and sucrose (6.6/100g) in green beans were similar in H10® to those in VT. The content of lipids and 5-CQA, of H10®, showed a significant positive difference of +6.1g and +0.1g per 100g respectively and a significantly lower protein content of -2.5g/100g with respect to the VT. Of a total of 24 volatile organic compounds identified by HS-SPME-GC-SM in roasted samples, only 2-methylpropanal, 3-acetyl-1-methylpyrrole and myrcene, were present in the H10® variety with respect to VT. The study by UPLC-ESI-MS/MS, showed in green and roasted beans a total of 87 more intense ions, where in green coffee, the H10® variety was characterized by 19 ions and the VT by an ion. For roasted coffee, 6 bins between 85.97 and 290.87m/z, characterized the volatile fraction of H10®, while 7 bins between 80.02 and 470.21m/z characterized the volatile fraction of the VT.

Key words: coffee, hybrids, no-volatile fraction, volatile fraction.

Introducción

El café es uno de los productos agrícolas más importantes a nivel mundial (López-García, Escamilla-Prado, Zamarripa-Colmenero & Cruz-Castillo, 2016), y es producido en más de 70 países, siendo Brasil el mayor productor con el 34.15% de la producción total, seguido de Vietnam, Colombia e Indonesia.

En México se estima que durante el periodo comprendido entre 2015-2016 hubo un déficit de 3.3 millones de sacos de 60kg de café y la principal causa se le atribuyó a la presencia del hongo *hemileia vastatrix*. Por estas razones, se ha buscado nuevo material vegetal de café que sea resistente a plagas y que presenten una alta calidad en taza. Diversos investigadores pertenecientes al Centro Internacional de

Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) en Francia, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica, Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE), Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), Programa de Apoyo a Pequeños Productores Componente Procafé e Impulso Productivo al Café (PROCAFE), la Asociación Nacional del Café, en Guatemala (ANACAFE) y Programa Cooperativo de Instituciones de los Países para el Desarrollo de la Caficultura Competitiva y Sostenible (PROMECAFE) de Centro-América, Guatemala El Salvador y Costa Rica, desarrollaron varios híbridos de *coffea arabica l.* que presentan un alto nivel de resistencia a plagas, dentro de las cuales destaca la variedad híbrida “Milenio” (H-10®), la cual fue obtenida a partir de una variedad local Etiope y Sarchimor (Rica & Salvador, 2018).

Esta variedad híbrida fue cultivada en el Estado de Veracruz, México a partir del año 2014, sin embargo no se tiene información sobre su composición química. La composición química del café ha sido estudiada extensamente en granos verdes (Clifford, 2000; Bertrand et al., 2006; Arya & Mohan, 2007; Clarke & Vitzthum, 2001; Fujioka & Shibamoto, 2008; Farah, 2012) y se ha demostrado que ésta determina las propiedades y la calidad en taza del café. La composición química del grano de café depende primordialmente de aspectos genéticos (especie, variedad) y de aspectos fisiológicos tales como el proceso y el grado de maduración.

Sin embargo, es bien sabido que estas características químicas o intrínsecas son influenciadas por otros factores extrínsecos como condiciones de cultivo (composición del suelo, condiciones climáticas, altitud), edad de la planta, prácticas agrícolas (sombra, fertilización e irrigación), condiciones de cosecha, procesamiento post-cosecha y condiciones de almacenamiento que finalmente afectan la fisiología del grano (Farah, 2012).

Por otro lado, los granos verdes de café carecen de color y de las propiedades aromáticas que observamos en el grano tostado, ya que estas características se adquieren mediante reacciones químicas complejas que ocurren durante el proceso de tostado (Baggenstoss, Poisson, Kaegi, Perren & Escher, 2008). Se sabe que los volátiles principalmente contribuyen al aroma mientras que los no volátiles están relacionados con amargor, acidez y astringencia (Buffo & Cardelli-Freire, 2004).

Por lo que el objetivo principal de este trabajo fue caracterizar químicamente las fracciones no volátil y volátil del café en grano verde y tostado, proveniente de la variedad híbrida “Milenio” (H10®) y compararla con la variedad tradicional y de alta calidad sensorial, pero sensible a plagas y enfermedades denominada “Typica” (VT).

Materiales y métodos

Material biológico

Se utilizaron dos lotes de 30kg de café de la especie *coffea arabica*, uno correspondiente a la variedad híbrida “Milenio” (H-10®), obtenido a partir de una variedad de Etiopía y Sarchimor (Familia T5296 x Rume Sudan) cultivada en la finca “Los Tecolotes” (19°10’23.8” N; -96°97’08.7” W) y otra de la variedad “Typica” (VT) cultivada en la finca “Doña Felisa” (19°13’45.5” N; - 96°58’29.4” W) que sirvió de referencia. Ambas variedades fueron cosechadas en 2016-2017 en el Municipio de Huatusco, en la región central del Estado de Veracruz, México a 1340msnm.

Tratamiento postcosecha

Únicamente cerezas maduras de las 2 variedades de café fueron despulpadas sin agua en un equipo vertical de tambor Penagos® (Hermanos Penagos y CIA LTDA, Colombia). La desmucilaginación de los granos se llevó a cabo por fermentación natural bajo agua. Una vez eliminado el mucílago remanente mediante un lavado con agua limpia, el café pergamino fue secado al sol sobre zarandas, en capas de aproximadamente 2 cm de espesor hasta un 12±1% de humedad en grano verde.

Preparación de las muestras de café verde y café tostado para el análisis químico

Muestras de 300±1g de grano verde de las variedades estudiadas, se ultracongeló a -70°C durante 12h y se molieron en un molino en acero inoxidable (KRUPS®), posteriormente se tamizaron a un tamaño de partícula de 630±10µm, el polvo obtenido se almacenó a 4±1°C, en bolsas de plástico “Ziploc®” hasta realizar los análisis químicos de la fracción no volátil y volátil.

Las muestras de café verde de cada variedad (H10® y Typica), fueron tostadas

a un nivel medio en un equipo automático de tambor rotatorio modelo T3KA (SoloCafe®) con capacidad de 5kg empleando un perfil de temperatura estandarizado. Al término del proceso de tostado las muestras fueron desgasificadas a $-20^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ y posteriormente puestas en bolsas de plástico “Ziploc®” para ser conservadas a -80°C hasta su utilización.

Caracterización química de la fracción no volátil de café verde

Para cuantificar el contenido total de grasa se empleó la metodología reportada por Speer y Kölling-Speer (2006), por extracción Soxhlet de $3\pm 0.001\text{g}$ de café verde molido utilizando $130\pm 5\text{mL}$ de solvente por 4h. El contenido de grasa se calculó por gravimetría.

Siguiendo la metodología descrita en la ISO/DIS 20481 de 2008, se determina la concentración de cafeína, se realizó una extracción acuosa con $1\pm 0.001\text{g}$ de polvo café verde en 250mL de agua incorporando $5\pm 0.001\text{g}$ de óxido de magnesio, la mezcla se llevó a baño maría durante 20min y se mantuvo la solución a 90°C ; posteriormente se filtró el extracto (filtro de jeringa $0.20\mu\text{m}$). La fase móvil fue de 24% de metanol y 64% de agua (v/v) a un flujo de $1.0\text{mL}/\text{min}$ y un volumen de inyección fue de $10\mu\text{L}$, utilizando una columna RP-18 con elución isocrática y una longitud de onda de 272nm . El contenido de cafeína se calculó por medio de estándar externo.

La concentración del ácido 5-O-cafeoil-quinico (5-CQA), se determinó pesando $250\pm 1\text{mg}$ de café verde molido y se mezclaron con 100mL de una solución metanol: agua (70/30 v/v) y 0.5% de una solución de bisulfito de sodio. Posteriormente se agita en oscuridad a 125rpm y a 4°C ; los extractos son tratados con 0.5mL reactivos de Carrez I y II. Después, el extracto final se filtró a un diámetro de poro de $0.2\mu\text{m}$. La solución filtrada es analizada por HPLC utilizando una columna RP-18 de $5\mu\text{m}$ de tamaño de partícula. El sistema de elución

consistió en ácido fosfórico 2mM , pH 2.7, que contiene 5% de metanol, y otra solución de metanol con 5% de ácido fosfórico 2mM , pH 3.9. El flujo fue de $0.8\text{mL}/\text{min}$ y se detectó a 325.2nm . El contenido de ácidos cloregénicos se calculó mediante una curva estándar externa de cinco puntos, para la cuantificación del ácido 5-CQA (SIGMA).

Para determinar el contenido de sacarosa, se empleó la técnica descrita por Smrke, Opitz, Vovk & Yeretizian (2013). Se pesaron $3\pm 0.001\text{g}$ de café verde molido a los que se adicionaron 100mL de agua a 92°C por 5min, a 2.5mL del extracto acuoso se mezclaron con 7.5mL de acetonitrilo y se filtraron a $0.45\mu\text{m}$. Se usó una columna de sílice amino-propilo Zorbax de Agilent®, 5μ , $4.6 \times 150\text{mm}$, el sistema de elución fue acetonitrilo: agua 75:25 (v/v), con un flujo de $1.5\text{mL}/\text{min}$. La concentración de sacarosa se determinó por estándar interno de un solo punto, utilizando una concentración de $2.5\text{mg}/\text{mL}$ de sacarosa (SIGMA), el volumen de inyección fue de $20\mu\text{L}$.

Para la determinación de proteína total se basó en la norma NMX-F-068-S-1980. Se peso $1\pm 0.001\text{g}$ de café verde molido, fueron digeridas con ácido sulfúrico en un matraz Kjendahl, posteriormente se le adicionó 80mL de agua y 50mL de hidróxido de sodio al 40%. Finalmente, la mezcla fue destilada y recuperadas con en un matraz con 30mL de ácido bórico y neutralizada con una solución de HCl 1N. El porcentaje de proteína fue calculado aplicando el factor 6.25.

Caracterización de la fracción volátil del café

Todas las muestras de café tostadas y molidas se acondicionaron a temperatura ambiente por 90min antes de su muestreo y análisis en espacio de cabeza (HS). Un gramo de café tostado y molido fue colocado en un frasco de 2mL cerrado herméticamente. Para la extracción de la fracción volátil del café, se llevó a cabo la micro-extracción en fase sólida (SPME), en un inyector automático acondicionado con un

soporte de fibra, a una temperatura de incubación de 40°C y una velocidad de agitación de 500rpm. La fibra utilizada fue una fibra Carboxen/PDMS. Al término de la extracción, la muestra fue inyectada al cromatógrafo de gases con una temperatura de inyección de 250°C, empleando helio como gas acarreador a un flujo de 1.5mL/min. Para la separación de los compuestos volátiles en las muestras se emplearon dos rampas de temperatura, una de 44° - 170°C, con un aumento gradual de 3°C por minuto y la otra de 170° - 250°C, con un aumento proporcional de 8°C por minuto. La columna utilizada fue DB-WAX (30m x 0.32mm Ø).

Para la identificación de estos compuestos se realizó espectrometría de masas, con una temperatura en la línea de transferencia de 260°C y como gas vector helio a una velocidad de flujo de 1.5 mL/min. La biblioteca electrónica NIST, se utilizó para la nomenclatura de los compuestos detectados, comparando con los nombres ya reportados en la literatura.

Otro estudio de la fracción volátil de las muestras de café verde y café tostado en grano se realizó empleando un sistema UPLC-ESI-MS/MS system (LCQ Fleet Ion Trap Mass Spectrometer, Thermo Finnigan, San Jose, CA, USA) para generar los espectrómetros de masas, reportado por Gamboa-Becerra (2017). Fueron seleccionados 96 granos de café verde y café tostado y fueron incididos con el rayo de plasma,

generando los espectros correspondientes. Los espectros fueron adquiridos en un rango de m/z 50-1000, las corridas se realizaron en ambos modos de ionización (negativo y positivo) de manera separada. El tiempo de adquisición por scan fue de 500 micro-scan.

Los parámetros empleados en la fuente de ionización por electrospray fueron los siguientes para el modo positivo: temperatura del capilar: 290°C; voltaje del capilar: 15V; voltaje del spray: 4.5kV; Tube lens: 80V; nitrógeno (sheath gas): 38 unidades arbitrarias (UA); y gas auxiliar: 10 UA. Los datos obtenidos de los análisis mediante UPLC-ESI-MS/MS fueron procesados y filtrados con el software MZmine 2.21 (Pluskal, Castillo, Villar-Briones & Orešič, 2010).

Resultados y discusión

Composición de la fracción no volátil de las variedades de café analizadas

En la Tabla 1, se muestran los contenidos en materia seca de sacarosa, cafeína, lípidos, proteína y ácidos clorogénicos (ác.5-CQA) de las 2 variedades estudiadas. El contenido de lípidos y ácido 5-O-cafeoil-quinico (5-CQA) fue mayor en las muestras provenientes del café verde híbrido mientras que el contenido proteico fue mayor en las muestras provenientes de la variedad typica.

Tabla 1.

Composición química de las muestras de café verde analizadas

Componentes	VT %	H-10® %
Sacarosa	5.5 ^a	6.6 ^a
Cafeína	1.0 ^a	0.8 ^a
Lípidos	16.11 ^a	22.16 ^b
Proteína	12.9 ^a	10.4 ^b
Ácido clorogénico (5-CQA)	0.4 ^a	0.5 ^b

VT: Café Typica
"Milenio" (H10®)

H10®: Café híbrido

Fuente: Elaboración propia

Es bien conocido que la cafeína es uno de los compuestos químicos más representativos y estudiados del café y una gran parte de los consumidores de café buscan el efecto estimulante en la actividad cerebral, atribuido a este compuesto. Varios estudios han mostrado que este componente puede ejercer diversos efectos benéficos en la salud cuando es consumido, también existen estudios que afirman que este compuesto puede estar implicado en el desarrollo de ciertas enfermedades (Grosso, Godos, Galvano & Giovannucci, 2017).

Sin embargo, a pesar de esta contradicción se busca que la concentración de cafeína en las variedades de café híbridos no se vea afectado. En este estudio, en el cual se empleó un café híbrido obtenido por el cruce entre las variedades de Etiopía y Sarchimor (Familia T5296 x Rume Sudan) presenta contenidos de cafeína dentro de los rangos de una variedad de *C. arabica*. Esto puede deberse a que las modificaciones genéticas introducidas no hayan modificado a ningún gen involucrado en la síntesis de este compuesto y solamente existan modificaciones en los genes implicados en brindar la resistencia al hongo *Hemileia vastatrix*.

Con respecto al contenido de sacarosa no se observan diferencias significativas entre las dos variedades. Se sabe que la sacarosa es un componente importante dentro de la composición química del café, cuyos valores oscilan entre el 3 y 7% de su peso en base seca para las variedades de *C. canephora* y del 6 al 9% en las variedades de *C. arabica*. La concentración de sacarosa en los granos de café verdes maduros y sanos es mayor, y al pesar que la sacarosa no es un azúcar reductor, puede ser hidrolizado a glucosa y fructosa (azúcares reductores). A su vez, estos azúcares pueden reaccionar con compuestos nitrogenados durante el proceso del tostado y formar melanoidinas, compuestos que imparten color y contribuyen a la formación de compuestos volátiles en los granos de café tostado.

Debido a estas actividades, es deseable que la concentración de sacarosa en los híbridos sea similar a la concentración encontrada en las variedades de *Coffea arabica*, las cuales se caracterizan por la alta calidad de su bebida.

Se ha reportado que el ácido clorogénico 5-CQA es el más abundante en los granos de café verde, llegando a representar el 75% de los ácidos clorogénicos totales en café arábica. Estos compuestos que se encuentran en las paredes celulares del grano y planta del café son de gran importancia, brindándole protección ante microorganismos, luz ultravioleta, daños físicos y daños por herbívoros (García-Marin & Puerta-Quintero, 2008). Sin embargo, los granos que presentan un contenido más elevado de Ácidos Clorogénicos Totales (ACGT) son más susceptibles a la oxidación (Arcila-Pulgarin & Valencia-Aristizábal, 1975). Recientemente, se le ha atribuido al 5-CQA algunos beneficios a la salud como la mejora del metabolismo lipídico, la pérdida de peso por medio de la reducción en la síntesis de grasa visceral, colesterol y ácidos grasos. Además, de que puede regular la distribución de las grasas corporales e incrementa la utilización de los ácidos grasos para la obtención de energía.

En otros estudios, incluso, se ha demostrado un efecto antihipertensivo debido a la conversión del ácido clorogénico en ácido ferúlico, el cual regula la producción de óxido nítrico y favorece la vasodilatación. En base a esto y a los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede decir que el consumo regular de este híbrido podría tener un efecto benéfico en la salud superior a la bebida del café tradicional.

Con respecto a la diferencia encontrada en la concentración de lípidos y proteínas entre las dos variedades de café analizadas, esta podría deberse a la altura de 1340msnm en donde se cultivaron los cafetos. Se ha demostrado que a alturas entre 900 y 1399msnm la concentración de lípidos en variedades híbridas

de café (Ethiopia sudan – híbrido de timor) son superiores a las encontradas en las variedades tradicionales (Bertrand *et al.*, 2006). Dentro de todos los compuestos determinantes de la calidad, los lípidos y los ácidos grasos constituyen dos grupos de mayor relevancia. Actualmente se sabe que los lípidos tienen un efecto benéfico sobre el aroma y el sabor de la bebida de café, ya que durante el tostado éstos se concentran en las áreas externas del grano, protegiéndolo de las posibles pérdidas de otros compuestos durante el proceso (Pimenta, 2003).

Es así como los cafés de alta acidez y buena calidad generalmente presentan mayores contenidos de lípidos en el grano (Decazy *et al.*, 2003). Los lípidos presentes en la matriz interna y externa del café ayudan a proteger el grano contra la oxidación, insectos y enfermedades debido a que forman una cubierta cerosa en la superficie del grano; la cual puede tener un mayor grosor en las variedades híbridas. Por esta razón los híbridos pueden tener una mayor protección ante diversos agentes (enfermedades, insectos, entre otros). Otro factor, que puede estar relacionado en el contenido de lípidos encontrado en los híbridos es la inducción a la producción del metabolismo de la planta a la producción de ciertos compuestos como respuesta al ataque de patógenos. Estas respuestas hacia las situaciones estresantes dependen de la interacción de los genotipos de la planta y el patógeno; las cuales pueden tener un efecto en la composición química (Hoyos-Carbajal, Gil, & Valencia, 2003).

La resistencia de las plantas al ataque de patógenos ocurre a los niveles de cultivares o de especies, y se cree que estas interacciones son mediadas por el reconocimiento raza-específico ó raza-no específico (Nüremberg, 1999). La planta de café emplea su metabolismo primario y secundario para responder a estos tipos de estrés. Tales respuestas dependen de la interacción de los genotipos de la planta y el patógeno y se denominan relación gen por gen.

Este concepto desarrollado por Flor (1955), es de gran valor en la genética clásica para explicar la especificidad de los hongos fitopatógenos. Con respecto a la concentración de proteína se ha visto que cuando un grano está expuesto a la roya, provoca una síntesis de proteínas como respuesta hacia este ataque (resistencia a la roya), lo cual explicaría porque el café susceptible a esta enfermedad (variedad típica) muestra una mayor concentración de proteínas (Hoyos-Carbajal *et al.*, 2003).

Composición de la fracción volátil de los cafés analizados

Se logró la identificación de 24 compuestos volátiles para la variedad híbrida y 21 para la variedad típica. Los compuestos identificados en los granos de café tostado para ambas muestras se pueden observar en la Tabla 2. La fracción de compuestos volátiles en los granos de café tostado puede variar con respecto al lugar de origen del cultivo, la variedad botánica, el manejo agronómico, el tratamiento postcosecha empleado y especialmente, el grado de tostado de los granos, así como el método de extracción (Akiyama *et al.*, 2005; González-Ríos *et al.*, 2007; López, Fournier, Cid & Guichard, 2006).

Durante el tostado del café se llevan a cabo varias reacciones químicas, sin embargo, la que tiene un papel clave en la formación de aromas es la reacción de Maillard. Esta reacción se produce entre un grupo amino (presentes en aminoácidos, péptidos y proteínas) y un azúcar reductor (Czerny & Grosch, 2000; Flament, 2002).

La gran similitud encontrada en la fracción volátil de las variedades analizadas puede deberse a que fueron cultivadas, beneficiadas y tostadas bajo las mismas condiciones mientras que las diferencias encontradas pueden deberse a las variaciones encontradas en la fracción no volátil (lípidos, sacarosa y proteínas) de cada una de las variedades analizadas. La diferencia

entre las fracciones volátiles analizadas se centra en tres compuestos: 2-metilpropanal (aldehído), 3-acetil-1-metilpirrol (pirrol) y Mirceno (hidrocarburo), los cuales están presentes en el café híbrido. Se sabe que algunos de los aldehídos presentes en el café pueden dar notas aromáticas a chocolate o a frutas cítricas, los pirroles brindan notas aromáticas a nuez y dulce

y, por su parte los hidrocarburos confieren notas aromáticas a tabaco y madera (Puerta, 2011). De acuerdo con lo anterior, la fracción volátil de café está conformada formada por numerosos compuestos con una amplia variedad de grupos funcionales que poseen características aromáticas diferentes.

Tabla 2.

Composición de la fracción volátil presente en los granos de café tostado

Abundancia Relativa (%)			
Compuesto	VT	H10®	Nota aromática
1-noneno	1.09	1.11	Mantequilla
5-metilfurfural	1.113	1.3	Carmelo
Limoneno	1.54	1.6	Ácido
2- metilpropanal	ND	0.2	Dulce
3-acetil-1-metilpirrol	ND	0.4	Nuez
Piridina	0.58	0.6	Caramelo
4- metiltiazol	1.01	1.02	Tostado
Benzoxazol	0.9	0.91	Tostado
4-piridazinamina	1.0	1.01	Caramelo
2-formil-1-metilpirrol	1.1	1.01	Mantequilla
2,4-dimetil-3-pentanona	0.18	0.2	Agradable
Mirceno	ND	1.0	Agradable
2-etil-6-metilpirazina	0.99	1.02	Tostado
Furfuralcohol	3.8	4	Tostado
Pirazina	0.78	0.76	Café tostado
2-vinilfurano	0.28	0.26	Café tostado
2,5-dimetilfurano	0.35	0.4	Café tostado
2-metoximetilfurno	0.66	0.62	Café tostado
1-(2-furanil)-etanona	0.29	0.3	Café tostado
1-metil-1H-pirrol	0.38	0.4	Café tostado
2-metilfenol	0.98	0.95	Floral
Ciclobutanol	1.07	1.1	Floral
3-penten-2-ol	1.0	1.2	Floral
Furfurilformato	0.57	0.53	Floral

Fuente: Elaboración propia; **ND**= No Detectado

Estudio de fracción volátil por la técnica UPLC-ESI-MS/MS

Heat map de los iones (m/z) presentes en granos verdes y granos tostados de las variedades estudiadas, se muestra en la Figura 1. Este mapa

de calor (*heat map*) fue generado con los 87 iones más intensos detectados en las muestras, y como se puede apreciar en la figura existen dos zonas diferentes, correspondientes a los granos de café verde y tostado respectivamente.

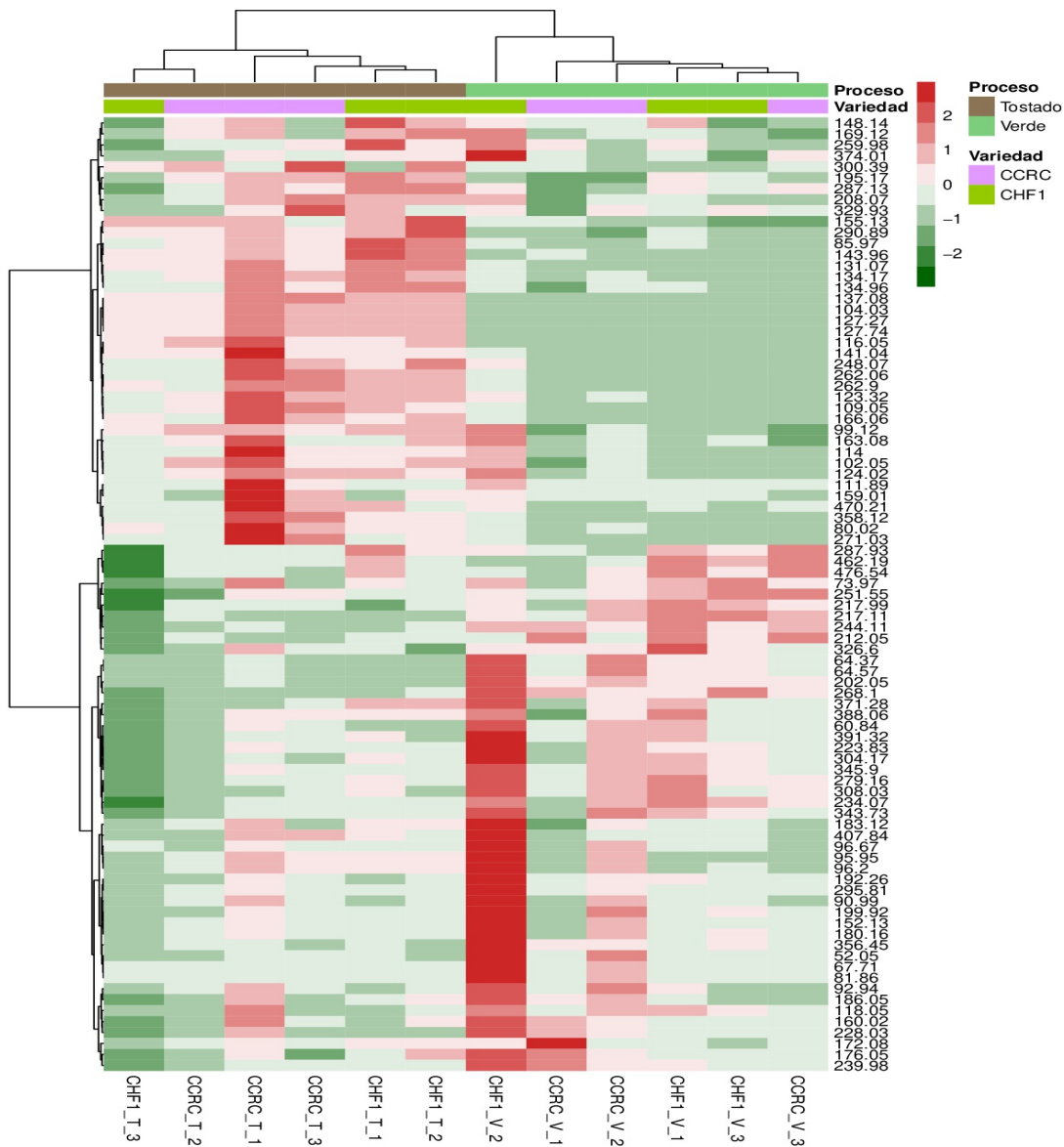


Figura 1. Heat map de los iones (m/z) presentes en granos verdes y granos tostados de las variedades en estudio

Elaboración propia

Se observa una diferencia significativa entre los bins con m/z: 374.01, 391.32, 223.83, 304.17, 183.12, 407.84, 96.67, 95.95, 96.2, 192.26, 295.81, 90.99, 199.92, 152.13, 180.16, 356.45, 52.05, 67.71 y 81.86 con mayor ocurrencia en los granos de café híbrido, siendo el bin con m/z de 172.08 el más característico de la variedad típica, presente en los granos verdes. Con respecto a los granos de café tostados se observó que los bins con m/z: 148.14, 259.98, 155.13, 290.89, 85.97, 143.96 son que tienen una mayor incidencia en los granos de café híbrido mientras que para el caso de la variedad típica son los bins de m/z: 141.04, 114, 111.89, 159.01, 470.21, 80.02 y 271.03.

El “heat map” generado nos permite discernir entre los compuestos idénticos y diferentes entre los granos de café analizados bajo las mismas condiciones. Una diferencia significativa de incidencia de los iones en las muestras de café verde puede estar ligada a diferencias en la composición de la fracción no volátil de los granos de café, la cual a su vez está relacionada con el metabolismo de cada cafeto. El cual puede modificarse de acuerdo con el grado de estrés que estén sometidas las plantas, generando diferencias en la concentración de los metabolitos primarios y secundarios.

Conclusiones

La nueva variedad de *Coffea arabica* denominada “Milenio” (H-10), presenta diferencias en la fracción no volátil y en la fracción volátil con respecto a la variedad típica. Con respecto a la fracción no volátil, las diferencias principales son la concentración de los lípidos y proteínas. En la fracción no volátil se observó la presencia de tres compuestos: 2-metilpropanal 3-acetil-1-metilpirrol y Mirceno en la variedad híbrida que no se encuentran presentes en la variedad típica. Esta información es importante para el sector primario del café, ya que, a través de

estos estudios de composición química, junto con la evaluación sensorial de la bebida se podrá establecer una estrategia metodológica para la selección de híbridos resistentes a plagas, que posean las mejores características composicionales y sensoriales.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Tecnológico Nacional de México mediante el proyecto 6294.17-P y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Referencias

- Akiyama, M., Murakami, K., Ikeda, M., Iwatsuki, K., Kokubo, S., Wada, A., ... Tanaka, K. (2005). Characterization of Flavor Compounds Released During Grinding of Roasted Robusta Coffee Beans. *Food Science and Technology Research*, 11(3), 298–307. <https://doi.org/10.3136/fstr.11.298>
- Arcila-Pulgarin, J., & Valencia-Aristizábal, G. (1975). Relación entre la actividad de la Polifenol Oxidasa (PFO) y las pruebas de catación como medidas de la calidad de la bebida del café. *Cenicafé*, 26(2) 55–71.
- Arya, M., & Mohan R. L. (2007). An impression of coffee carbohydrates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 51–67. <https://doi.org/10.1080/10408390600550315>
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., & Escher, F. (2008). Coffee Roasting and Aroma Formation: Application of Different Time-Temperature Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 5836–5846. [doi:10.1021/jf800327j](https://doi.org/10.1021/jf800327j)

- Bertrand, B., Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F., & 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. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.9.1239>
- Buffo, R., & Cardelli-Freire, C. (2004). Coffee flavour: an overview. *Flavor and Fragrance Journal*, 19(2), 99-104. <https://doi.org/10.1002/ffj.1325>
- Clarke, R., & Vitzthum, O.G. (2001). *Coffee: Recent Developments*. EE.UU: Wiley Online Library.
- 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. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<1033::AID-JSFA595>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1033::AID-JSFA595>3.0.CO;2-T)
- Czerny, M., & Grosch, W. (2000). Potent odorants of raw Arabica coffee. Their changes during roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 868–872. <https://doi.org/10.1021/jf990609n>
- Decazy, F., Avelino, J., Guyot, B., Perriot, J., Pineda, C., Cilas, C. (2003). Quality of different Honduran coffees in relation to several environments. *Journal of Food Science*, 68(7), 2356- 2361.
- Farah, A. (2012). Coffee Constituents. Coffee. En Yi-Fang Chu (Ed.), *Emerging health effects and disease prevention* (pp. 21-58). EE.UU: Wiley Online Library.
- Flament, I. (2002). *Coffee Flavor Chemistry*. Inglaterra: Wiley.
- Flor, H. H. (1955). Host - parasite interactions in flax rust its genetics and other implications. *Phytopathology*, 45, 680 - 685.
- Fujioka, K., & Shibamoto, T. (2008). Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. *Food Chemistry*, 106(1), 217–221. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.091>
- Gamboa-Becerra, R., Montero-Vargas, J., Martínez-Jarquín, S., Gálvez-Ponce, E., Moreno-Pedraza, A., Winkler, R. (2017). *Food Analytical Methods*, 10(5), 1359-1368
- García-Marin, C., & Puerta-Quintero, G. (2008). Contenido de ácidos clorogénicos en granos de Coffea arabica y C. canephora, según el desarrollo del fruto. *Cenicafé*, 59(1), 7–28.
- González-Ríos, O., Suarez-Quiroz, M. L., Boulanger, R., Barel, M., Guyot, B., Guiraud, J.P., & Schorr-Galindo, S. (2007). Impact of “ecological” post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 297–307. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2006.12.004>
- Grosso, G., Godos, J., Galvano, F., & Giovannucci, E. L. (2017). Coffee, Caffeine, and Health Outcomes: An Umbrella Review. *Annual Review of Nutrition*, 37(1), 131–156. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071816-064941>
- Hoyos-Carbajal, L., Gil, V., & Valencia, A. (2003). Estudio de las interacciones

- de Hemileia vastatrix Coffea spp.: Proteínas tempranas. *Cenicafé*, 54(4), 278–285.
- López, I., Fournier, N., Cid, C., & Guichard, E. (2006). Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8560–8566. <https://doi.org/10.1021/jf061178t>
- López-García, F., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A., & Cruz-Castillo, G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 297–304.
- Nüremberg, T. (1999). Signal perception in plant pathogen defense. Multiautor review signaling in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 55, 297- 302.
- Pimenta, C.J. (2003). *Qualidade de café*. Lavras: UFLA.
- Pluskal, T., Castillo, S., Villar-Briones, A., & Orešič, M. (2010). MZmine 2: Modular framework for processing, visualizing, and analyzing mass spectrometry-based molecular profile data. *BMC Bioinformatics*, 11 (395). <https://doi.org/10.1186/1471-2105-11-395>
- Puerta, G. (2011). Composición química de una taza de café. *Cenicafé*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/324065737_COMPOSICION_QUIMICA_DE_UNA_TAZA_DE_CAFE
- Rica, C., & Salvador, E. (2018). *Las Variedades del Café Árabiga*. Recuperado de: <https://worldcoffeeresearch.org/work/coffee-varieties-mesoamerica-and-caribbean/>
- Smrke, S., Opitz, S., Vovk, I., & Yeretian, C. (2013). How does roasting affect the antioxidants of a coffee brew? Exploring the antioxidant capacity of coffee via on-line antioxidant assays coupled with size exclusion chromatography. *Food Funct*, 4, 1082–1092. doi: 10.1039/c3fo30377b
- Speer, K., & Kölling-Speer, I. (2006). The lipid fraction of the coffee bean. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (1) 201–216. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100014>