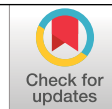


# EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE TUESTE EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL CAFÉ

Valentina Osorio Pérez \*, Jenny Pabón Usaquén \*

Osorio, V., & Pabón, J. (2022). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la calidad sensorial del café. *Revista Cenicafé*, 73(1), e73102. <https://doi.org/10.38141/10778/73102>



La expresión del sabor y los atributos sensoriales del café se logran mediante el proceso térmico de tueste, este hace posible que al interior del grano se generen diferentes reacciones donde la composición química es crucial para manifestar la calidad lograda durante el proceso productivo. En esta investigación se evaluó el efecto de la interacción temperatura inicial y tiempo de tueste en la calidad sensorial de seis variedades mejoradas de café: Cenicafé 1, Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® El Tambo y Tabi. Se generaron cinco curvas de tueste por variedad. La curva base tuvo como temperatura inicial 200°C (CB), dos curvas con incrementos de temperatura a 215°C (I-15) y 230°C (I-30), y dos curvas con disminución de la temperatura de la curva base de tueste a 185°C (D-15) y 170°C (D-30). El tiempo final de tueste fue definido por el color del grano 55-65 en la escala AGTRON/SCA para tostado. Los tiempos de tueste oscilaron entre 8 y 12 minutos, obteniéndose los mayores tiempos de tueste en el tratamiento D-30, con un promedio de 11,47 minutos, y los menores se presentaron en el tratamiento I-30 con un promedio de 8,39 minutos. La interacción de la temperatura inicial de tueste y la variedad tuvo efecto en el tiempo total del proceso, mientras que los atributos sensoriales fragancia/aroma, sabor y puntaje total presentan efecto solo por la variedad.

**Palabras clave:** Calidad, temperatura, tiempo, fragancia, acidez, cuerpo.

## EFFECT OF ROASTING TEMPERATURES AND TIMES ON COFFEE SENSORY QUALITY

Flavor and the sensory attributes of coffee are formed through roasting, which makes it possible to generate different reactions inside the bean where the chemical composition is crucial to achieve quality during the production process. This research evaluated the effect of the initial temperature and roasting time interaction on the sensory quality of six improved coffee varieties: Cenicafé 1, Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® El Tambo and Tabi. Five roasting curves per variety were generated. The base curve had an initial temperature of 200°C (CB), two curves with temperature increases at 215°C (I-15) and 230°C (I-30), and two curves with temperature decreases of the base roasting curve at 185°C (D-15) and 170°C (D-30). The final roasting time was defined by the color of the grain 55-65 on the AGTRON/SCA scale for roasting. The roasting times ranged from 8 to 12 minutes, the highest roasting times were obtained in the D-30 treatment with an average of 11.47 minutes and the lowest occurred in the I-30 treatment with an average of 8.39 minutes. The interaction of the initial roasting temperature and the variety had an effect on the total time of the process, while the sensory attributes fragrance/aroma, taste and total score only had effect for the variety.

**Keywords:** Quality, temperature, time, fragrance, acidity, body.

\* Investigador Científico I y Asistente de Investigación, respectivamente. Disciplina de Calidad, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0002-1166-0165>, <https://orcid.org/0000-0003-1576-2297>



Durante el proceso de tueste se generan diversas reacciones de los compuestos químicos del grano, lo que permite el desarrollo de las características sensoriales del café y la producción de cientos de compuestos volátiles y sustancias de sabor que el café almendra no posee inicialmente. Para lo anterior, el grano debe ser sometido a temperaturas que varían en el rango entre 100 y 200°C. Durante este proceso, los granos aumentan en volumen (50%-80%), se produce una pérdida de peso del 11%-20%, su estructura se vuelve frágil y el color verde es reemplazado por un tono marrón (Belitz & Grosch, 2009).

El control del proceso de tostado es muy importante, debido a que cualquier desviación de la condición de temperatura y tiempo podría generar un producto de baja calidad percibida por el consumidor. Aunque los controles de temperatura pueden permanecer en el nivel óptimo definido y pueden ser regulados automáticamente, el tiempo durante el cual los granos son sometidos al calor debe ser controlado cuidadosamente por el tostador, quien generalmente se guía por el color de los granos tostados (Clarke & Macrae, 1985). Las variables más comunes para el control del tueste son: el tiempo, la pérdida de peso y las diversas mediciones de color como son la luminosidad y la escala Agtron (Dias & Benassi, 2015). El peso de los granos antes y después del tueste suele ser objeto de un control continuo, puesto que la pérdida de peso no es solamente un factor económico importante, sino que esa medición es un indicador relevante del grado de tueste. Así, el café puede sufrir una pérdida de peso del 18% o más, mientras que, para un tueste muy ligero dicha pérdida podría tener un valor del 12% (Clarke & Macrae, 1985). En cuanto a la temperatura inicial de tostado, no hay consenso en los valores de temperatura inicial de tueste; sin embargo, la metodología estandarizada por la SCA (Specialty Coffee Association SCA, 2003), recomienda una temperatura

de 200°C; adicionalmente Schenker (2000) y Heriyanti (2019) reportaron que valores de 200°C permiten las reacciones químicas deseables como la reacción de Maillard y la pirólisis; sin embargo, valores mayores a 300°C pueden generar daños estructurales irreversibles en el grano.

La generación de los compuestos del café tostado y las modificaciones sustanciales producidas por la temperatura se deben a dos modos principales de reacción. La caramelización que consiste esencialmente en la pirólisis de los mono, di, oligo y polisacáridos, que por la deshidratación forman moléculas más complejas de color pardo, con aroma típico de caramelo; y la reacción de Maillard que implica la interacción entre azúcares reductores y aminoácidos o péptidos de bajo peso molecular, lo que conlleva a la formación de compuestos como pirroles, tiofenos, oxazoles y tiazoles (Flament, 2002). En la caramelización un calentamiento excesivo da origen a la caramelina o humina, de peso molecular muy alto y sabor desagradable (Badui, 1990).

Los lípidos son los compuestos químicos menos afectados por el proceso de tueste y son importantes para la retención del aroma; las proteínas involucradas con los azúcares reductores en la reacción de Maillard están asociadas con la producción de melanoidinas y compuestos de sabor/aroma (Kitzberger et al., 2016). La degradación de la sacarosa y los polisacáridos aumenta el contenido de algunos ácidos orgánicos, lo que repercute en la calidad sensorial. La cafeína y los ácidos clorogénicos totales (CGA) se han correlacionado con el amargor, menores contenidos de estos compuestos se encuentran en tuestes más oscuros (Barbosa et al., 2019), la percepción del sabor amargo en los cafés de tueste oscuro no sólo está relacionada con la presencia de cafeína y CGA sino también con la disminución de la acidez.

Un proceso de tueste desarrollado dentro de parámetros óptimos obtiene valores cercanos al promedio con respecto a la intensidad de los atributos sensoriales y la concentración de los compuestos de aroma. Los compuestos más fuertemente asociados con un tueste correcto son los ácidos orgánicos, lo que genera una mayor acidez percibida en comparación con diferentes defectos que se pueden presentar en el proceso. El tueste normal también se percibe como el más dulce y menos intenso de todas las muestras (Giacalone et al., 2019). La reducción del predominio del sabor ácido se da con el aumento del grado de tueste (Barbosa et al., 2019). La acidez del café proviene de compuestos como los ácidos cítrico y málico, sensibles al calentamiento, lo que provoca una disminución de su contenido durante el proceso (Koshiro, et al., 2015). En los granos con altos niveles de tostado (quemados) se pierden estos ácidos (Yang et al., 2016).

Giacalone et al. (2019) investigaron los defectos comunes de tostado del café teniendo en cuenta los aspectos compositivos GC-MS (Cromatografía de gases – Masas) y perceptivos (análisis descriptivo sensorial). Los análisis sensoriales y de GC-MS revelaron información idéntica respecto de las diferencias generales entre las muestras, además señalaron una gran influencia del proceso de tueste en el aroma y en el perfil sensorial; adicionalmente, evidenciaron que el aumento de la concentración de compuestos aromáticos, estaban asociados con un tiempo y una temperatura de tueste prolongados, lo que se tradujo en un aumento de descriptores sensoriales como amargo, quemado y tabaco. El tueste normal corresponde a un perfil de aroma plenamente desarrollado, que carece de sabores desagradables complementado con valores más altos en el atributo de complejidad. El proceso de tostado medio-ligero presentó mayores diferencias en la composición, los cuales se relacionaron con una mayor diversidad en los perfiles de TDS

(sólidos disueltos totales). El sabor amargo y el sabor tostado son atributos dominantes en el café de tueste oscuro, mientras que en los de tueste medio-claro se destaca el sabor ácido (Barbosa et al., 2019).

La calidad sensorial del café está altamente influenciada por la calidad inicial del café almendra verde, que determina en gran medida los atributos sensoriales. La tostación es un proceso crítico pues en este se logra o se inhibe la interacción de los compuestos químicos responsables de la expresión de los mismos. El proceso de tueste debe asegurar mínimo el control de variables como temperatura, tiempo y grado de tueste, siendo este último uno de los principales factores que influyen en las diferencias tanto químicas como sensoriales del café de una misma calidad. El sabor amargo y el sabor ácido son los atributos más relevantes para discriminar las bebidas producidas con cafés de diferentes grados de tueste en cuanto a la percepción sensorial (Barbosa et al., 2019; Díaz, et al., 2018). La dinámica de la percepción de los atributos de café depende de la materia prima, especialmente para aquellos con un grado de tostado menos intenso. El grado de tueste, comúnmente definido por el color, por sí solo no es un indicador de un proceso correcto, pues el grado de oscurecimiento del café no necesariamente indica que la curva de tueste, definida como la combinación de temperatura y tiempo a la cual el café almendra verde es sometida, permite el desarrollo del grano evitando imperfecciones del proceso tales como arrebato u horneado. El color y la pérdida de peso por sí solos no son fiables como criterios de evaluación, también debe tenerse en cuenta la temperatura de tostado (Franca et al., 2009).

En esta investigación se evaluó el efecto de la temperatura y tiempo de tueste en la calidad sensorial del café, medida mediante la escala SCA, en seis variedades mejoradas

de café y se generaron cinco curvas de tueste con diferentes temperaturas iniciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El efecto de las temperaturas y los tiempos de tueste se evaluaron en seis variedades mejoradas: Cenicafé 1, Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® Tambo y Tabi. Las tres primeras variedades fueron cultivadas y procesadas en la Estación Experimental Naranjal ubicada en el municipio de Chinchiná (Caldas), Castillo® Pueblo Bello, y Castillo® El Tambo en las Estaciones Experimentales Pueblo Bello y El Tambo en los departamentos de Cesar y Cauca, respectivamente, la variedad Tabi procedió de la Estación Experimental El Rosario ubicada en el departamento de Antioquia. Se tomaron individualmente en la cosecha principal de los años 2019 y 2020 y se realizó un proceso de recolección y beneficio estándar, con recolección selectiva asegurando un porcentaje de granos verdes inferior al 2,5%, despulpado en un tiempo inferior a 6 horas después de la recolección, fermentación espontánea con estimación del tiempo de lavado asociado al uso del Fermaestro™, con secado mecánico hasta alcanzar un porcentaje de humedad entre el 10,0% y el 11,5%. Se realizó la trilla de café y una selección de la almendra sana, eliminando los defectos físicos. El café utilizado para los tratamientos fue el retenido por encima de la malla número 16/64.

Se estableció un diseño completamente aleatorio en arreglo factorial. De cada variedad se tomaron cinco unidades, cada una de 25 kg, y cada una fue dividida en cinco unidades de trabajo de 5 kg; a cada unidad se le aplicaron los tratamientos variando la temperatura inicial de tueste. Se generaron cinco curvas de tueste por variedad, la curva base tuvo como temperatura inicial 200°C (CB), dos curvas con incrementos de temperatura a 215°C (I-15) y 230°C (I-30),

y dos curvas con disminución de la temperatura de la curva base de tueste a 185 °C (D-15) y 170 °C (D-30). Se contó con un solo grado de tueste definido por el color del grano 55-65 AGTRON/SCA para todas las variedades y todas las temperaturas iniciales.

Para el análisis sensorial de la calidad del café, se utilizó el protocolo de la Specialty Coffee Association (SCA, 2000), con cinco catadores certificados Q-Grader por el CQI (Coffee Quality Institute), pertenecientes al panel sensorial del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) y a diferentes empresas del gremio, obteniendo un solo resultado por cada muestra analizada. La metodología incluye el protocolo de preparación: proporción de café, molienda, temperatura y calidad del agua, además de temperaturas de análisis. Se registraron diez atributos del sabor del café: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzor, puntaje catador, defectos y total. Estos atributos fueron evaluados en una escala de 10 puntos representando el nivel de calidad en una tabla entre 6 y 9 puntos. La escala parte de un valor mínimo de 0 a un valor máximo de 10 puntos. La parte baja de la escala representa los cafés comerciales, en la cual se evalúan principalmente defectos y sus intensidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación se evaluó el efecto de cinco diferentes curvas de tueste (combinación tiempo y temperatura) en la calidad sensorial del café evaluada bajo el protocolo de análisis sensorial SCA. Aunque se generaron diferentes curvas, el grado de tueste final para todas las variedades y en todos los tratamientos fue uno solo y fue definido por el color del grano 55-65 en la escala AGTRON/SCA, para garantizar el desarrollo completo del grano y evitar la generación de defectos del proceso.

## Tiempo

Los tiempos de tueste oscilaron entre 8 y 12 minutos, y el tiempo final de tueste fue definido por el color del grano 55-65 en la escala AGTRON/SCA para tostado. En la Tabla 1 se muestran las temperaturas (°C) y tiempos promedios (minutos) de las cinco curvas utilizadas para cada variedad. En el minuto 2,0 después de iniciado el proceso de tueste (punto de equilibrio), todas las temperaturas en cada curva de tueste disminuyeron entre 63,2%, 64,7%, 67%, 71,9% y 75,4% para las curvas I-30, I-15, CB, D-15 y D-30, respectivamente, esta disminución se explica por la búsqueda del sistema para entrar en equilibrio térmico y las diferencias entre ellas están dadas por los cambios de las temperaturas iniciales de carga de la tostadora.

El análisis de varianza del diseño completamente aleatorio en arreglo factorial presentó efecto significativo en la interacción variedad y temperatura inicial de tueste para la variable tiempo de tueste. Los mayores tiempos de tueste se encontraron en el tratamiento D-30 (170°C) con un promedio de 11,47 minutos, la variedad que presentó el mayor tiempo promedio fue Castillo Pueblo Bello con 11,90 minutos. Los menores tiempos de tueste estuvieron en el tratamiento I-30 (230°C) con un promedio de 8,39 minutos y la variedad con el menor tiempo de tueste fue Castillo El Tambo con un promedio de 8,03 minutos. En la Figura 1 se presentan los valores promedios por variedad y temperatura.

La temperatura de tueste inicial debe tenerse en cuenta como criterio de seguimiento para el proceso de tostado del café, en este caso el color del grano fue definido como un criterio de control y las diferencias en las curvas fueron definidas por los tiempos de tueste, afectados

por la temperatura y la variedad. El color por sí solo no es indicador de un correcto proceso de tueste, pues no garantiza la presencia de todos los atributos sensoriales de la bebida de café, estos dependen de los compuestos químicos de la variedad y su interacción durante el proceso. Los resultados concuerdan con lo expuesto por Sualeh et al. (2014), donde la interacción de la variedad de café por la duración de la torrefacción fue significativa ( $P < 0,05$ ). La curva de tueste debe permitir el desarrollo del grano evitando imperfecciones del proceso tales como arrebato u horneado. Los compuestos químicos responsables del oscurecimiento del café pueden variar según el calor aplicado y del tiempo del tueste.

## Fragancia y aroma

Los aspectos sensoriales aromáticos en el café tienen una correlación directa con el proceso de tostado, a medida que el café almendra verde es sometido a temperaturas que facilitan las reacciones químicas se forman olores que pueden variar desde cereal, maní, desarrollándose los dulces como caramelo, miel, vainilla, llegando a chocolate y finalizando con tabaco, tostado y humo, descriptores predominantes en puntos de tueste altos. En esta investigación no se generaron diferentes puntos de tueste para el mismo café, se estableció como punto de control el color del grano 55-65 en la escala AGTRON/SCA, para determinar la finalización del tueste, además se aseguró que los tiempos de tueste se encontraran entre 8 y 12 minutos, lo que permitió el desarrollo completo del grano y evitó defectos del proceso.

Baggenstoss et al. (2008) midieron el desarrollo de 16 compuestos aromáticos durante el tostado de café, y concluyeron que la obtención del mismo color del grano

**Tabla 1.** Temperaturas y tiempos promedios de las curvas de tueste.

Promedios	Variedad														
	Castillo General					Castillo Naranja					Cenicafé 1				
	I-30	I-15	CB	D-15	D-30	I-30	I-15	CB	D-15	D-30	I-30	I-15	CB	D-15	D-30
Tiempo (min)															
0	230,0	215,0	200,0	185,0	170,0	230,0	215,0	200,0	185,0	170,0	230,0	215,0	200,0	185,0	170,0
2	142,6	137,2	130,2	130,4	120,8	128,0	124,2	118,4	116,8	111,8	144,2	129,4	127,2	124,2	118,6
4	176,6	170,4	158,6	161,2	152,6	163,6	156,8	152,4	149,0	143,8	172,4	158,0	153,4	152,4	143,8
6	204,2	195,4	182,4	183,8	176,4	188,8	181,6	179,4	172,2	167,0	196,4	182,6	175,4	174,2	163,0
8	215,4	211,4	200,6	202,0	194,0	208,4	201,4	199,2	190,2	185,0	211,6	201,6	194,0	190,0	178,2
10			210,5	211,2	205,8		209,0	210,3	203,6	200,2			208,6	205,0	191,4
12					209,5					208,3					206,4
Tiempo final (min)	8:11	8:32	9:58	10:27	11:06	8:22	9:23	9:51	11:12	11:45	8:15	9:32	10:52	11:20	11:50

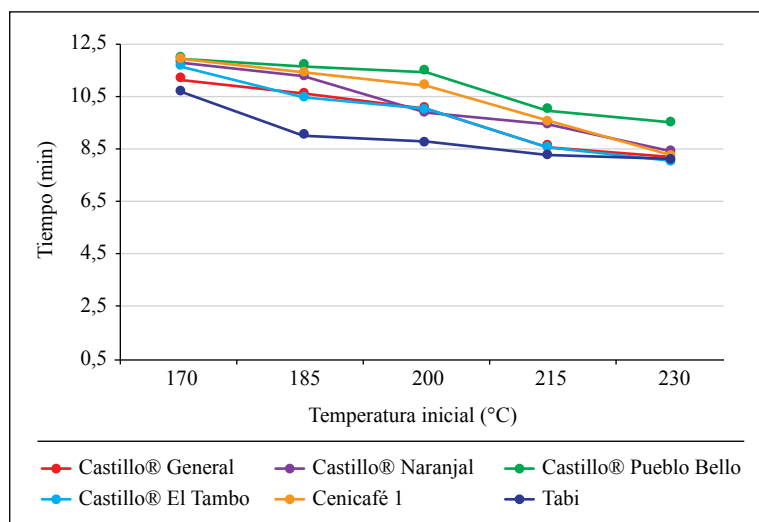
  

Promedios	Variedad														
	Castillo Pueblo Bello					Castillo El Tambo					Tabi				
	I-30	I-15	CB	D-15	D-30	I-30	I-15	CB	D-15	D-30	I-30	I-15	CB	D-15	D-30
Tiempo (min)															
0	230,0	215,0	200,0	185,0	170,0	230,0	215,0	200,0	185,0	170,0	230,0	215,0	200,0	185,0	170,0
2	145,8	142,0	140,0	139,4	140,4	152,6	147,4	138,4	136,8	133,6	158,8	154,2	149,8	150,2	143,4
4	171,6	170,8	163,2	161,2	159,6	181,8	175,0	164,0	163,0	157,2	185,6	182,6	177,8	177,8	167,0
6	195,4	193,4	182,6	180,6	176,8	206,8	198,6	184,2	182,6	176,8	209,8	205,0	200,6	198,8	186,8
8	214,0	210,8	200,4	196,4	196,8	219,2	215,6	203,2	199,8	191,6	224,4	222,2	217,8	214,0	201,8
10		220,0	213,4	209,8	207,6			215,5	213,0	205,4				221,3	211,3
12				216,0	214,6					211,8					215,3
Tiempo final (min)	9:27	9:55	11:22	11:36	11:54	8:02	8:30	9:59	10:24	11:36	8:03	8:15	8:43	8:57	10:39

de café (que es más frecuentemente referido como el grado de tostado) utilizando diferentes tiempos-condiciones de temperatura durante el tostado no significa necesariamente que los cafés sean equivalentes en términos de aroma.

En este estudio, el atributo sensorial fragancia/aroma no mostró efecto por los cambios en la temperatura inicial de tueste, ni por su interacción con la variedad. Este atributo presentó efecto por la variedad

según prueba de Tukey al 5% (valor p). La variedad Castillo® El Tambo presentó la máxima calificación con un valor de 7,694 (Tabla 2). El proceso de tostado es el que más afecta a la calidad de la bebida de café, es así como Sualeh et al. (2014) registraron una disminución de la intensidad aromática al aumentar la duración de la torrefacción e identificaron que la interacción entre la variedad y la duración del tueste fue muy significativa para la intensidad aromática.



**Figura 1.** Promedios del tiempo del proceso tostado para seis variedades de café tostado y cinco temperaturas iniciales de tueste.

**Tabla 2.** Valores promedio y desviación estándar de la fragancia/aroma para cada variedad.

Variedad	Fragancia/Aroma (SCA)	Desvest
Castillo® El Tambo	7,694 A	0,078
Tabi	7,675 A	0,103
Castillo® Pueblo Bello	7,639 BA	0,170
Cenicafé 1	7,569 BC	0,053
Castillo® General	7,541 C	0,082
Castillo® Naranjal	7,540 C	0,108

## Sabor

El sabor representa la principal característica sensorial del café, pues se define como una impresión combinada de las sensaciones gustativas con los aromas retro-nasales (SCA, 2000). Este atributo, al igual que la fragancia/aroma, está afectado por el punto final del tueste, el sabor se afecta de manera alta y significativa por la interacción del método de procesamiento y la duración del tostado (Sualeh et al., 2014). Estos autores registraron el valor máximo del sabor para el café lavado tostado durante 8 minutos, seguido por el café semi-lavado tostado durante el mismo tiempo, mientras que el valor más bajo fue para el café obtenido por vía seca y semi-lavados que fueron tostados durante 12 minutos. Lo anterior, definido para el mismo café con diferentes puntos de tueste finales.

El atributo de sabor no mostró efecto por los cambios en la temperatura inicial de tueste, ni por su interacción con la variedad. Este atributo presentó efecto por la variedad según prueba de Tukey al 5%. La variedad Castillo® El Tambo presentó la máxima calificación con un valor de 7,586 (Tabla 3).

## Acidez

La acidez percibida en la bebida de café en el análisis sensorial es la característica buscada en los cafés suaves lavados, pues contribuye a la vivacidad del café, al dulzor y al carácter de la bebida. Desde el punto de vista sensorial, atributos como la fragancia, el aroma y el sabor tienen un incremento en su intensidad, relacionados con grados de tueste altos u oscuros, pero una disminución en la calidad de los descriptores. La acidez muestra un comportamiento diferente, pues su intensidad disminuye a medida que aumenta el grado de tostación (Barbosa et al., 2019), este cambio se asocia principalmente con la variación de la concentración de los ácidos orgánicos (ácido acético, ácido butanoico, ácido hexanoico), de acuerdo con lo reportado por Giacalone et al. (2019).

Para el atributo sensorial acidez no se presentaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas ni en su interacción con las temperaturas iniciales del proceso de tostado, puesto que el color del grano en todos los tratamientos se definió en el rango 55-65 en la escala AGTRON/SCA, denominado

**Tabla 3.** Valores promedio y desviación estándar del sabor para cada variedad.

Variedad	Sabor (SCA)	Desvest
Castillo® El Tambo	7,586	A
Tabi	7,542	BA
Castillo® Pueblo Bello	7,482	BC
Cenicafé 1	7,479	BC
Castillo® Naranjal	7,446	C
Castillo® General	7,426	C



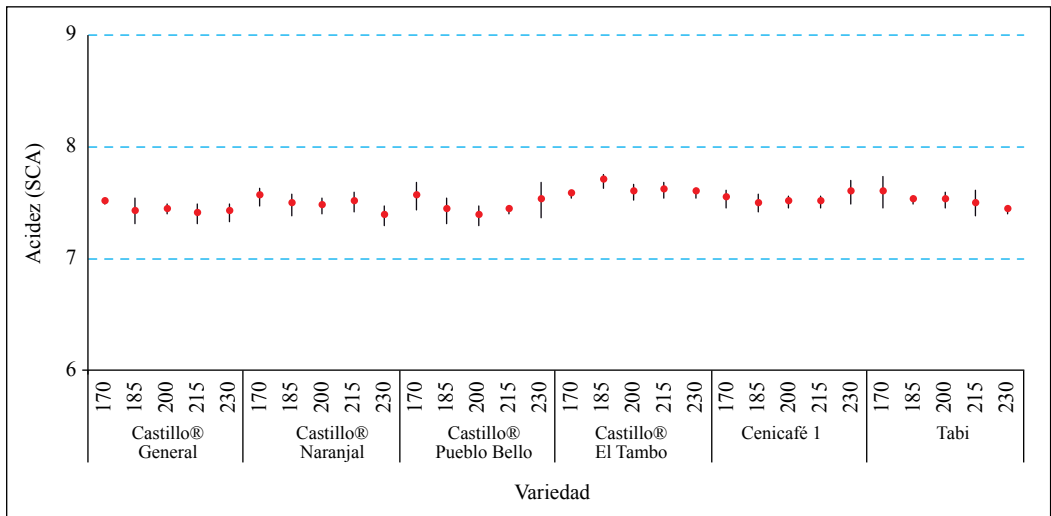
como tueste medio, lo que permitió la máxima expresión de este atributo y evitó su disminución o poco desarrollo por defectos del proceso, lo que concuerda con lo expuesto por Giacalone et al. (2019), donde el tueste medio recibe las mayores puntuaciones medias en este atributo. La acidez del café proviene de compuestos como los ácidos cítrico y málico, sensibles al calentamiento, lo que provoca una disminución de su contenido durante el proceso de tostado (Koshiro et al., 2015).

Los valores promedio de este atributo son de 7,442 para la variedad Castillo® General, de 7,484 para Castillo® Naranjal, de 7,473 para Castillo® Pueblo Bello, de 7,618 para Castillo® El Tambo, de 7,535 para Cenicafé 1 y de 7,521 para Tabi (Figura 2). El tueste medio obtiene generalmente valores cercanos a la media con respecto a la intensidad de los atributos sensoriales y a la concentración de los compuestos de aroma. Los compuestos de aroma más fuertemente asociados con este tueste son los ácidos orgánicos, que dan lugar a una

mayor acidez percibida, diferenciándose de los tostados de alta intensidad (quemados en particular), donde estos ácidos se pierden y donde abundan los compuestos de Maillard y los productos de descomposición de los lípidos (Giacalone et al., 2019).

### Cuerpo

El cuerpo se define como la sensación de textura asociada al carácter y la fuerza de la bebida (SCA, 2000). Al igual que el sabor, el cuerpo tiene un incremento en su intensidad relacionado con grados de tueste altos u oscuros, pero una disminución en la calidad de los descriptores, pues al incrementarse el tiempo de tueste se pueden llegar a tener descriptores tales como pesados y ásperos. El cuerpo se afecta de forma alta y significativa ( $p < 0,01$ ) por el efecto de interacción de la variedad de café por el tiempo de tueste (Sualeh et al., 2014). La puntuación más alta se registró con la duración de tostado de 8 minutos mientras que el valor más bajo se obtuvo para tostados con 12 minutos.

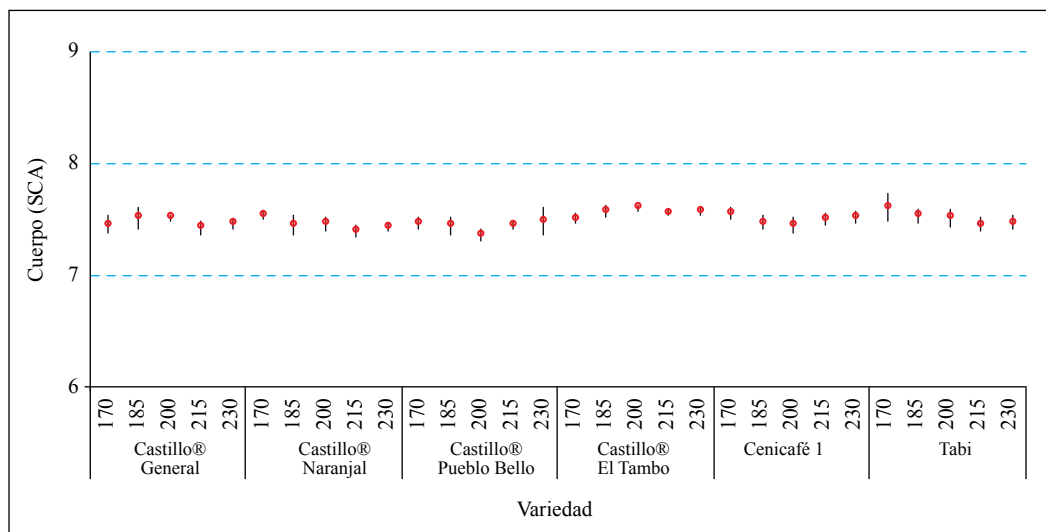


**Figura 2.** Valores promedio e intervalos de confianza para el atributo acidez por variedad y tratamientos (D-30 (170°C), D-15 (185°C), CB (200°C), I-15 (215°C), I-30 (230°C)).

Aunque en este estudio se generaron diversos tiempos de proceso, estos no estuvieron asociados a diferentes grados de tueste, lo que implicó que para el atributo cuerpo no se presentaran diferencias significativas entre las variedades evaluadas, ni en su interacción con las temperaturas iniciales del proceso de tostado. En todos los tratamientos el color del grano estuvo en el rango medio según la escala AGTRON/SCA (55-65), lo que permitió la máxima expresión de este atributo y evitó su disminución o poco desarrollo por defectos del proceso, además todos los tiempos de tueste se encontraron en el rango entre 8 y 12 minutos, lo que concuerda con lo expuesto por Sualeh et al. (2014), donde a medida que se incrementa la duración del tostado, de 6 a 8 minutos, aumenta el atributo de calidad del cuerpo. Los valores promedio de este atributo para las variedades son: 7,476 para Castillo® General, 7,460 para Castillo® Naranjal, 7,443 para Castillo® Pueblo Bello, 7,565 para Castillo® El Tambo, 7,501 para Cenicafé 1 y 7,519 para Tabi (Figura 3).

## Balance

Para el atributo sensorial balance no se presentaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas ni en su interacción con las temperaturas iniciales del proceso de tostado. Los valores promedio de este atributo para las variedades son: 7,367 para Castillo® General, 7,391 para Castillo® Naranjal, 7,394 para Castillo® Pueblo Bello, 7,525 para Castillo® El Tambo, 7,432 para Cenicafé 1 y 7,464 para Tabi. El color del grano de todos los tratamientos, definido y clasificado como tueste medio según la escala AGTRON/SCA (55-65), generó la máxima expresión de todos los atributos sensoriales y evitó que fueran afectados por defectos del proceso, esto permitió que el balance se lograra en todas las variedades y tratamientos evaluados. El tueste medio generalmente permite una expresión moderada de la intensidad de los atributos sensoriales, lo que le da la posibilidad al analista de reconocerlos individualmente, así como su complementariedad, logrando



**Figura 3.** Valores promedio e intervalos de confianza para el atributo cuerpo por variedad y tratamientos (D-30 (170°C), D-15 (185°C), CB (200°C), I-15 (215°C), I-30 (230°C)).

identificar la complejidad de la calidad sensorial del café. La asociación entre el tueste medio (caracterizado por la ausencia de defectos y una alta puntuación de "taza limpia") y el atributo balanceado corresponden a un perfil de aroma plenamente desarrollado, sin dominar el sabor desagradable (Giacalone et al., 2019).

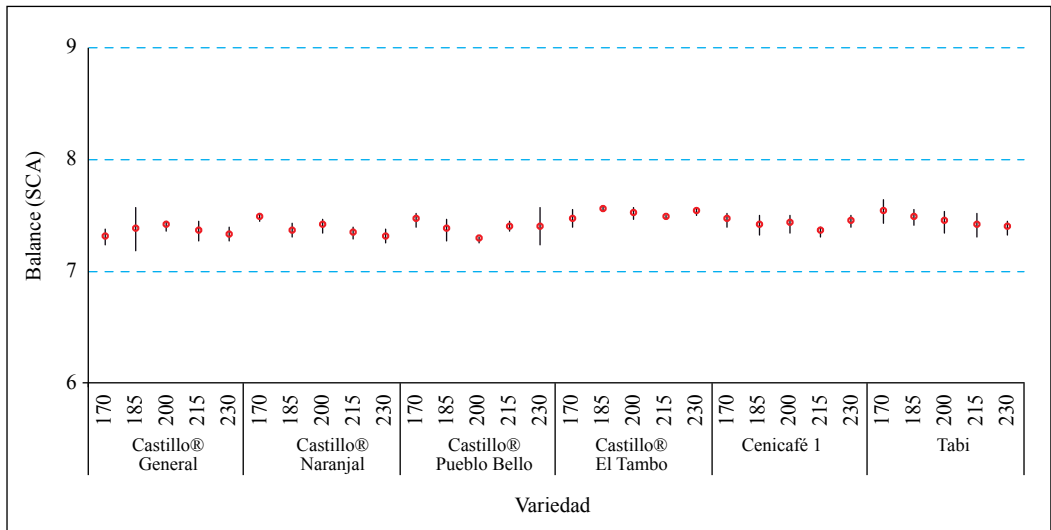
### Puntaje total

El perfil sensorial de la bebida de café depende de factores como la variedad, los procesos de cosecha, poscosecha, las condiciones de almacenamiento y la duración del tueste (Sualeh et al., 2014). Este perfil puede ser modulado por las diversas combinaciones de temperatura y tiempo que genera la curva de tueste, como también por el grado final de tostado. El proceso de tueste permite la máxima expresión de la calidad del café, pero también puede ser fuente que evite el desarrollo u oculte los atributos sensoriales. Según lo reportado por Gloess et al. (2014), los cambios del perfil de tostado (temperatura y tiempo) se reflejan

en las características de la bebida de café elaborada a partir de los respectivos granos tostados, de ahí la importancia de conocer su impacto en la calidad sensorial.

El puntaje total SCA se constituye de la sumatoria de diez atributos sensoriales del café, según la escala los cafés con puntajes iguales o superiores a 80 puntos son considerados especiales por la calidad sensorial. El puntaje total SCA en esta investigación no mostró efecto por los cambios en la temperatura inicial de tueste, ni por su interacción con la variedad. Este puntaje presentó efecto por la variedad según la prueba de Tukey al 5%. La variedad Castillo® El Tambo presentó la máxima calificación promedio con un valor de 83,00 (Tabla 4).

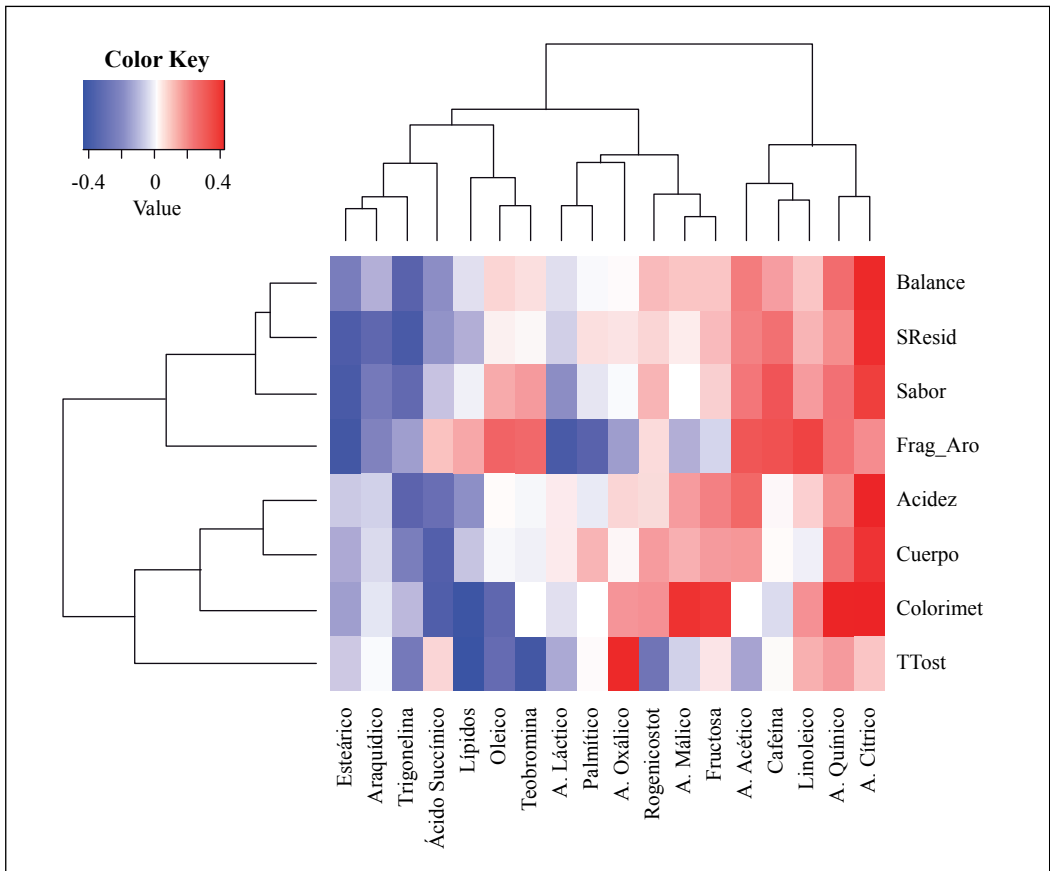
Con el fin de verificar las relaciones entre los compuestos químicos y los atributos sensoriales SCA se realizó una matriz de coeficientes de correlación de Pearson mediante un heatmap (Figura 5). Este



**Figura 4.** Valores promedio e intervalos de confianza para el atributo balance por variedad y tratamientos (D-30 (170°C), D-15 (185°C), CB (200°C), I-15 (215°C), I-30 (230°C)).

**Tabla 3.** Valores promedio y desviación estándar del puntaje total SCA para cada variedad.

Variedad	Puntaje total (SCA)		Desvest
Castillo® El Tambo	83,00	A	0,29
Tabi	82,54	BA	0,63
Cenicafé 1	82,34	BC	0,38
Castillo® Pueblo Bello	82,19	BC	0,83
Castillo® Naranjal	82,08	BC	0,56
Castillo® General	81,96	C	0,58



**Figura 5.** Heatmap de compuestos químicos del café tostado y los atributos sensoriales.

coeficiente es una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, el valor se calcula como 1,0 si existe una correlación positiva perfecta y como -1,0 si existe una correlación negativa perfecta. El ácido cítrico es el compuesto que presenta una correlación positiva con la mayoría de los atributos sensoriales. Para el puntaje total, acidez, balance y sabor residual presentó valores de correlación de 0,4147, 0,4062, 0,3935 y 0,3759 respectivamente (Osorio et al., 2021). Lo anterior, sugiere que este compuesto no tiene un efecto individual en un atributo específico, por el contrario, su efecto es integral en la mayoría de las características que conforman la calidad sensorial del café.

Puede concluirse en esta investigación que:

En las seis variedades de café mejoradas que se evaluaron, los tiempos de tueste se encontraron entre 8 y 12 minutos, y el tiempo final de tostado fue definido por el color del grano 55-65 en la escala AGTRON/SCA para todos los tratamientos.

El tiempo de tueste mostró efecto por la interacción temperatura inicial de tueste y variedad, los mayores tiempos de tueste se encontraron en el tratamiento D-30 (170°C) con un promedio de 11,47 minutos, los menores tiempos de tueste estuvieron en el tratamiento I-30 (230°C) con un promedio de 8,39 minutos.

Los atributos sensoriales fragancia/aroma, sabor y puntaje total no mostraron efecto por los cambios en la temperatura inicial de tueste, ni por su interacción con la variedad. Los valores de estos atributos presentaron efecto por la variedad, demostrando que la calidad inicial del café juega un papel clave en su calidad sensorial.

El ácido cítrico tuvo relación directa con la mayoría de los atributos sensoriales, sin embargo, los valores de correlación indican que su efecto no es individual, es decir, la generación y percepción de un atributo sensorial se genera por la interacción acumulativa de varios compuestos químicos existentes en el grano de café.

El tueste debe asegurar mínimo el control de variables como temperatura, tiempo y grado de tueste, siendo este último uno de los principales factores que influyen en las diferencias tanto químicas como sensoriales del café de una misma calidad. El grado de tueste medio permite la máxima manifestación de las diferentes características sensoriales cuando se desarrolla con control del tiempo de tueste (8 a 12 minutos) y de la temperatura inicial (170-230°C); sin embargo, en procesos donde la calidad del café almendra no es consistente, es necesario contar con más variables de control, como la humedad inicial del café, pérdida de peso, índice de aumento de la temperatura o RoR (*rate of rise* por sus siglas en inglés) o densidad del grano, entre otros.

## AGRADECIMIENTOS

Al equipo de Biometría Rubén Medina, Esther C. Montoya y Luis Imbachí. A los catadores Claudia Gómez Ramos, David Molina, Jorge Andrés Duque, Fernando Osorio, César Osorio. Al panel de catación de Cenicafé. De la Disciplina de Calidad a Paola Calderón y Wilson Vargas y el personal de apoyo Víctor Castañeda y Jonathan Martínez. Al equipo de Experimentación: Carlos Gonzalo Mejía, José Farid López y Jhon Félix Trejos.

## LITERATURA CITADA

- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos* (4a ed.). Pearson Educación.
- Barbosa, M. de S. G., Francisco, J. S., Dos Santos Scholz, M. B., Kitzberger, C. S. G., & Benassi, M. de T. (2019). Dynamics of sensory perceptions in arabica coffee brews with different roasting degrees. *Journal of Culinary Science and Technology*, 17(5), 453–464. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1489321>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (Eds.). (2009). Coffee, Tea, Cocoa. En *Food Chemistry* (pp. 938–970). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7_22)
- Clarke, R. J., & Macrae, R. (Eds.). (1985). *Coffee (Volume 1: Chemistry)*. Elsevier Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4948-5>
- Dias, R. C. E., & Benassi, M. D. T. (2015). Discrimination between Arabica and Robusta Coffees Using Hydro-soluble Compounds: Is the Efficiency of the Parameters Dependent on the Roast Degree?. *Beverages*, 1(3), 127–139. <https://doi.org/10.3390/beverages1030127>
- Díaz, F. O., Ormaza, A. M., Rojano, B. (2018). Efecto de la tostión del café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre el perfil de taza, contenido de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante. *Información Tecnológica*, 29(4), 31–42. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000400031>
- Flament, I., & Bessière-Thomas, Y. (2002). *Coffee flavor chemistry*. Wiley.
- Franca, A. S., Oliveira, L. S., Oliveira, R. C. S., Agresti, P. C. M., & Augusti, R. (2009). A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. *Journal of Food Engineering*, 92(3), 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.012>
- Giacalone, D., Degn, T. K., Yang, N., Liu, C., Fisk, I., & Münchow, M. (2019). Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. *Food Quality and Preference*, 71, 463–474. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.009>
- Gloss, A. N., Vietri, A., Wieland, F., Smrke, S., Schönbacher, B., López, J. A. S., Petrozzi, S., Bongers, S., Kozirowski, T., & Yeretizian, C. (2014). Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 365–366, 324–337. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2014.02.010>
- Heriyanti, H., Panggabean, Y., Pangestu, E. T., Asyhar, R., & Sutrisno, S. (2019). Initial roasting temperature effect on thermal behaviour and characteristic of liberica coffee. *Coffee Science*, 14(4), 501–508. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1626>
- Kitzberger, C. S. G., Scholz, M. B. dos S., Pereira, L. F. P., da Silva, J. B. G. D., & Benassi, M. de T. (2016). Profile of the diterpenes, lipid and protein content of different coffee cultivars of three consecutive harvests. *AIMS Agriculture and Food*, 1(3), 254–264. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.3.254>
- 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://doi.org/10.17628/ECB.2015.4.378>
- Osorio, V., Pabón, J., Gallego, C. P., & Echeverri-Giraldo, L. F. (2021). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la composición química del café. *Revista Cenicafé*, 72(1), e72103-e72103. <https://doi.org/10.38141/10778/72103>
- Specialty Coffee Association. (2003). *Cupping Protocols. Protocols & Best Practices*. <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>
- Schenker, S., Handschin, S., Frey, B., Perren, R., & Escher, F. (2000). Pore Structure of Coffee Beans Affected by Roasting Conditions. *Journal of Food Science*, 65(3), 452–457. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16026.x>
- Sualeh, A., Endris, S., & Mohammed, A. (2014). Processing method, variety and roasting effect on Cup Quality of Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.). *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2(2), 70–75.
- Yang, N., Liu, C., Liu, X., Degn, T. K., Münchow, M., & Fisk, I. (2016). Determination of volatile marker compounds of common coffee roast defects. *Food Chemistry*, 211, 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.124>