

Calidad del café a partir de frutos con diferentes estados de madurez

La configuración de la calidad del café inicia en la planta donde compuestos químicos, precursores del aroma y el sabor, se depositan y se forman en las semillas a medida que se desarrollan los frutos. Por lo tanto, resulta fundamental comprender las relaciones bioquímicas del flujo metabólico que se producen en los tejidos del fruto y que influyen en la acumulación de compuestos en el grano (De Castro & Marraccini, 2006; Eira et al., 2006). Los frutos de café se tornan de color rojo cuando están maduros debido a la sustitución de la clorofila en la cáscara (exocarpio) por pigmentos flavonoides rojos. El color del fruto de café es un buen indicador de la maduración y está correlacionado con el desarrollo de sabores de alta calidad en la bebida de café, (Amorim et al., 2009).





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Valentina Osorio Pérez

Investigador Científico I, <https://orcid.org/0000-0002-1166-0165>

Jenny Paola Pabón Usaquén

Asistente de Investigación, <https://orcid.org/0000-0003-1576-2297>

Claudia Patricia Gallego

Asistente de Investigación, <https://orcid.org/0000-0002-1532-8055>

Disciplina Calidad, Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé

DOI (Digital Object Identifier) <https://doi.org/10.38141/10779/0556>

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafé

Diagramación

Carmenza Bacca Ramírez

Imprenta

ISSN-0120-0178

ISSN-2145-3691 (En línea)

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) 8500707
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

Estados de madurez

Las variaciones de las propiedades físicas, químicas y sensoriales del fruto del café han sido evaluadas en toda la escala de maduración, lo que incluye la valoración de frutos verdes, pintones y sobremaduros, es allí donde se han evidenciado diferencias con respecto al fruto maduro; sin embargo, no se había evaluado dentro del rango de madurez en el que puede clasificarse el fruto de café como maduro. Por lo tanto, en este trabajo se diferenciaron y evaluaron tres estados de café maduro de la variedad Castillo® (Figura 1) estableciendo sus propiedades de color, peso, cantidad de mucílago, composición química, calidad física y calidad sensorial de la bebida. Este estudio permitió establecer si existían diferencias para definir el nivel óptimo de maduración, donde el fruto conserva sus características y permiten la máxima calidad sensorial, sin que inicie su etapa de senescencia.



Figura 1. Estados de madurez (EM) de frutos de café evaluados de acuerdo a la herramienta Cromacafé®.

Características del fruto con diferentes estados de madurez

La medición de las coordenadas de color del exocarpio (cáscara), el peso de los frutos frescos y secos (g), la composición del fruto expresada como proporción de cáscara (%), la cantidad de mucílago (%), la proporción de grano (% semilla) y la conversión de café (cantidad de frutos que se necesitan para obtener 1,0 kg de café pergamino seco cps), se evaluaron en los frutos verdes (V), pintón verde (PV), pintón maduro (PM), maduro pintón (MP), seguido de los tres estados de madurez estudiados EM1, EM2 y EM3, finalizando con el café seco (S) (Tabla 1).

La escala conocida como CIEL*a*b*, resulta de gran utilidad para la definición del color de maduración del fruto de café rojo de la variedad Castillo®, puesto que correlaciona valores numéricos con la percepción humana y se basa en la teoría de color, que establece los opuestos de dos colores. En el caso específico de la maduración, su utilidad radica principalmente en la coordenada cromática a*, que indica que un objeto no puede ser rojo y verde al mismo tiempo.

Los valores máximos obtenidos de a* se encontraron en el estado EM1 con un valor de 25,16 y la coordenada cromática b* presenta un valor máximo de 24,48 en el estado pintón verde (PV) por su mayor similitud al color amarillo (Tabla 1). Los resultados de la coordenada cromática b* diferenciaron los estados PV, PM y MP de los tres estados de madurez evaluados (Osorio et al., 2023).

En la Figura 2, se presentan los valores de peso seco y fresco de todos los estados evaluados. Los mayores pesos frescos por fruto

se encontraron en el estado EM1, donde el valor máximo corresponde a 2,07 g. Los frutos maduros EM1, EM2 y EM3 presentaron igual peso seco entre ellos. El peso fresco del estado de madurez EM1 es mayor en un 10,14% al estado EM3, mientras que el peso seco fue menor en los frutos secos, con 0,3 g. Este valor del estado seco (S) se explica, porque en este estado el fruto no contiene mucílago y su contenido de agua es menor. Adicionalmente, después de alcanzada la madurez del fruto, el grano pierde peso por la interrupción del transporte de asimilados hacia la semilla, así como por el consumo de sustrato necesario para la respiración durante las etapas de madurez (Eira et al., 2006).

Los **contenidos de mucílago** en los estados de madurez EM1 y EM2 son iguales, pero diferentes al EM3; el máximo contenido se encuentra en el estado de EM1, con un valor de 15,44%, y disminuye a medida que se incrementa el estado de madurez hasta llegar a un valor de 10,07%. Esta pérdida de peso entre en los EM1 y EM3 puede asociarse a los

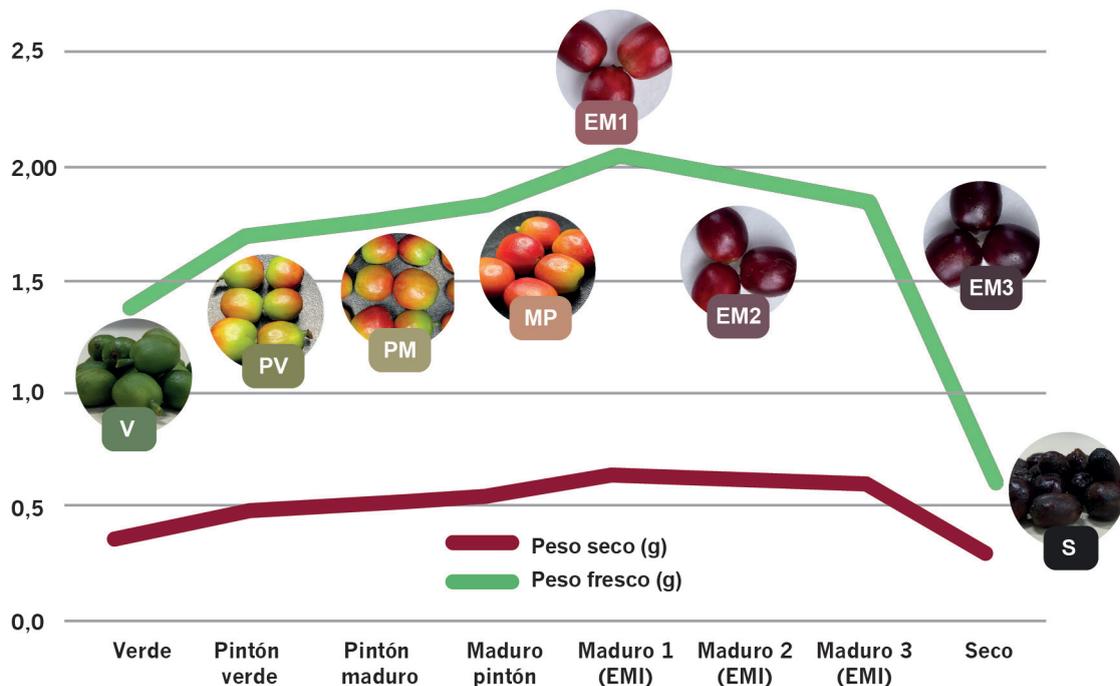


Figura 2. Peso fresco y seco por estado de maduración.

procesos de deshidratación que sufre el fruto en la última fase de la maduración (Marraccini et al., 2001).

El **porcentaje del grano** presenta un comportamiento similar al del mucílago, el estado EM3 es diferente a los estados de madurez EM1 y EM2 que son iguales entre ellos (Tabla 1). El procesamiento de los frutos del estado EM3 que involucre el uso de desmucilagador mecánico implica un mayor acompañamiento, pues al ser inferior el contenido de mucílago, existe un mayor riesgo de generar defectos físicos como granos mordidos, partidos o trillados.

Los valores de **conversión** para transformar la cantidad de frutos de café (kg) para obtener 1,0 kg de café pergamino seco son cercanos a 5,0 kg de café (4,94 para café seleccionado según Montilla et al. 2008). El valor más bajo en la conversión de los frutos se encontró en el estado EM3 (4,56) lo que coincide con lo reportado por Sanz et al. (2018), que reportan para la mezcla de frutos maduros y sobremaduros un valor de 4,51. Lo anterior implica que, si se utiliza una masa compuesta en su totalidad por frutos en estado de madurez EM3, se necesitaría un 8,8% menos del peso de frutos, para obtener la misma cantidad de café pergamino seco.

Calidad física

El contenido máximo de **defectos físicos** (pasillas) lo presentó el EM3 con un valor de 4,06%, para los granos negros y vinagres, el valor máximo se encontró en el EM2 con un valor de 0,81%. El promedio de granos brocados fue de 3,27% y el valor máximo se encontró en el EM2 con un valor de 10,79%. El valor promedio del **porcentaje de almendra sana** se estima en 74%, y valores superiores indican una mejor calidad física. Los valores de almendra sana fueron de 75,71% para EM1, 76,07% para EM2 y 74,75% para EM3. El valor máximo de almendra sana se reportó para el estado de madurez EM1 con un valor de 80,78%.

Composición química

Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos como los ácidos cítrico y málico dominan en el grano maduro, con concentraciones más altas en Arábica que en Robusta (Rogers et al., 1999). Los contenidos de los diferentes ácidos orgánicos no presentaron diferencias significativas entre los estados de madurez evaluados. El estado

Tabla 1. Valores promedio de la colorimetría, composición del fruto de café y valores de conversión por estado de maduración.

Estado de Madurez	L*	a*	b*	Cáscara	Mucílago	Grano	Conversión
				%			
Verde (V)	50,97C	-15,18G	17,71C	Nd	Nd	Nd	Nd
Pintón-verde (PV)	64,03B	-4,84F	24,48A	41,38D	8,71D	47,36A	4,18C
Pintón maduro (PM)	68,13A	4,02D	20,97B	42,60DC	11,12C	44,22 B	4,48B
Maduro-pintón (MP)	63,05B	17,42B	20,95B	42,94DC	13,33B	41,46C	4,63B
EM1	49,01D	25,16A	7,74D	43,98BC	15,44A	38,92D	4,86A
EM2	41,58E	17,55B	1,71E	45,84BA	14,10BA	38,14D	4,94A
EM3	30,84F	8,09C	-0,59E	46,84A	10,07DC	40,91C	4,56B
Secos (S)	16,91G	2,10E	-0,07E	Nd	Nd	Nd	Nd

Letras no comunes implican diferencia de promedios según prueba de Duncan al 5%

de madurez EM1 presentó los valores máximos para los ácidos láctico y succínico, el estado EM2 para los ácidos acético, cítrico, málico y quínico, el estado EM3 presentó el máximo para el ácido oxálico (Figura 3). Los ácidos mayoritarios encontrados fueron en su orden: ácido cítrico, ácido quínico, ácido málico y ácido acético, los tres primeros coinciden con lo reportado por Koshiro et al. (2015).

Azúcares

La mayor parte de los azúcares presentes en el fruto se dan por la sacarosa, la fructosa y la glucosa. Durante la maduración de los frutos, la sacarosa puede llegar a corresponder al 73% de los azúcares totales de las semillas (Koshiro et al., 2015). El contenido de fructosa fue mayor en el estado EM3 (0,62%) y es diferente a los de los estados EM1 (0,36%) y EM2 (0,45%). La glucosa presenta un valor máximo en el estado EM3 (0,49%) y es diferente para los tres estados de madurez (Figura 4).

Los mayores valores de fructosa y glucosa pueden relacionarse con la hidrólisis de la sacarosa, que disminuye a medida que se incrementa el estado de madurez, con valores de 92,34% para el estado EM1 hasta 86,09% para el EM3 (Figura 4). Lo anterior implica que no se genera una mayor acumulación de los azúcares evaluados al avanzar en el estado de madurez, sino un cambio en la composición de los mismos.

El análisis de varianza no presentó efecto significativo en los lípidos, ácidos grasos libres, proteína total, cafeína, teobromina, trigonelina y ácidos clorogénicos totales por los estados de madurez evaluados. El promedio máximo de lípidos se encontró en el estado de madurez EM2 con un valor de 10,45% y el ácido palmítico fue el predominante, seguido por los ácidos linoleico, oleico, esteárico y araquídico. La proteína total presentó el valor mínimo en el estado EM3 y el máximo en el EM2. Los ácidos clorogénicos totales presentaron los valores

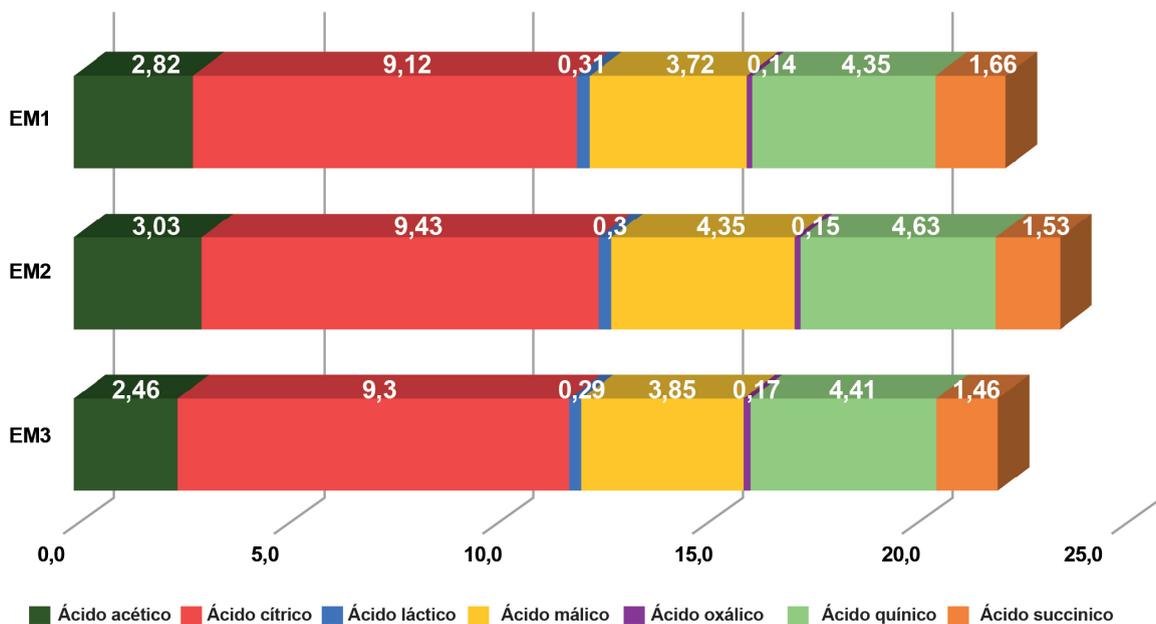


Figura 3. Contenido promedio (g kg^{-1}) ácidos orgánicos para tres estados de madurez del fruto de café.

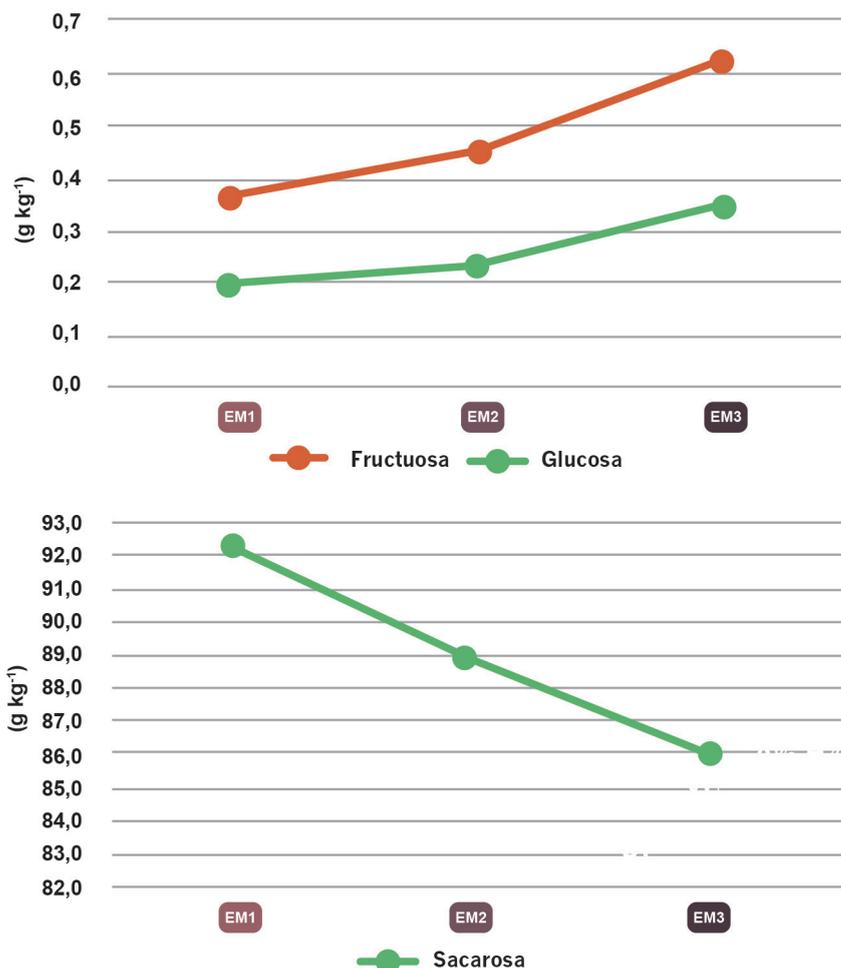


Figura 4. Contenido de azúcares por estado de madurez.



promedios mínimo y máximo en los estados de madurez EM3 y EM2 respectivamente (Osorio et al., 2023).

Calidad sensorial

La mejor calidad sensorial de la bebida de café se obtiene cuando se procesan frutos maduros (Barboza & Amaya, 1996). La presencia de frutos verdes y pintones en la masa de café, generan defectos como la astringencia, sabores a cereal y acres. Cuando en la masa se encuentran frutos en diferentes estados de madurez, cada uno de estos estados presenta una característica específica que finalmente afecta la cantidad y la calidad del producto final (Martínez et al., 2017).

En este estudio, el análisis de varianza no presentó efecto en el puntaje total SCA (Specialty Coffee Association), ni en los atributos sensoriales evaluados por los tres estados de madurez. Los puntajes totales SCA promedios fueron 83,75 en EM1, de 84,08 en EM2 y de 83,5 para EM3.

Los catadores identificaron 125 descriptores sensoriales del sabor, los cuales fueron clasificados en los siguientes grupos: caramelo-dulce, chocolate, cítricos, especias, florales, frutales y frutos secos. La mayor frecuencia de los descriptores del grupo caramelo-dulce se encontró en el estado EM2 con un valor de 41% y en este mismo estado se evidenció la menor frecuencia de los descriptores del grupo chocolate con 19,05%. El grupo de frutales

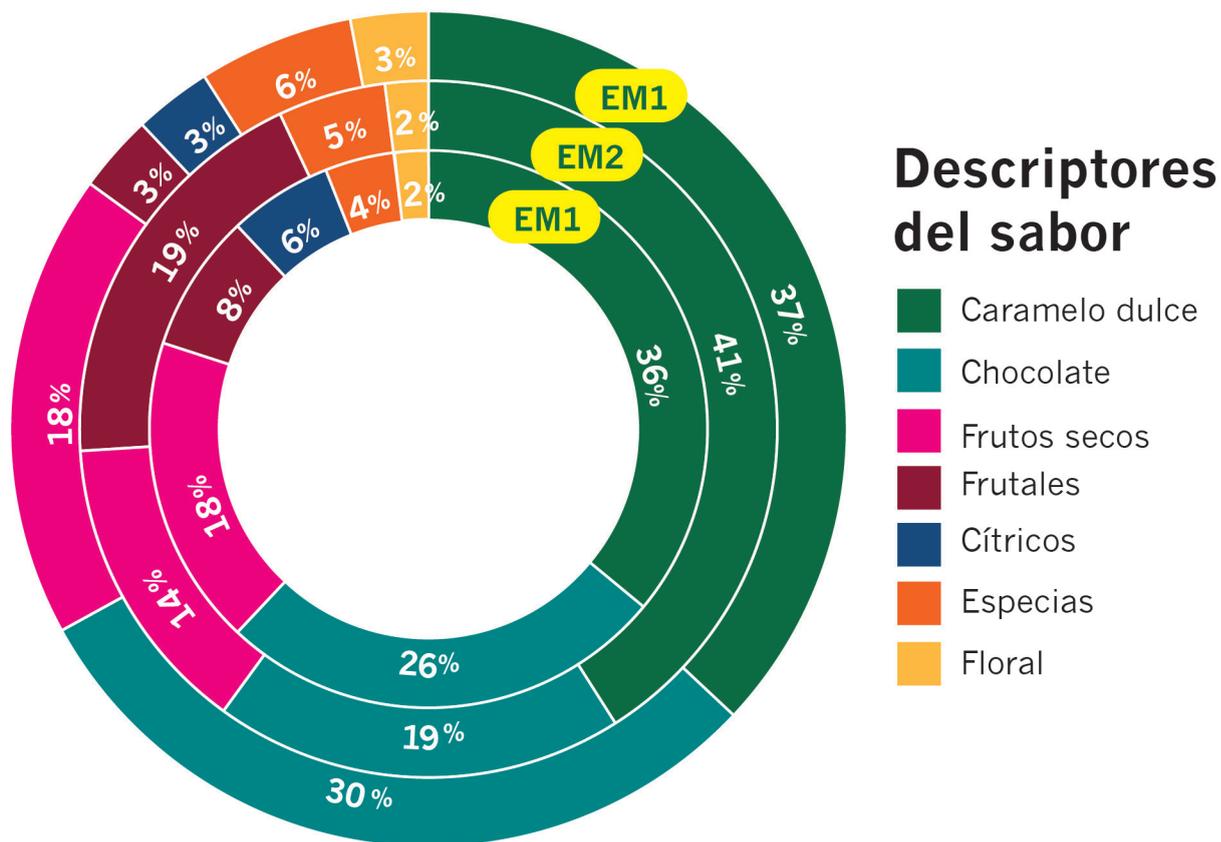


Figura 5. Descriptores sensoriales por estado de madurez del fruto de café.

presentó en el estado de madurez EM1 un valor inicial de 8,08% alcanzando la mayor frecuencia en el estado EM2 con 19,05% y finalizando con un valor de 3,03% en el estado EM3 (Figura 5). Este comportamiento similar para el grupo de chocolates. Sin embargo, no fue posible concluir que la distribución de la proporción de muestras clasificadas en cada una de las categorías de descriptores sea diferente para cada estado de madurez (valor p : 0,39).

Los resultados anteriormente descritos, indican que el estado de madurez EM3 no debe considerarse como sobremaduro, pues esta calificación implica consideraciones negativas

a la calidad, este puede ser considerado un estado de madurez avanzado en el fruto de café (Osorio et al., 2023).

Los compuestos responsables del aroma y sabor del café se depositan y forman en los granos a medida que se desarrollan los frutos. La conservación de la calidad del café inicia desde la selección de los estados de madurez óptimos del fruto para el procesamiento. Por lo tanto, es necesario comenzar con una materia prima con las mejores características para mejorar la complejidad sensorial aún más, en cada una de las etapas de la poscosecha.



Familias caficultoras

Para asegurar la
calidad física del
grano y sensorial de la
bebida procese frutos
en sus tres estados de
madurez.

Literatura citada

- Amorim, A. C. L., Hovell, A. M. C., Pinto, A. C., Eberlin, M. N., Arruda, N. P., Pereira, E. J., Bizzo, H. R., Catharino, R. R., Morais Filho, Z. B., & Rezende, C. M. (2009). Green and roasted Arabica coffees differentiated by ripeness, process and cup quality via electrospray ionization mass spectrometry fingerprinting. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 20(2), 313–321. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532009000200017>
- Barboza, C. A., & Amaya, F. L. (1996). Análisis de la calidad del grano y de la bebida del café var. caturra en función de la maduración y tiempo de fermentación. *Agronomía Tropical*, 46(3), 289–311.
- De Castro, R. D., & Marraccini, P. (2006). Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 175–199. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100013>
- Eira, M. T. S., Silva, E. A. A. D., De Castro, R. D., Dussert, S., Walters, C., Bewley, J. D., & Hilhorst, H. W. M. (2006). Coffee seed physiology. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 149–163. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100011>
- Koshiro, Y., Jackson, M. C., Nagai, C., & Ashihara, H. (2015). Changes in the content of sugars and organic acids during ripening of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* fruits. *European Chemical Bulletin*, 4(8), 378–383. <https://www.eurchembull.com/?mno=66742>
- Marraccini, P., Allard, C., Andre, M., Courjault, C., Gaborit, C., Lacoste, N., Meunier, A., Michaux, S., Petit, V., Priyono, P., Rogers, J., & Deshayes, A. (2001). Update on coffee biochemical compounds, protein and gene expression during bean maturation and in other tissues. *Proceedings of 19th International Scientific Colloquium on Coffee*, Trieste, Italy. <https://www.asic-cafe.org/conference/19th-international-scientific-colloquium-coffee>
- Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E. C., Puerta, G. I., Oliveros, C. E., & Cadena, G. (2008). Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio. *Avances Técnicos Cenicafe*, 370, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/358>
- Osorio, V., Matallana, L. G., Fernandez-Alduenda, M. R., Álvarez Barreto, C. I., Gallego Agudelo, C. P., & Montoya Restrepo, E. C. (2023). Chemical Composition and Sensory Quality of Coffee Fruits at Different Stages of Maturity. *Agronomy*, 13(2), 341. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020341>
- Rogers, W. J., Michaux, S., Bastin, M., & Bucheli, P. (1999). Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. *Plant Science*, 149(2), 115–123. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00147-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00147-8)
- Smrke, S., Krosiakova, I., Gloess, A. N., & Yeretizian, C. (2015). Differentiation of degrees of ripeness of Catuai and Tipica green coffee by chromatographical and statistical techniques. *Food Chemistry*, 174, 637–642. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.060>

