

La investigación científica en calidad del café se enfoca en el conocimiento de los diferentes factores, junto con la optimización de prácticas y controles operacionales a lo largo de las distintas etapas productivas del café, teniendo como objetivo la caracterización, conservación y potencialización de la calidad del grano y el perfil sensorial de la bebida. Este enfoque es crucial para la comprensión integral del impacto en la calidad física, la caracterización sensorial y la composición química del grano. El objetivo de la disciplina es generar conocimiento aplicable para el mejoramiento de la competitividad de los productores, logrando la conservación de la calidad y la diferenciación del perfil del café producido.

Caracterización de la calidad física, sensorial y química del café producido en los ecotopos cafeteros colombianos. CAL101005

Se caracterizó la calidad física, sensorial y composición química del café producido en 20 ecotopos cafeteros de los departamentos de Caldas, Antioquia, Casanare, Chocó, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Risaralda, Meta, Tolima y Valle del Cauca. Se analizaron 1.110 muestras durante las cosechas de los años 2021 a 2023. El 97,8% de las muestras provenían de variedades resistentes, como Castillo®, Colombia, Cenicafé 1 y Tabi. El promedio de almendra sana fue de 78,1%, se resaltan los ecotopos 105B, 204A, 302A, 305A y 305B, que obtuvieron valores promedio mayores a 79%. El 60% de las muestras no presentaron defecto sensorial y los defectos más comunes fueron el fermento (14%) y terroso (13%). No hubo diferencia entre los ecotopos para la variable puntaje total SCA. Se destacan los



ecotopos 102A, 308A y 309A, que obtuvieron puntajes totales mayores a 85 puntos, que clasifica el café como excelente. Con el análisis de clasificación se determinaron cuatro rangos altitudinales (menor a 1.001 - 1.400 m, 1.401 - 1.800 m y mayor a 1.800 m), que explican las variables de calidad y composición química. En la Figura 10 se presentan los puntajes totales obtenidos para todas las fincas en cuatro rangos altitudinales. Se seleccionaron y visitaron las 50 mejores fincas. Los criterios de selección empleados fueron que, durante los tres muestreos no hubieran presentado defectos sensoriales y obtuvieran un mínimo de 84 puntos SCA, que clasifica el café como muy bueno. En cada finca, se identificó la infraestructura y las condiciones de procesamiento particulares. El 75% de los productores mezclaban lotes de café despulpado de hasta tres días diferentes. El 98% tuvieron la capacidad y la tecnología óptima para realizar el secado y el 75% lo realizó con secado 100% solar. Se resalta en todos los productores, el desarrollo de actividades de clasificación previo y posterior al proceso de despulpado, en el lavado y el secado del grano, lo que permite asegurar la consistencia de la calidad de su café.

Evaluación de la técnica NIRS para la identificación de mezclas de café arábico producido en el país con café arábico de otros orígenes. CAL101009

Esta investigación está relacionada con la caracterización espectral de *Coffea arabica* producida en el país y *C. arabica* proveniente de otros países, con el objetivo de establecer el alcance de la técnica NIRS para desarrollar modelos de predicción que permitan identificar las mezclas de café almendra verde y café tostado con respecto al origen. Se avanzó con la caracterización espectral de muestras de *C. arabica* provenientes de Brasil y Perú (131 y 120, respectivamente); se realizaron los análisis NIRS al café almendra, café tostado entero y tostado molido, en las proporciones establecidas (1.737 análisis). El análisis de la absorbancia media de las muestras puras de café verde de diferentes países reveló diferencias espectrales. Se observó una marcada similitud entre las curvas espectrales de Colombia y Brasil, con valores de absorbancia media cercanos de 0,94 (Colombia) y 0,93 (Brasil) a 1.480 nm. En contraste, el café de Perú presentó valores de absorbancia significativamente más bajos (0,82), lo que indicó una huella espectral diferente respecto a los otros dos orígenes. El Análisis de Componentes Principales (ACP) de las muestras de café verde,

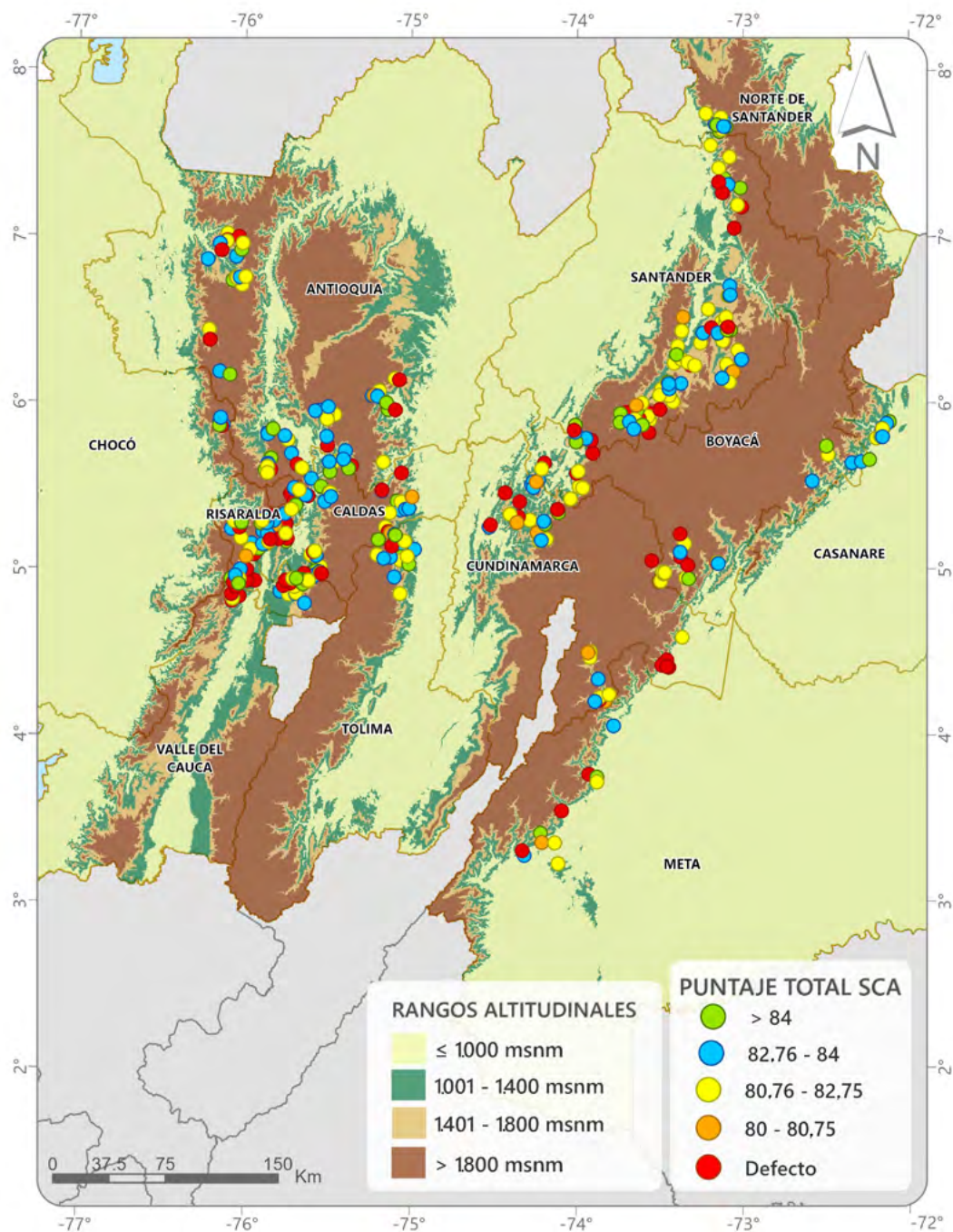


Figura 10. Puntaje total SCA de las muestras recibidas por rango altitudinal.

incluyendo las mezclas con el arábica nacional, evidenció una separación definida y clara de las clases por origen (Figura 11). El grupo del arábico colombiano puro formó una clase diferenciada, mientras que las muestras compuestas (mezclas) de Brasil y Perú se agruparon de manera particular, demostrando un claro desplazamiento en el espacio de componentes. Los tres primeros componentes principales explicaron el 99% de la variabilidad total de las muestras. Esta diferenciación valida la capacidad del NIRS para identificar patrones espectrales asociados al origen

geográfico, que se conserva incluso después del proceso de tueste. El ACP aplicado al café tostado entero también evidenció una separación definida y consistente entre las clases de origen, confirmando que las huellas espectrales que codifican el origen se mantienen a pesar de las transformaciones químicas inducidas por el tueste. Similar al café verde, los tres primeros componentes principales explicaron el 97% de la variabilidad total, lo que subraya la robustez del método para discriminar la procedencia en matrices tostadas.

Evaluación de la técnica NIRS para la identificación de mezclas de café colombiano con la especie *Coffea canephora* proveniente de diferentes países. CAL101010

Esta investigación está relacionada con la caracterización espectral de *C. canephora* proveniente de otros países, con el objetivo de establecer el alcance de la técnica NIRS para desarrollar modelos de predicción que permitan identificar las mezclas de café con respecto a la especie. Se avanzó con la caracterización espectral de 1.361 muestras de *C. canephora* provenientes de Brasil, Vietnam y Perú. Se realizaron los análisis NIRS al café almendra verde, café tostado entero y tostado molido, en las proporciones establecidas para un total del 3.689 análisis. El análisis espectral de las muestras puras de *C. canephora* demostró la existencia de diferencias en la absorbancia media entre los distintos orígenes geográficos. Estas diferencias se manifestaron prominentemente en las longitudes de onda de 1.460 nm y 1.930 nm, las cuales están fundamentalmente asociadas a las bandas de vibración de grupos funcionales O-H y combinaciones O-H/N-H, indicativos de compuestos como carbohidratos y alcaloides. Los resultados mostraron que el *C. canephora* de Colombia registró consistentemente los mayores valores de absorbancia media en ambos puntos espectrales (0,93 en 1.460 nm y 1,19 en 1.930 nm), seguido por Perú, Vietnam y Brasil. Este comportamiento espectral confirma que el origen geográfico influye significativamente en la huella química de la especie. La aplicación del Análisis de Componentes Principales (ACP) a las tres matrices de café evaluadas (almendra verde, tostado entero y tostado molido) validó la discriminación. En todas las matrices se observó una clara y consistente separación por origen y por mezclas. En la almendra verde, los tres primeros componentes principales explicaron el 98% de la variabilidad total,

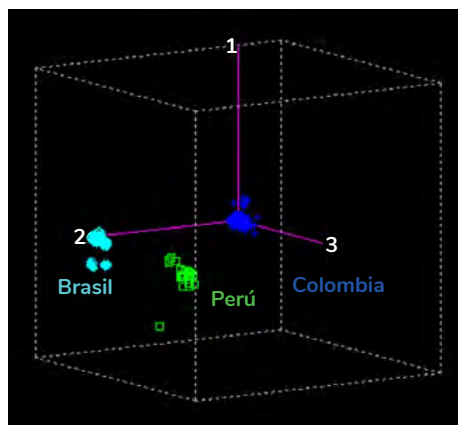


Figura 11. Análisis de componentes principales de café especies *C. arabica* origen Colombia, Brasil y Perú.

logrando agrupamientos definidos y una diferenciación entre los cafés colombianos, peruanos, brasileños y vietnamitas (Figura 12). Para el café tostado entero, a pesar de las transformaciones térmicas, se mantuvo la separación entre orígenes con una varianza explicada del 95%, en el café tostado molido, la variabilidad explicada fue nuevamente alta, alcanzando el 98%.

Evaluación del efecto de frutos pintones en la calidad del café. CAL102004

El proyecto de investigación está evaluando el efecto de la presencia de frutos pintones en el procesamiento del café, analizando su impacto en la calidad sensorial y física. La mezcla de frutos pintones (del 5% al 40%) en el procesamiento de café maduro incrementó significativamente la incidencia del defecto inmaduro, caracterizado por perfiles sensoriales con fragancia y aroma a cereal, sabor residual astringente y notas herbáceas. El café 100% maduro (100M) y la mezcla 95% maduro con 5% pintón (95M5P) se clasificaron como café de especialidad, con puntajes SCA superiores a 80, mientras que porcentajes más altos de pintones resultaron en una pérdida de calidad sensorial de las muestras (Figura 13). Al aumentar el porcentaje de pintones, la calidad disminuyó drásticamente, con el 75% de las muestras exhibiendo puntajes totales SCA inferiores a 60 puntos. A nivel de procesamiento, los frutos pintones mostraron una mayor ineficiencia en el despulpado, resultando en mayores porcentajes de pulpa en el café y daño mecánico en el grano, lo que compromete la calidad física y sensorial del café. El tratamiento 100M presentó un 97,51% de rendimiento de pulpa, mientras que el 100% pintón (100P) solo alcanzó el 92,37%, además este último tratamiento presentó un mayor porcentaje de frutos sin despulpar y con daño mecánico. El tratamiento 100M mostró un 98,55% de granos sanos, mientras que el 100P solo alcanzó el 89,01%, lo que subraya que la madurez del fruto es crucial para la eficiencia del procesamiento y la calidad física

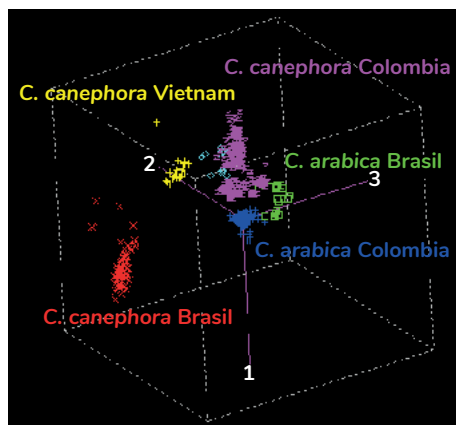


Figura 12. Análisis de componentes principales en café almendra de *C. canephora* y *C. arabica* por origen.

del café (Tabla 9). Dentro del grupo de los ácidos orgánicos alifáticos en ambos grupos de muestras (sin defecto sensorial e inmaduro) los mayoritarios fueron cítrico, quínico y málico. La sacarosa presentó mayor concentración en las muestras sin defecto al ser comparadas con las muestras con defecto inmaduro, este mismo comportamiento para los lípidos, ácidos clorogénicos totales y el isómero 5-CQA. El ácido tartárico presentó mayor valor en las muestras con defecto inmaduro que las muestras sin defecto sensorial con valores de 0,44 y 0,20, respectivamente.

Evaluación del efecto de los procesos de secado en la calidad del café honey. CAL102005

Se evalúa el efecto del secado (solar, mecánico y combinado), en el procesamiento vía semi-seca, en la calidad del café honey. De dos unidades experimentales se analizaron los tiempos de secado, la eficiencia del proceso y las variaciones de color del pergamino y la almendra. Los avances indican que el secado mecánico es significativamente más eficiente en términos de tiempo, con un promedio de 120 horas, mientras el secado solar puede extenderse hasta 240 horas, bajo las siguientes condiciones operativas: humedad relativa de 59,7% y 40,7% y temperaturas de 29,1°C y 36,3°C para el secado solar y para el secado mecánico, la temperatura del aire promedió valores de 39,5°C y 38,5°C (Tabla 10). El secado combinado (solar/mecánico) alcanzó una reducción inicial de humedad al 30% en 96 horas de manera consistente para diferentes contenidos de mucílago del grano (0%, 50% y 100%). La colorimetría del pergamino, según la escala CIEL*a*b*, mostró diferencias entre los tratamientos. El café honey procesado con

secado mecánico y aquellos con mayor contenido de mucílago exhibieron un pergamino más oscuro, posiblemente asociado a las mayores temperaturas durante este proceso, que favorecen la caramelización de los azúcares del mucílago (Tabla 11). El café lavado (testigo) y el pergamino de los cafés honey con secado solar presentaron una mayor luminosidad. El color de la almendra verde mostró una menor variación entre los tratamientos, lo que sugiere que las condiciones de secado afectan principalmente el pergamino, sin impactar la composición del grano. El valor promedio de las variables de merma, pasilla y almendra sana presentaron los óptimos en el café lavado con valores de 17,00%, 2,15% y 79,63%, en comparación con los tratamientos asociados al café honey que presentaron valores de 22,72%, 4,34% y 72,68%, respectivamente. De las muestras evaluadas (20) no se presentaron defectos sensoriales y los mayores promedios de las variables sensoriales fragancia/aroma, sabor y puntaje total SCA se observaron en el tratamiento con 50% de mucílago y secado 100% solar, con valores de 7,94, 7,85 y 84,54, respectivamente.

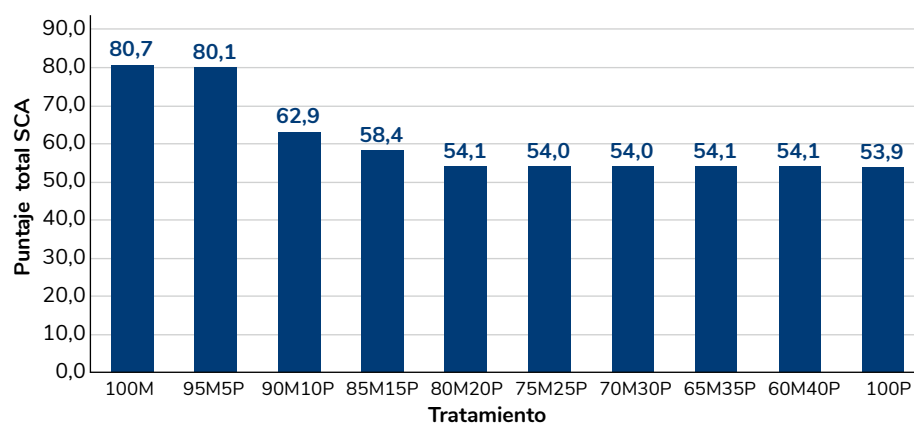


Figura 13. Puntaje total SCA para tratamientos con relaciones de mezclas de café maduro (M) y pintón (P).

Tabla 9. Caracterización del café despulpado a partir de tratamientos con mezclas de café maduro (M) y pintón (P).

Tratamientos	Promedio frutos en despulpado (%)	Promedio frutos con daño mecánico (%)	Promedio de pulpa en despulpado (%)	Promedio de despulpado sano (%)
100P	4,69	1,22	1,12	89,01
60M40P	2,14	0,60	0,79	90,98
65M35P	1,86	0,55	0,66	90,98
70M30P	1,81	0,67	0,59	92,12
75M25P	1,44	0,77	0,60	94,01
80M20P	1,52	0,59	0,58	96,89
85M15P	0,94	0,68	0,61	97,07
90M10P	0,85	0,70	0,70	97,35
95M5P	0,62	0,46	0,46	98,19
100M	0,28	0,37	0,36	98,55

Caracterización de los compuestos químicos de las progenies que conforman las variedades mejoradas de Cenicafé en diferentes condiciones ambientales. CAL104014

Los compuestos químicos presentes en las variedades mejoradas de Cenicafé se sitúan dentro de los valores promedio reportados para *Coffea arabica* L. Investigaciones previas han evidenciado amplios rangos de concentración en algunos compuestos químicos, esta variación en la composición química podría estar asociada a las progenies que conforman las variedades o al entorno donde se desarrollan los cultivos generando una diferenciación de la variedad. Se presenta un avance de resultados correspondiente a la caracterización de las 40 progenies que hacen parte de la variedad Castillo 2.0 en sus tres componentes de calidad: física, química y sensorial. A la fecha, se han realizado dos muestreos procedentes de una cosecha (2024) de la Estación Experimental Naranjal y procesadas por vía húmeda. En la caracterización de la calidad física por progenie, el análisis granulométrico evidenció que el 51% de las 40 progenies que conforman la variedad, fueron retenidas sobre la malla 17 y 18, clasificando su calidad como granos supremos. En cuanto a la calidad sensorial, el 30% de las progenies obtuvieron puntaje total SCA por encima de los 83 puntos, destacándose la progenie 232#333 con un puntaje superior a 87 puntos. Referente a la composición química se presenta el avance de los contenidos para las progenies (12 progenies) que obtuvieron puntaje superior a 83 puntos SCA (Tabla 12), se observaron amplios rangos de concentración en los contenidos de sacarosa (6,71%-12,03%) y ácido acético (1,12–5,54 g kg⁻¹).

Evaluación de la calidad sensorial y composición química del café obtenido por mezclas de café despulpado en diferentes días de procesamiento. CAL105004

Durante el proceso de beneficio por vía húmeda, una práctica comúnmente realizada es la mezcla del café despulpado de diferentes días de recolección. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto en la calidad física, sensorial y composición química del café obtenido por realizar dicha práctica. Se aplicó un diseño experimental de cuatro tiempos de mezcla de lotes de café despulpado, dos (MD2), tres (MD3), cuatro (MD4) y cinco (MD5) días, con testigos control de café lavado diariamente y un tratamiento de mezcla de lotes de café de cinco días bajo agua con cambio diario (MD5+agua). Se realizaron seis repeticiones durante la cosecha 2022, 2023 y 2024. Los testigos diarios, no presentaron

Tabla 10. Tiempos de secado de los diferentes tratamientos de secado de café honey.

Tratamiento	Tiempo (horas) Unidad experimental 1	Tiempo (horas) Unidad experimental 2
Testigo LV	72	96
0Mg/Mc	144	120
0Mg/So/Mc	168	168
0Mg/So	192	216
50Mg/Mc	144	120
50Mg/So/Mc	192	192
50Mg/So	240	216
100Mg/Mc	144	120
100Mg/So/Mc	192	192
100Mg/So	240	216

LV: Lavado; 0Mg/Mc: 0% mucílago-secado mecánico; 0Mg/So/Mc: 0% mucílago-secado combinado; 0Mg/So: 0% mucílago-secado solar; 50Mg/Mc: 50% mucílago-secado mecánico; 50Mg/So/Mc: 50% mucílago-secado combinado; 50Mg/So: 50% mucílago-secado solar; 100Mg/Mc: 100% mucílago-secado mecánico; 100Mg/So/Mc: 100% mucílago-secado combinado; 100Mg/So: 100% mucílago-secado solar.

Tabla 11. Colorimetría del pergamino de los tratamientos de secado de café honey.

Tratamiento	Prom L*	Prom a*	Prom b*	Color
Testigo LV	99,12	-3,39	27,58	
0Mg/Mc	70,17	6,85	27,88	
0Mg/So/Mc	75,54	5,33	31,88	
0Mg/So	78,12	4,29	31,34	
50Mg/Mc	65,27	9,25	18,72	
50Mg/So/Mc	68,22	9,61	24,52	
50Mg/So	70,43	8,79	26,02	
100Mg/Mc	65,88	9,51	18,88	
100Mg/So/Mc	69,43	9,76	26,22	
100Mg/So	70,15	9,76	23,19	

LV: Lavado; 0Mg/Mc: 0% mucílago-secado mecánico; 0Mg/So/Mc: 0% mucílago-secado combinado; 0Mg/So: 0% mucílago-secado solar; 50Mg/Mc: 50% mucílago-secado mecánico; 50Mg/So/Mc: 50% mucílago-secado combinado; 50Mg/So: 50% mucílago-secado solar; 100Mg/Mc: 100% mucílago-secado mecánico; 100Mg/So/Mc: 100% mucílago-secado combinado; 100Mg/So: 100% mucílago-secado solar.

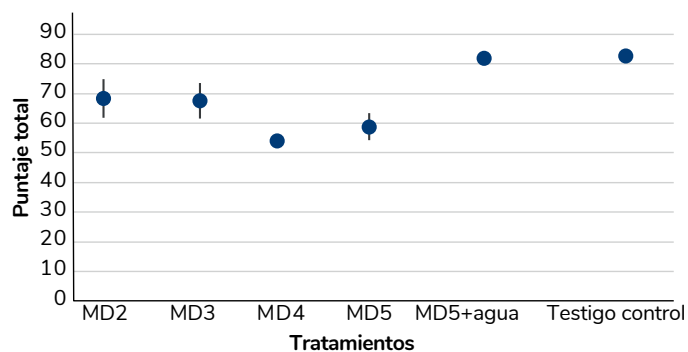
Tabla 12. Progenies con puntajes superiores a 83 puntos SCA.

Progenies	Puntaje SCA	Descriptorios de sabor
232#333	87,1	Eucalipto, limoncillo, toronja, chocolate, menta, cardamomo, mandarina, frutos rojos.
CX2080	84,8	Especias, floral, jazmín, limoncillo, naranja.
665#513	84,3	Chocolate, frutos amarillos, durazno, floral, limoncillo.
CU1871	84,3	Chocolate, dulce, mandarina, avellana, especias, floral, miel, frambuesa.
CU1852	83,9	Cardamomo, chocolate, frutos amarillos, naranja, floral, caramelo, arándano.
CX2065	83,7	Cloral, miel de rosas, chocolate, caña de azúcar, limoncillo, almendra.
665#76	83,5	Floral, chocolate, avellana, chocolate.
CU1819	83,4	Cardamomo, chocolate, eucalipto.
667#615	83,4	Limoncillo, frutal, almendra, limón.
CU1843	83,2	Dulce
CU2034	83,2	Miel
CU1993	83,1	Chocolate

Tabla 13. Proporción de muestras sin defecto y defectos sensoriales presentes por cada tratamiento.

Tratamientos	Sin defecto	Fermento	Pulpa
Testigo control	100,0%	-	-
MD5+agua	100,0%	-	-
MD2	50,0%	50,0%	-
MD3	50,0%	50,0%	-
MD4	-	75,0%	25,0%
MD5	-	100,0%	-

defecto sensorial (Tabla 13). Se determinó que después de dos días de almacenamiento, el 50% de las muestras presentaron defecto sensorial (Figura 14), indicando el riesgo sobre la calidad que esta práctica presenta. Sin embargo, la práctica de cambiar diariamente el agua en la que se mezcla el café, evita la generación de defectos sensoriales y no afecta la calidad del grano. En cuanto a la composición química del café, se determinaron los ácidos orgánicos, azúcares del café y del mucílago, por medio de química analítica y empleando la técnica NIRS, se determinaron 13 compuestos químicos del café. Los ácidos mayoritarios fueron el ácido cítrico, quínico y málico con valores promedio de 9,87 g kg⁻¹, 5,405 g kg⁻¹ y 4,78 g kg⁻¹ para el testigo control, respectivamente. Se observó que el ácido cítrico, presentó valores de 9,18 g kg⁻¹, 9,82 g kg⁻¹ y 9,87 g kg⁻¹ para MD5, MD5+agua y para el testigo control, respectivamente; y de 9,93 g kg⁻¹, 9,98

**Figura 14.** Valores promedio de puntaje total por cada tratamiento.

g kg⁻¹ y 10,02 g kg⁻¹ para los tratamientos MD2, MD3 y MD4. En menores proporciones se encontraron los ácidos láctico, tartárico y succínico, con valores de 0,253 g kg⁻¹, 0,197 g kg⁻¹ y 2,987 g kg⁻¹, respectivamente.

Panel de catación de Cenicafé. CAL106004

El panel de catación de Cenicafé está conformado por seis catadoras, certificadas como Q-Grader por el CQI (*Coffee Quality Institute*). Desde el 2017 se han analizado sensorialmente 12.244 muestras de café provenientes de proyectos de investigación. Cada resultado corresponde al promedio de la evaluación de mínimo tres catadores. Para esta vigencia, las seis catadoras presentaron y aprobaron los exámenes de certificación en la nueva metodología propuesta por la SCA (*Specialty Coffee*

Assoriation) asociada al reconocimiento del valor del café mediante el CVA (*Coffee Value Assessment*). Esta incluye la valoración física, la información extrínseca de las muestras, así como la valoración sensorial descriptiva del café. Este curso fue liderado por las áreas de calidad de Cenicafé y Almacafé, contó con la presencia de 24 catadores de la cadena productiva de café, incluyendo responsables de calidad de centros logísticos, de programa de cafés especiales y calidad de diferentes Comités Departamentales de Cafeteros y de la Gerencia Comercial de FNC. El instructor fue el Dr. Mario Roberto Fernández Alduenda, director técnico de la SCA. Con este certificado, las analistas sensoriales, adicionalmente, lograron el certificado Q-Evolved otorgado por la misma entidad. Durante este período se han recibido 1.443 muestras de café, provenientes

de proyectos de diferentes disciplinas de Calidad y Mejoramiento Genético (Tabla 14).

La proporción de muestras sin defecto fue de 61,9%, los defectos que se han presentado con mayor proporción fueron el oxidado (26,9%), terroso (5,7%), inmaduro (2,4%), fermento (2,2%) y en menores proporciones el reposo, fenol y contaminado, con el 0,6%, 0,2% y el 0,1%, respectivamente. Los rangos de puntaje total que presentaron un aumento estuvieron en aquellos comprendidos entre 82,75 a 83,74 puntos, que subieron del 7,6% al 20,3% y para el puntaje mayor a 84 incrementó del 7,2% al 12,9% (Figura 15). Se continuó el uso del software desarrollado por TIC's con el apoyo de la disciplina de Calidad vinculado al SIGA, que permite la conexión entre las investigaciones y las solicitudes de análisis de calidad de café.

Tabla 14. Cantidad de muestras de café recibidas en el laboratorio para análisis sensorial.

Disciplina	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	Total
Calidad	366	142	662	562	318	1.720	881	722	1.069	6.442
Entomología		10	85	136	199	16	7	-	-	453
Experimentación	10	12	18	18	-	-	-	-	-	58
Fisiología	3	2	-	186	30	-	-	-	-	221
Patología	-	-	48	-	-	-	-	90	-	138
Fitotecnia	-	48	20	-	-	9	45	-	-	122
Mejoramiento Genético	181	564	250	631	557	169	146	200	374	3.072
Poscosecha	9	45	178	293	148	178	148	78	-	1.077
Suelos	108	115	121	61	18	11		-	-	434
Total	677	938	1.382	1.887	1.270	2.103	1.227	1.090	1.443	12.244

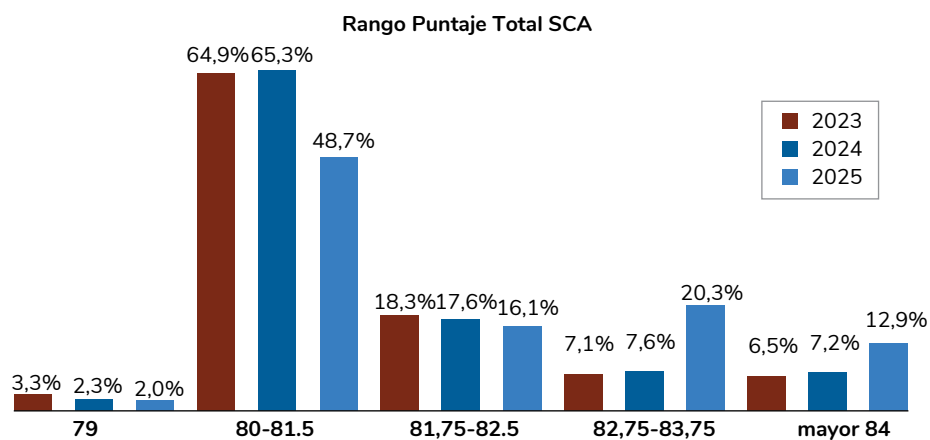


Figura 15. Proporción de muestras según el rango de puntaje total de muestras evaluadas por el panel de catación de Cenicafé.

Determinación del tiempo de conservación de la calidad del café tostado almacenado en diferentes condiciones y tipos de empaques. CAL106005

Con el objetivo de determinar el tiempo de conservación de la calidad sensorial, física y química del café, se almacenó café tostado en grano (TE) y café molido (TM) en los siguientes empaques: papel kraft (PK), polietileno alta densidad (PETHD), polietileno con aluminio (ALP), vidrio transparente (VT) y polietileno baja densidad (PELD) (Figura 16). Las evaluaciones se realizaron en tres condiciones de la zona cafetera Central (Estación Experimental Naranjal, Cenicafé, Laboratorio de Calidad Comité de Cafeteros de Caldas). Durante 365 días se evaluó la calidad sensorial (puntaje SCA), el color del grano y la concentración de los ácidos grasos y ácidos clorogénicos totales. La humedad relativa fue similar y constante en todas las localidades del estudio. La temperatura fue inferior en el Laboratorio de Caldas (18,63°C) y preservó la calidad sensorial del TE (SCA 80,29 puntos) dispuesto en los empaques ALP, PELD y VT, hasta 180 días de almacenamiento y hasta

los 90 días en PETHD y PK (Tabla 15). El puntaje total SCA del TM se redujo significativamente a partir de los 90 días de almacenamiento, como consecuencia del defecto oxidado, en todas las localidades y empaques (Tabla 16). En las localidades evaluadas y en ALP, PELD y VT, la concentración de los ácidos linoleico, palmítico, clorogénicos, así como las coordenadas de color, se mantuvieron constantes para el café TE hasta 180 días, mientras que, en TM los promedios tendieron a variar a partir del día 90. Los resultados indican que una mayor área de superficie expuesta en TM, puede explicar la susceptibilidad del café a los factores ambientales que afectan su calidad durante el almacenamiento. En las variables de composición química, en todas las localidades se presentó un ligero incremento en la concentración de lípidos, particularmente en los empaques PK y VT se presentaron mayores valores, independiente de la localidad y tipo de café. En el café TM, todos los parámetros tendieron a variar más rápido desde los 90 días, se encontraron valores máximos alcanzando niveles cercanos al límite regulatorio de 15 meq kg⁻¹ en PK en Naranjal a los 365 días con un valor promedio de 13,69 meq kg⁻¹, indicador de procesos oxidativos.



Figura 16. Representación esquemática de los empaques: a. papel Kraft (PK), b. polietileno trilaminado de alta densidad EVOH reciclable (PETHD), c. polietileno con aluminio (ALP), d. vidrio transparente (VT) y e. polietileno baja densidad (PELD).

Tabla 15. Puntaje promedio SCA, por efecto del empaque y comparaciones de tiempo de almacenamiento en el Laboratorio del Comité de Caldas.

Tipo de café	Comparaciones	Tiempo	Tipo de empaque									
			ALP		PELD		PETHD		PK		VT	
			SCA	SD	SCA	SD	SCA	SD	SCA	SD	SCA	SD
Tostado entero TE	0 vs 90	0	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27
		90	80,27 A	0,28	80,20 A	0,24	81,18 A	0,34	81,02 A	0,44	80,78 A	0,72
	90 vs 180	90	80,27Aa	0,28	80,20 Aa	0,24	81,18 Aa	0,34	81,02 Aa	0,44	80,78 Aa	0,72
		180	80,37 A	0,42	80,27 A	0,35	53,31 B	0,41	58,86 B	11,82	80,22 A	0,21
	180 vs 270	180	80,37 Aa	0,42	80,27 Aa	0,35	53,31 Ab	0,41	58,86 Ab	11,82	80,22 Aa	0,21
		270	53,10 B	0,06	53,07 B	0,09	53,07 A	0,09	53,10 A	0,09	53,08 B	0,08
	270 vs 365	270	53,10 Aa	0,06	53,07 Aa	0,09	53,07 Aa	0,09	53,10 Aa	0,09	53,08 Aa	0,08
		365	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00

Para cada empaque letras no comunes mayúsculas indican diferencias significativas entre tiempos según prueba de Tukey al 5%.

Para tiempo letras no comunes minúsculas indican diferencias significativas entre empaques según prueba de Tukey al 5%

Papel Kraft (PK), polietileno trilaminado de alta densidad EVOH reciclable (PETHD), polietileno con aluminio (ALP), vidrio transparente (VT) y polietileno baja densidad (PELD).

Tabla 16. Efecto del tiempo y su interacción en el puntaje total SCA del café (TM) por localidad.

Localidad	Tipo de café	Tiempo (días)	SCA	SD
Estación Experimental Naranjal	Tostado molido (TM)	0	82,53 A	0,25
		90	54,04 B	5,42
		180	53,08 B	0,21
		270	53,13 B	0,17
		365	53,00 B	0,00
Cenicafé	Tostado molido (TM)	0	82,53 A	0,25
		90	52,99 B	0,23
		180	53,07 B	0,11
		270	53,14 B	0,11
		365	53,00 B	0,00
Laboratorio del Comité de Caldas	Tostado molido (TM)	0	82,53 A	0,25
		90	53,08 B	0,14
		180	53,24 B	0,26
		270	53,16 B	0,10
		365	53,00 B	0,00

Para cada sitio y tipo de café letras no comunes indican diferencias estadísticas entre tiempos según prueba de Tukey al 5%