

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA TAZA DE CAFÉ



El café, químicamente se compone de agua y materia seca. La materia seca de los granos del café almendra está constituida por minerales y por sustancias orgánicas que son los carbohidratos, lípidos, proteínas, alcaloides, como la cafeína y la trigonelina, así como, por ácidos carboxílicos y fenólicos, y por compuestos volátiles que dan el aroma a la almendra.

Por su parte, los granos de café tostados contienen varios de los compuestos químicos que se encuentran en la almendra, aunque en diferentes concentraciones; y además, se detectan cientos de otras sustancias que se forman en las diversas reacciones, mediante el calor, durante la tostación.

La especie, la madurez, la fermentación, el secado, el almacenamiento, la tostación y el método de preparación de la bebida influyen en la composición química y en la calidad del sabor, acidez, cuerpo, amargo, dulce y aromas de una taza de café.



Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Gloria Inés Puerta Quintero

Investigador Científico III
Calidad y Manejo Ambiental
Centro Nacional de Investigaciones
de Café, Cenicafe
Chinchiná, Caldas, Colombia

Edición:
Sandra Milena Marín López
Fotografías:
Gonzalo Hoyos
Diagramación:
María del Rosario Rodríguez L.
Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

Café arábica filtrado

7 g/ 100 mL agua

Agua 98,75%, ácido clorogénico 100 mg, ácido quínico 40 mg, ácido cítrico 60 mg, ácido acético 35 mg, ácido málico 20 mg, ácido fosfórico 15 mg, ácido láctico 10 mg, ácido nicotínico 1 mg, otros ácidos 30 mg, cafeína 90 mg, azúcares reductores 19 mg, polisacáridos 236 mg, melanoidinas 272 ,8 mg, péptidos 75 mg, lípidos 1 mg, potasio 105 mg, otros minerales 140 mg, volátiles de olor dulce, tostado, frutal, ahumado, a especie 0,2 mg

4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona, 5-etil-4-hidroxi-2-metil-3(2H)-furanona, 4-metil-2,3-pentanodiona, etil-2-furfuril-cetona, vainillina, 2-furfuriltiol, 2,3-butanodiona, 4-vinilguaiacol, guayacol, 4-etilguayacol, sotolona, eugenol, metional, 2-pentanona, (E)- β -damascenona, 4-metil-2,3-pentanodiona, 2,3-hexanodiona, 5-etil-3-hidroxi-4-metil-2(5H)-furanona, 2-metilbutanal, 3-mercapto-3-metil-butylformato, acetaldehído y otros 800 compuestos

Brix 1,25%, pH 4,89

Aporte calórico: 1 Kcal/100 mL, sin azúcar; 17,4 Kcal/100 mL, con 1 cucharadita de azúcar

Composición química del grano de café almendra

Los granos de café almendra de las variedades de *Coffea arabica* L. contienen una mayor cantidad de lípidos y de sacarosa que *Coffea canephora* (Robusta), mientras que en la composición de Robusta se destaca el mayor contenido de polisacáridos, cafeína, ácidos clorogénicos y cenizas (Tablas 1 y 2).

Agua. El contenido de agua del grano influye en todos los procesos del café, en particular en la germinación, crecimiento, fermentación, secado, almacenamiento, transporte, trilla y tostación. El café pergamino debe secarse hasta un contenido de humedad entre 10% y 12%, con el fin de mantener su estabilidad

química y microbiológica durante el almacenamiento, evitar daños del grano en la trilla, y también para obtener buenas características sensoriales en la tostación del café (25, 27).

Carbohidratos. Los glúcidos son la principal fuente de energía de todos los seres vivos; en su estructura contienen varios grupos hidroxilo (-OH) y un grupo carbonilo aldosa (-CHO) o uno cetosa (C=O). Los carbohidratos incluyen los monosacáridos como la glucosa, fructosa, ribosa, manosa; los disacáridos como la sacarosa, lactosa y maltosa; los oligosacáridos como la rafinosa y los polisacáridos

Tabla 1. Promedios de la composición química del grano de café almendra, según la especie, porcentaje en base seca (2, 3, 13).

Componente químico	Arábica (%)	Robusta (%)
Polisacáridos	50,8	56,40
Sacarosa	8,00	4,00
Azúcares reductores	0,10	0,40
Proteínas	9,80	9,50
Aminoácidos	0,50	0,80
Cafeína	1,20	2,20
Trigonelina	1,00	0,70
Lípidos	16,20	10,00
Ácidos alifáticos	1,10	1,20
Ácidos clorogénicos	6,90	10,40
Minerales	4,20	4,40
Compuestos aromáticos	trazas	trazas

como el almidón, la celulosa, el glucógeno, las gomas y las sustancias pécticas. Los monosacáridos y algunos disacáridos como la lactosa y la maltosa son azúcares reductores, pueden oxidarse para formar alcoholes y ácidos en las fermentaciones (23) o reaccionar con los aminoácidos en la tostación, para formar las melanoidinas. La sacarosa no es reductora, pero puede invertirse y formar glucosa y fructosa mediante hidrólisis.

Los principales polisacáridos del café almendra son el manano o galactomanano (polímero de manosa y galactosa), que constituye el 50% de los polisacáridos del grano, el arabinogalactano (polímero de galactosa y arabinosa) un 30%, la celulosa (polímero de la glucosa) un 15%, y las sustancias pécticas un 5%. Los granos de

café maduros y sanos contienen más sacarosa que los inmaduros y defectuosos. La principal diferencia en la composición de carbohidratos entre especies de café, es el mayor contenido de sacarosa en Arábica (6% a 9%) y en Robusta (3% a 7%).

Lípidos. Son sustancias energéticas y protectoras de las células, son insolubles en agua y comprenden los ácidos grasos saturados e insaturados, los lípidos saponificables de los cuales se puede elaborar jabón, como los triglicéridos (grasas), céridos (ceras) y fosfolípidos (lecitina), y los esfingolípidos de las membranas celulares. También incluyen los insaponificables como los monoterpenos del geraniol y limoneno, los diterpenos como el fitol, las vitaminas A, E, K, el cafestol y el kahweol, los triterpenos como el escualeno, los tetraterpenos de los carotenoides, licopenos y xantofila, los politerpenos del caucho, los esteroides de las hormonas corticoides y sexuales, los esteroides como el colesterol, los ácidos biliares, la vitamina D y además, las prostaglandinas.

Los lípidos reaccionan de diferentes maneras, por ejemplo, los ácidos grasos reaccionan con alcoholes para formar ésteres y agua; los triglicéridos con bases para formar jabón y glicerina, y también se hidrolizan mediante calor o con enzimas para producir glicerina y ácidos grasos; los ácidos grasos insaturados se hidrogenan y saturan. Además, los lípidos se oxidan en condiciones de oxígeno, luz, altas temperaturas y presencia de metales catalizadores, así, se rompen los enlaces insaturados, se forman radicales libres y se producen aldehídos, cetonas y alcoholes que, en general, tienen olores desagradables, como el rancio. Para controlar la oxidación de los lípidos del café es necesario almacenar los granos en condiciones frescas y secas, sin luz directa y, en el caso del café tostado y molido, controlar la exposición al oxígeno.

Tabla 2. Promedios de la composición química del grano de café almendra de variedades cultivadas en Colombia. Porcentaje en base seca (15, 24).

Variedad de café	Fibra (%)	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Cafeína (%)	Ácidos clorogénicos (%)	Cenizas (%)
Borbón	21,75	15,27	13,90	1,15	7,37	3,78
Caturra	18,85	13,98	14,79	1,13	6,97	3,39
Colombia fruto amarillo	18,45	13,07	14,45	1,16	7,55	3,49
Colombia fruto rojo	16,69	14,27	13,92	1,19	7,42	3,52
Típica	18,71	13,99	14,50	1,20	6,66	3,43
Robusta (cultivos experimentales)	15,53	11,42	15,66	2,10	8,08	3,96

El café Arábica contiene menos ácidos grasos libres que el café Robusta, y en los granos almacenados hay más ácidos grasos libres que en los granos frescos. Los triglicéridos contienen principalmente ácidos linoleico y palmítico, y conforman el 75% de los lípidos del café. La materia insaponificable constituye cerca del 20% al 25% de los lípidos del café y en los diterpenos predomina el ácido palmítico. Los esteroides conforman el 2,2% de los lípidos del café de ambas especies, y contienen principalmente β -sitosterol, stigmasterol, campesterol, Δ^5 avenasterol. El colesterol constituye el 0,11% del peso seco del grano de café almendra y el 0,044% en el café Robusta (13, 32).

Compuestos nitrogenados. El nitrógeno constituye entre el 1,30% y el 3,23% del peso seco del grano de café almendra cultivado en Colombia, con un promedio del 2,05%, y en el café tostado del 1,51% a 2,14%, con un promedio del 2,10%. En los granos de café almendra de las cosechas del 2005, 2006 y 2007, de los departamentos de Antioquia, Quindío, Caldas, Cesar, Santander, Huila y Tolima, se encontraron los mayores valores de nitrógeno en los granos provenientes de las unidades de suelos Malabar, Quindío, Chinchiná y Suroeste, y los menores en las variedades Maragogipe, Típica y Tabi, de Antioquia y la Sierra Nevada, y no hubo diferencias entre los rangos de altitud del cultivo (28).

Proteínas. Se componen de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Estas sustancias cumplen diferentes funciones en las células de los seres vivos como estructura, formación, regulación, defensa, contracción, transporte y catálisis. Las proteínas simples comprenden las globulares como las albúminas, enzimas, hormonas, insulina y diferentes proteínas de los vegetales, y las fibrosas que incluyen elastina, colágeno, queratina y fibroína. Por su parte, las proteínas conjugadas son las nucleoproteínas de los ácidos nucleicos, las glucoproteínas de los anticuerpos, las lipoproteínas del colesterol, las metaloproteínas como la hemoglobina y las fosfoproteínas de varias enzimas.

El contenido total de proteínas es similar entre las especies de café y están conformadas por 50% de albúminas que son solubles en agua y 50% de globulinas insolubles. El contenido total de aminoácidos libres es mayor en granos maduros que en inmaduros y en Robusta que en Arábica, aunque algunos aminoácidos están en menor cantidad en el grano de café maduro, que inmaduro. En granos de café almacenados a altas temperaturas se presenta mayor contenido de aminoácidos libres. Las enzimas

que contienen los granos de café pueden catalizar las degradaciones de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos clorogénicos del mismo grano.

Alcaloides. El café contiene varios alcaloides que contribuyen al sabor amargo del café como son la cafeína, la trigonelina y otros en menor concentración como paraxantina, teobromina y teofilina. El café Robusta contiene más cafeína (2,1%) que Arábica (1,3%). Por su parte, la trigonelina se encuentra en mayor cantidad en Arábica (0,6% a 1,3%) que en Robusta (0,3% a 0,9%). Los contenidos de paraxantina, teobromina y teofilina varían de 3 a 344 mg/kg café almendra y son mayores en Robusta que en Arábica (2, 13).

Ácidos clorogénicos. Corresponden a muchos ácidos fenólicos hidroxycinámicos, principalmente el ácido quínico de la quina y el café; el cinámico de la canela y el maní; el sinápico de la brócoli, la col y las hortalizas de hoja verde; los cumáricos del maní, las zanahorias, los tomates y el ajo; el ferúlico de la avena, cereales, manzana, remolacha y la naranja; el cafeico de arándanos, manzana, cidra, orégano, verbena, tomillo, albahaca, cúrcuma, diente de león, aceitunas y café; el clorogénico o cafeoilquínico (CQA) que es el más abundante en el café y que también se encuentra en arándanos y manzanas; y los dicafeoilquínicos (di-CQA) de la alcachofa, la achicoria y los girasoles.

En los granos de café se han hallado más de 40 ácidos clorogénicos, en especial ésteres del ácido quínico como CQA, di-CQA y FQA. Los contenidos de ácidos clorogénicos son mayores en Robusta que en Arábica, pero no se han encontrado diferencias según la fertilización, ni la altitud (4). Los granos de café inmaduros contienen generalmente más di-CQA que los maduros, y los granos sanos mayor cantidad de ácidos clorogénicos. Los CQA constituyen el 95% de los ácidos clorogénicos del grano de café almendra Arábica, el 5-CQA es el más abundante (15). El promedio del contenido de ácidos clorogénicos del café maduro Arábica de Colombia varía entre 5,24% a 7,61% y difiere de Robusta, que varía entre 7,45% y 10,59% (Figura 1).

Ácidos alifáticos. Después de los clorogénicos, los ácidos más abundantes del café almendra son los carboxílicos alifáticos como cítrico, acético y málico, seguidos del ácido fosfórico (Tabla 3) y otros 35 ácidos. Los ácidos presentan diferentes sabores e intensidades según la concentración (Tabla 4).

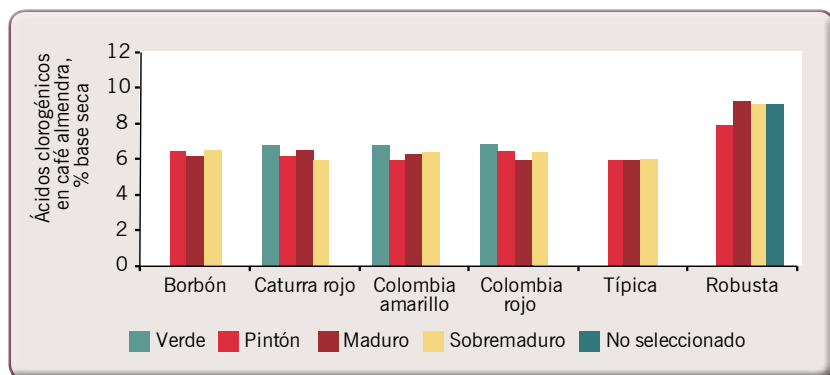


Figura 1. Contenidos de ácidos clorogénicos totales en café almendra, según la variedad y la madurez (15).

Cenizas. Las cenizas del café se determinan mediante la calcinación del grano seco y molido, y contienen los minerales y elementos químicos. El contenido de cenizas es mayor en el café Robusta que en Arábica, y mayor en granos obtenidos del beneficio seco (secado de los frutos o cerezas) que del beneficio húmedo (2). Los contenidos de cenizas en el café almendra de las variedades de café que se cultivan en Colombia varían de 3,36% a 5,73%, con un promedio de 4,13% y en el tostado entre 3,05% y 5,25%, con un promedio de 4,36%. Los mayores valores se encuentran en el café cultivado en las unidades de suelo Suroeste y Salgar en Antioquia y en la unidad La Montaña en el

Cesar, y también en las variedades Maragogipe y Tabi (28).

El contenido de potasio en los granos de café almendra Arábica de la variedad Colombia varía entre 1,23% y 2,55% con un promedio de 1,85% y en el tostado es en promedio de 1,99%, con un rango de 1,09% a 2,91%. El potasio representa alrededor del 40% al 45% del peso de las cenizas del café almendra, el azufre el 7,9%, el magnesio el 3,9%, el fósforo el 3,4% y el calcio el 2,1%; estos cinco elementos conforman el 63% del peso de las cenizas del café.

El contenido de azufre del grano de café disminuye durante la tostación por la formación de los compuestos volátiles azufrados (Figura 2).

Compuestos aromáticos. En el aroma del grano de café almendra se han encontrado cerca de 300 compuestos volátiles (3, 7); la mayoría corresponde a piridinas, furanos, aminas, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos y varios compuestos azufrados (Tabla 5).

Reacciones químicas en la tostación del café

Para las preparaciones del café como bebida, tinto, espresso y otras, los granos de café almendra se tuestan y muelen, y los compuestos del sabor y del aroma se extraen con agua caliente. En la tostación se desarrollan diversas reacciones entre los componentes del grano de café almendra y se generan cientos de compuestos volátiles y sustancias

Tabla 3. Contenido de ácidos en granos de café almendra, según la especie, % base seca (14, 33).

Ácido	Arábica (%)	Robusta (%)
Cítrico	1,16 a 1,38	0,67 a 1,00
Málico	0,46 a 0,67	0,25 a 0,38
Fosfórico	0,11 a 0,11	0,14 a 0,22
Oxálico	trazas a 0,2	trazas a 0,2
Succínico	trazas a 0,15	0,05 a 0,35
Fórmico	trazas a 0,14	trazas a 0,39
Acético	trazas	trazas a 0,2

Tabla 4. Sabores de algunos de los ácidos del café.

Ácidos	Sabor
Clorogénico	Amargo, astringente
Quínico	Amargo y ácido
Cítrico	Ácido intenso como limones
Acético	Agrio
Málico	Manzana verde
Fórmico	Ácido fuerte, acre
Fosfórico	Ácido refrescante
Glicólico	Ácido fuerte
Láctico	Agridulce
Fumárico	Muy ácido, pero no picante
Maleico	Irritante, acre
Succínico	Amargo y salado
Tartárico	Ácido fuerte a uvas negras

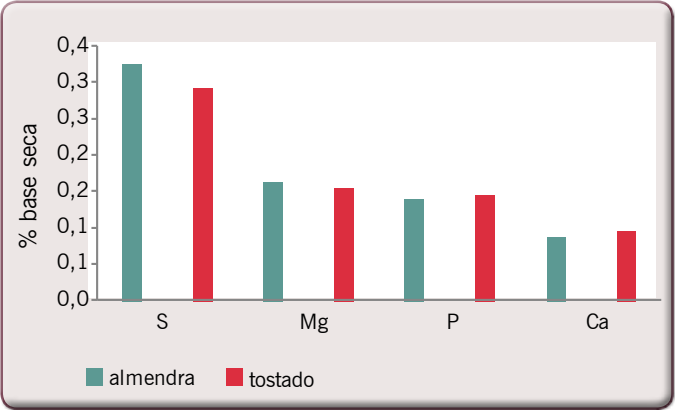


Figura 2. Contenido de azufre, magnesio, fósforo y calcio en los granos de café almendra y tostado de Colombia.

de sabor, que imparten las cualidades sensoriales que se aprecian en la bebida (Figura 3).

La tostación del café se realiza en equipos tostadores que se calientan a una temperatura entre 210 y 230°C, luego, se depositan en los tambores giratorios, los granos de

Tabla 5. Grupos de compuestos de algunos aromas del café almendra.

Grupo de compuesto	Olor en el café almendra
Piridinas	Verde desagradable, hierbas verdes, tabaco, astringente, nauseabundo, fuerte, a tierra
Furanos	Acetona, chocolate, dulce, quemado, tierra, aceite, mohoso, caramelo, herbal, madera
Aminas	Picante, desagradable
Pirazinas	Arveja, pimienta
Aldehídos	Madera, pepino, grasa frita, rosa, miel, jacinto
Cetonas	Fruta cocinada, rosas
Alcoholes	Floral, ligeramente cítrico
Ácidos	Queso, acre
Otros azufrados	Papa cocinada



Figura 3. Esquema de las principales reacciones químicas en la tostación de los granos de café y los compuestos formados.

café almendra previamente seleccionados, así se inicia la desecación del grano y se desarrollan la caramelización de la sacarosa, la degradación de aminoácidos, la glicación entre los azúcares reductores y los aminoácidos, la despolimerización de los carbohidratos y proteínas, las oxidaciones de los lípidos y de los ácidos fenólicos, las reacciones y formaciones de los ácidos, la generación del color y la producción de los compuestos volátiles y de las melanoidinas.

En la tostación cambian los contenidos de los compuestos químicos y la concentración de éstos en los granos tostados con respecto al grano almendra: los polisacáridos disminuyen, la sacarosa se degrada completamente, los azúcares reductores aumentan, las proteínas disminuyen, los lípidos y la cafeína del grano tostado conforman cerca de la misma proporción o un poco más que en los granos almendra, la trigonelina disminuye, los ácidos aumentan, los ácidos clorogénicos disminuyen, las cenizas aumentan y las melanoidinas se crean (Figura 4).

Compuestos químicos del café tostado

Dependiendo de la humedad y calidad del grano almendra y del grado de tostación, el grano de café tostado puede contener entre 3,5% y 5,0% de agua. En el café tostado de las variedades Arábica de Colombia, la fibra constituye cerca del 21,3%, los lípidos el 11,9%, las proteínas 13,8% y la cafeína 1,3% (Tabla 6).

Carbohidratos. Entre 15% y 20% de los polisacáridos contenidos en los granos de café almendra se degradan en la tostación; la sacarosa se descompone completamente, se carameliza, y así, se producen pigmentos que dan color caramelo y amargo a la bebida, y también ácidos fórmico, acético, glicólico, láctico y compuestos aromáticos como los furanos. Más del 99% de los azúcares reductores

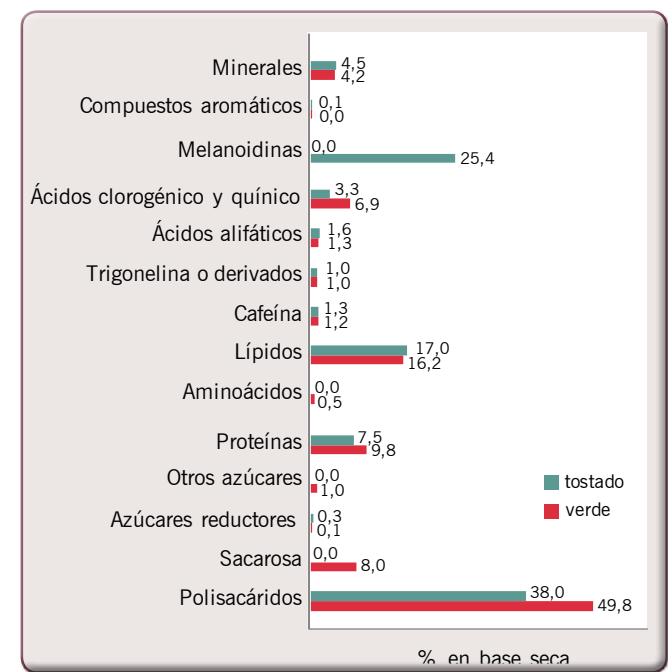


Figura 4. Composición química de granos de café almendra y tostado de variedades Arábica. Datos tomados de Illy y Viani (13).

reaccionan con los aminoácidos en la conocida reacción de *Maillard* o glicación (3, 17, 18), de esta manera, se forman las melanoidinas que dan el pigmento marrón a los granos de café y otorgan sabor y color a la bebida. Además, mediante estas reacciones se producen los pirroles, tiofenos, oxazoles, tiazoles y pirazinas del aroma del café tostado.

Lípidos. La mayor parte de los lípidos contenidos en el grano de café no se degradan durante la tostación, aunque algunos ácidos grasos se incrementan, los lípidos insaponificables disminuyen y algunos lípidos se oxidan y forman aldehídos y otros compuestos volátiles.

Tabla 6. Promedios de la composición química del grano de café tostado de variedades cultivadas en Colombia, porcentaje en base seca (24).

Variedad de café	Fibra (%)	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Cafeína (%)	Cenizas (%)
Caturra	21,71	12,09	13,80	1,27	3,95
Colombia fruto amarillo	20,96	11,70	13,77	1,28	3,84
Colombia fruto rojo	21,54	11,18	13,84	1,39	3,88
Típica	21,08	12,78	13,96	1,29	3,76

Proteínas. La degradación y disminución del contenido de proteínas en el grano de café tostado dependen del grado de tostación. Los aminoácidos reaccionan y generan compuestos del aroma del café tostado, así, en la reacción de Strecker se transforman en aldehídos, CO₂ y amoníaco, y en la reacción de Maillard reaccionan con los azúcares reductores y producen las melanoidinas y diversos compuestos volátiles nitrogenados y azufrados (3, 13, 18).

Alcaloides. La cafeína es estable en la tostación y es soluble en agua. El 85% de la trigonelina se transforma en piridinas, pirroles, ácido nicotínico y otros compuestos nitrogenados.

Ácidos clorogénicos. En la tostación, los ácidos clorogénicos se isomerizan, se unen a las melanoidinas, se hidrolizan, forman quinolactonas y se transforman en catecol, guayacol y pirogalol que tienen olores a humo y quemado. El contenido de ácidos clorogénicos en una taza de café depende de la especie, la madurez, el procesamiento y el grado de tostación, hay menos cantidad en café descafeinado.

Ácidos. Los principales ácidos del café tostado son: clorogénico, quínico, cítrico, acético, málico, fórmico, fosfórico, glicólico, láctico y otros 36 ácidos. Estos ácidos provienen del café almendra y otros se producen en la tostación a partir de los carbohidratos, sacarosa,

ácidos cítrico, málico y fosfórico, trigonelina y lípidos contenidos en la almendra. En los volátiles del café tostado se encuentran también más de 20 ácidos como el propanoico, butanoico, pentanoico, heptanoico y otros ácidos grasos (3, 9, 33).

La cantidad de ácidos de la bebida de café depende de: la especie, Arábica más ácida que Robusta; el tipo de beneficio, beneficio húmedo más acidez; la frescura, cafés muy viejos y reposados tienen acidez menos balanceada en la bebida; el grado de tostación, para tostaciones medias (15% a 16% de pérdida de peso) la acidez es más agradable y balanceada que en el café con tostaciones oscuras (19, 20) (Figuras 5 y 6).

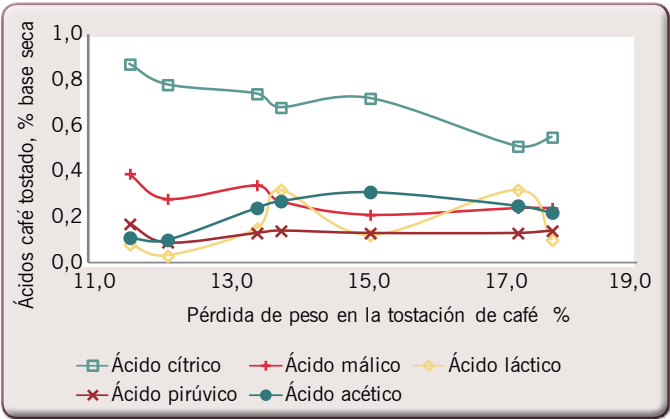


Figura 5. Variación de ácidos del café con la pérdida de peso en la tostación. Porcentaje en base seca. Datos tomados de Blanc (1).

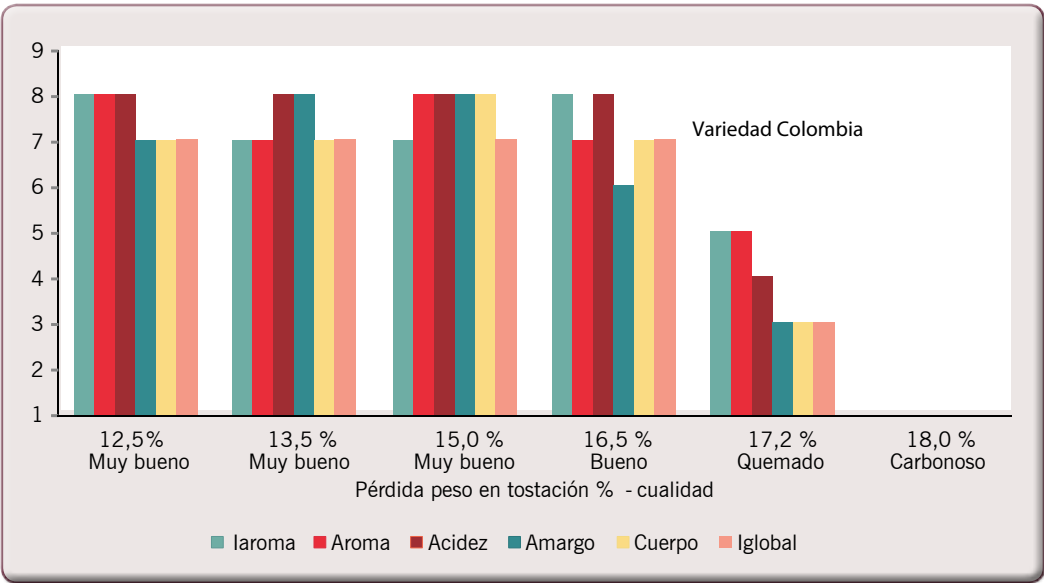


Figura 6. Variación de las características de calidad de la bebida de variedad Arábica, según la pérdida de peso en la tostación, (escala de 1 a 9 puntos; 9 la mejor calificación), (19, 20, 22).

Aromas del café tostado

Los olores están compuestos de varias sustancias volátiles (3, 5, 7, 11, 12, 13, 16, 24, 29, 30). En el aroma del café se encuentran cerca de 850 compuestos volátiles, principalmente furanos, pirazinas, cetonas, pirroles, fenoles, hidrocarburos, ácidos, aldehídos, ésteres, alcoholes y los tiofenos, tiazoles y oxazoles que no se encuentran en el grano almendra, son cerca de 244 compuestos nitrogenados y 75 azufrados (Figura 7).

Las sensaciones olfatorias son efímeras y no son fáciles de describir, clasificar y calificar, ya que no existe una escala del olor, como la de los sonidos o la del color. En general, los olores se describen con analogías tales como,

huele a rosa, a pescado, o es un olor dulce, a cebolla o a menta. Cada persona presenta diferente sensibilidad para los olores y sabores, y también, los umbrales de olor y sabor de cada sustancia son diferentes. La intensidad de los olores puede ser leve, débil o fuerte. Además, los olores pueden describirse como irritantes o intolerables y clasificarse como herbal, frutal, rancio, ácido, tostado y dulce, entre otros (26).

Las sustancias del aroma del café se encuentran en concentraciones del orden de mg/kg, µg/kg, ng/kg, pg/Kg. En un kilogramo de café tostado se pueden encontrar cerca de 500 mg de sustancias volátiles y en un kilogramo de bebida unos 20 mg. Los aromas tienen diferentes intensidades odoríferas y así mismo, una sustancia puede presentar varios olores dependiendo de su contenido en el café. En los granos de café tostados se pueden encontrar compuestos químicos con diversas clases de aromas como a caramelo, tostados, almendras, cítricos, frutales, cocinado, y también desagradables como a tierra, ahumados y fétidos, entre otros.

En la Tabla 7 se presentan algunas de las notas aromáticas del café, según el grupo químico de los compuestos volátiles. Los aromas del café a caramelo incluyen principalmente ácidos y furanos; los tostados están conformados por aldehídos, cetonas, furanos y pirazinas; los frutales y dulces son aldehídos, cetonas, ésteres, alcoholes y ácidos; los florales son principalmente alcoholes; los olores ahumados corresponden en su mayoría a fenoles; los asados a pirazinas; los olores a grasa y rancio están compuestos de alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres; los terrosos y mohosos son fenoles, pirroles, alcoholes, hidrocarburos; los olores a solvente corresponden a hidrocarburos y cetonas principalmente, y los aromas a podrido son en su mayoría compuestos nitrogenados y azufrados como aminas, piridina, tioles y tiofenos.

Los granos defectuosos contienen compuestos químicos diferentes a los sanos que les imparten sus olores y sabores característicos (6, 8, 10, 11, 21, 31) (Tabla 8).

Cabe destacar que el contenido y tipo de compuestos químicos del aroma y sabor de la bebida dependen de la especie de café, la madurez, el tipo de beneficio, las condiciones de fermentación, secado y almacenamiento, el grado de tostación y el método de preparación de la bebida. Cerca de la mitad de la cantidad de los

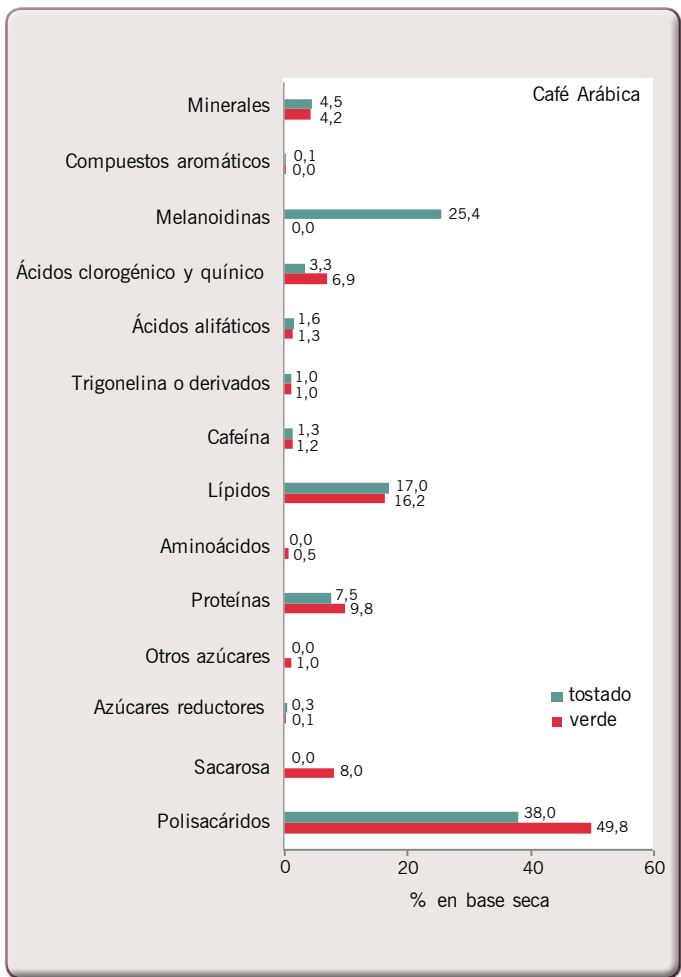


Figura 7. Número de compuestos volátiles de los granos de café almendra y tostado. Datos tomados de Clarke y Vitzthum (3) y Flament y Bessière (7).

Tabla 7. Grupos químicos de algunas notas aromáticas del café tostado.

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

Tabla 8. Compuestos químicos de algunos defectos del café.

Impresión de olor o sabor del café	Compuesto químico	Causas
Tierra, madera húmeda	Geosmina (2 -metil isoborneol)	Mohos <i>Penicillium expansum</i> y bacterias <i>Streptomyces coelicolor</i>
Riado, fenólico	2,4,6 - tricloroanisol/fenol	Degradación de Procloraz, mohos, contaminación con sustancias químicas
Sabor a papas y arvejas	2-isopropil-3-metoxipirazina	Infección bacteriana de granos dañados por insectos
Pescado podrido	4-heptenal	Granos inmaduros
Fermentado, frutal	etil-2-metilbutirato, etil-3-metilbutirato	Fermentación no controlada
Reposo, viejo, grasa	metanotiol, metilpropanal, hidroximetilfurfural, 2,3-pentanodiona	Almacenamiento inadecuado
<i>Stinker</i> , nauseabundo	2-isobutilmetoxipirazina, ésteres, dicetonas, dimetilsulfido	Degradación en el beneficio

compuestos volátiles generados durante la tostación del café se pierden durante los procesos de molienda, almacenamiento y preparación del extracto de la bebida. Las relaciones entre los compuestos orgánicos del café y los sabores y aromas de la bebida se observan en la Tabla 9.

El café de buena calidad es sano, inocuo, tiene aromas y sabores agradables y una composición química natural. Mediante la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas en la finca y de Manufactura en el almacenamiento, la tostación y la preparación se preservan las cualidades de la bebida de café.

Tabla 9. Relaciones entre los componentes del grano y las características sensoriales de la bebida de café.

Compuesto químico	Efecto en las características sensoriales de la bebida del café
Polisacáridos	Retienen los aromas, contribuyen al cuerpo de la bebida y a la espuma del espresso
Sacarosa	Amargo, sabor, color, acidez, aroma
Azúcares reductores	Color, sabor, aroma
Lípidos	Contribuyen al transporte de los aromas y sabores y en el espresso dan sabor y cuerpo
Proteínas	Contribuyen al amargo y sabor y en el espresso, a la formación de la espuma, según el grado de tostación
Cafeína	Amargor
Trigonelina	Contribuye al amargo, los productos de su degradación al aroma
Ácidos clorogénicos	Dan cuerpo, sabor amargo y astringencia a la bebida
Ácidos alifáticos	Acidez, cuerpo, aroma

Literatura citada

1.BLANC, M.B. Les ácidos carboxyliques du café: mise au point et résultats de différentes déterminations. p. 73-78. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (8 : November 28-Décembre 3 : 1977 : Abidjan). Paris : ASIC, 1977. 570p.
2.CLARKE, R.J.; MACRAE, R. Coffee. Vol. 1. Chemistry. Inglaterra : Elsevier Applied Science Publisher, 1985. 306p.
3.CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. Coffee recent developments. Inglaterra : Blackwell Science, 2001. 257p.
4.CLIFFORD, M.N.; KAZI, T. The influence of coffee bean maturity on the content of chlorogenic acids, caffeine and trigonelline. Inglaterra : Food Chemistry 26(1):59-69. 1987.
5.CLINTON, W.P. The Chemistry of Coffee. p. 87-92. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (11 : Février 11-15 : 1985 : Lome). Paris : ASIC, 1985. 696p.
6.DENTAN, E. Cafés rôtés étude microscopique du processus d'infection. p. 127-144. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (13 : Aout 21-25 : 1989 : Paipa). Paris : ASIC, 1989. 783p.
7.FLAMMENT, I.; BESSIÈRE T, Y. Coffee flavor chemistry. Inglaterra : John Wiley Sons, 2002. 410p.
8.GIBSON, A.; BUTTY, M. Over-fermented coffee beans "Stinkers"; A method for their detection and elimination. p. 141-152. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (7 :Juin 9-14: 1975: Hamburgo). Paris : ASIC, 1975. 574p.
9.GINZ, M.; BALZER, H.H.; BRADBURY, A.G.W.; MAIER, H.G. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. Alemania : European Food Research and Technology 211:404-410. 2000.
10.GUYOT, B.; COCHARD, B.; VINCENT, J.C. Détermination quantitative du Diméthylsulfure et du Diméthyldisulfure dans l'arôme café; Applications aux cafés torréfiés Arabica à goût pur. Francia : Café Cacao Thé 35(1):49-56. 1991.
11.HOLSCHER, W.; BADE W., H.; BENDIG, I.; WOLKENHAUER, P.; VITZTHUM, O.G. Off-flavor elucidation in certain batches of kenyan coffee. p. 174-182. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (16 : Abril 9-14 : 1995 : Francia). Francia : ASIC : 1995. 499p.
12.HOLSCHER, W.; VITZTHUM, O.G.; STEINHART, H. Identification and sensorial evaluation of aroma-impact-compounds in roasted Colombian coffee. Francia : Café Cacao Thé, 1990. p. 205-212.
13.ILLY, A.; VIANI, R. Espresso coffee: the science of quality. Ámsterdam : Elsevier, 2005. 398p.
14.KAMPMANN, B.; MAIER, H.G. Säuren des Kaffees. I. Chinasaure. Alemania : Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und Forschung 175(5):333-336. 1982.

15. MARIN G., C.; PUERTA Q., G. I. Contenido de ácidos clorogénicos en granos de *Coffea arabica* L. y *C. canephora*, según el desarrollo del fruto. *Cenicafé* 59(1):07-28. 2008.
16. MAYER, F.; CZERNY, M.; GROSCH, W. Influence of provenance and roast degree on the composition of potent odorants in Arabica coffees. Alemania : European Food Research and Technology 209:242-250. 1999.
17. MURKOVIC, M.; DERLER, K. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. Inglaterra : Journal of Biochemical and Biophysical Methods, 2006. p. 25-32.
18. NURSTEN, H. The Maillard Reaction Chemistry, Biochemistry and Implications. Inglaterra : Atheneuym Press Ltd, 2005. 214p.
19. PUERTA Q., G. I. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé* 51(1):5-19. 2000.
20. PUERTA Q., G. I. Calidad en taza de las variedades de *Coffea arabica* L. cultivadas en Colombia. *Cenicafé* 49(4):265-278. 1998.
21. PUERTA Q., G. I. Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. Chinchiná : *Cenicafé*, 2001. 8p. (Avances Técnicos No. 284)
22. PUERTA Q., G. I. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde /*Coffea arabica*/ procesado por vía húmeda. *Cenicafé* 47(4):231-234. 1996.
23. PUERTA Q., G. I. Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Chinchiná : *Cenicafé*, 2010. 12p. (Avances técnicos No. 402)
24. PUERTA Q., G. I. Informe anual de actividades de investigación. Disciplina Química industrial. *Cenicafé*. 1998. 88p.
25. PUERTA Q., G. I. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. Chinchiná : *Cenicafé*, 2006. 8p. (Avances técnicos No. 352)
26. PUERTA Q., G. I. Los catadores de café. Chinchiná : *Cenicafé*, 2009. 12p. (Avances técnicos No. 381)
27. PUERTA Q., G. I. Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado. Chinchiná : *Cenicafé*, 2008. 8p. (Avances técnicos No. 371)
28. PUERTA Q., G. I.; GALLEGU A., C. P.; HINCAPIÉ V., K. A. Informes del proyecto Estudio de la calidad y la composición química del café cultivado en Colombia, según los suelos y la altitud del cultivo. Calidad y Manejo Ambiental. *Cenicafé*, 2010. p.v.
29. SEMMELROCH, P.; GROSCH, W. Studies on character impact odorants of coffee brews. Estados Unidos : Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1996. p. 537-543.
30. SHIBAMOTO, T. An overview of coffee aroma and flavor chemistry. p. 107-116. En: COLLOQUE Scientifique Internationale sur le Café. (14 : Juillet 14-19 : 1991 : San Francisco). París : ASIC, 1991. 710p.
31. SPADONE, J.C.; LIARDON, R. Identification of specific volatile components in Rio coffee beans. p. 194-202. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (12 : Juin 29-Juillet 3 : 1987 : Montreux). Francia : ASIC, 1987. 860p.
32. SPEER, K.; KÖLLING S., I. The lipid fraction of the coffee bean. Brazilian Journal of Plant Physiology 18(1):201-216. 2006.
33. VAN DER STEGEN, G. H. D.; DUIJN, J. VAN. Analysis of normal organic acids in coffee. p. 238-246. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (12 : Juin 29-Juillet 3 : 1987 : Montreux). Francia : ASIC, 1987. 860p.

