

La influencia del transporte en las cualidades químicas y organolépticas del café: una comparación entre las variedades Bourbon, Pacamara y Maracaturra .

Dra. Sara Banfi, Investigadora del Laboratorio Químico del CDR "Francesco Bonicolini"

P2611

Abstracto

Este estudio, fruto de la colaboración entre ANACAFE, CDR y la Accademia del Caffè Espresso, investiga el impacto de los procesos poscosecha en la estabilidad química y sensorial del café. Mediante el análisis de tres variedades — Bourbon, Pacamara y Maracaturra— sometidas a diferentes métodos de procesamiento (natural, lavado y desmucilación mecánica), la investigación monitorea la evolución del grano desde su origen en Guatemala hasta su llegada a Italia.

Utilizando el sistema CDR CoffeeLab®, fue posible cuantificar las variaciones en azúcares, ácidos orgánicos y cafeína, comparando los datos analíticos con las puntuaciones obtenidas en los Paneles de Cata (SCA). El artículo demuestra cómo el café verde experimenta alteraciones significativas en su estructura química, incluso en condiciones óptimas de transporte y tiempos de procesamiento cortos. Los resultados destacan el papel crucial de la relación azúcar-acidez como indicador predictivo de la calidad final y subrayan la necesidad de un monitoreo analítico constante a lo largo de la cadena de suministro para garantizar la consistencia del perfil organoléptico que se ofrece al consumidor.

Introducción

La producción de café es un proceso largo y complejo que comienza con la cosecha de la fruta, continúa con el procesamiento y termina con el tostado, sin mencionar el transporte y la distribución. Gestionar estas dos fases es igualmente importante para garantizar la alta calidad del producto final que llega al consumidor. El café se produce en más de 75 países a lo largo de la línea ecuatorial: Sudamérica (Brasil, Colombia), Centroamérica (Guatemala, Costa Rica), África (Etiopía, Kenia, Tanzania) y el Sudeste Asiático (Vietnam, Indonesia). El largo viaje del café comienza en las plantaciones, donde los agricultores a veces viajan a altitudes de más de 2500 metros para obtener las mejores cerezas. Una vez que se llenan los sacos, los agricultores descienden a las plantas de procesamiento, donde el café se procesa y se envía.

Los granos de café se transportan antes del proceso de tostado, como el café verde. Su tendencia a absorber humedad requiere el almacenamiento en bolsas, generalmente hechas de fibras naturales (yute), que permiten la circulación del aire; las bolsas selladas podrían favorecer la condensación y dañar el producto. El transporte abarca largas distancias y suele realizarse por mar, llegando a las instalaciones de almacenamiento donde puede conservarse durante largos periodos antes de ser tostado y consumido. Durante este periodo, el café sufre numerosos cambios que pueden afectar su calidad.

Las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la exposición, son factores críticos que influyen en la composición química y física de los granos. El café verde es un producto vivo que continúa experimentando cambios químicos incluso después de la cosecha. El contenido de humedad de los granos, la temperatura interna de las bolsas y las fluctuaciones de temperatura que experimenta el café verde durante el transporte y el almacenamiento pueden acelerar o ralentizar estos procesos, lo que resulta en fermentaciones indeseadas o pérdida de frescura.

Este problema es bien conocido por quienes trabajan en el sector, pero nunca ha sido investigado en profundidad desde un punto de vista científico y químico.

Este estudio busca analizar las características químicas de tres variedades de café, comparándolas antes y después de un breve período de almacenamiento. Para evitar alteraciones atribuibles a las condiciones de transporte, las muestras se envasaron al vacío y se enviaron rápidamente por vía aérea. Un conocimiento más profundo de la dinámica química que ocurre durante la fase de almacenamiento del café verde podría contribuir al desarrollo de soluciones más efectivas, garantizando una mayor calidad del producto final. Esto tendría importantes implicaciones para toda la cadena de suministro, con importantes repercusiones económicas, cualitativas y ambientales.

La **Asociación Nacional del Café (ANACAFE)** Guatemalteco junto con **CDR srl** y la **Accademia del Caffè Espresso** Analizó químicamente una producción de cafés *Bourbon* , *Pacamara* y *Maracaturra* , fermentados con diferentes métodos, con el fin de investigar con más profundidad las características de estas dos variedades.

El estudio

Se seleccionaron tres variedades para este estudio: *Bourbon* , *Pacamara* y *Maracaturra* .

Cada uno fue tratado según un protocolo estándar definido por ANACAFE con 3 métodos diferentes (limpieza mecánica, lavado y natural) y posteriormente secado hasta alcanzar una humedad entre 9 y 12%.

Todos los análisis se realizaron utilizando **CDR CoffeeLab®** una herramienta para analizar el perfil químico del café en las distintas etapas de su producción. El analizador permite determinar la acidez total, diversos ácidos orgánicos, azúcares, cafeína y ácidos clorogénicos.

Finalmente, el café fue seleccionado y degustado en el laboratorio de catación de Anacafé.

El mismo lote se envió a la Academia de Café Espresso en Italia: aproximadamente 1 kg de cada tipo de café se envió en bolsas de plástico selladas. El café se volvió a tostar y catar según el protocolo de cata de la SCA, y se analizó de nuevo con CDR CoffeeLab®.

Vale la pena señalar que el café enviado a Italia para este estudio sufrió menos estrés que el café que se envía comúnmente por barco.

Café verde

La primera fase del estudio implicó la selección de tres variedades diferentes de café, que luego fueron fermentadas utilizando tres métodos diferentes y analizadas.

El primer método es el *natural* o seco, uno de los más antiguos y tradicionales. Las drupas se extienden al sol en bancales elevados, conocidos como "bancos africanos", con la piel, la pulpa, el pergamino y las semillas intactas. Las cerezas comienzan con una humedad inicial del 60 al 65 %, que desciende al 12 % tras una ventilación y un movimiento constantes durante unos 25 a 30 días. Este proceso debe mantenerse de forma constante para evitar la fermentación excesiva de la pulpa y la conversión de azúcares en ácidos.

El segundo método es el *lavado*, uno de los más comunes para procesar *café de especialidad*. Tras retirar la pulpa exterior, las drupas, aún cubiertas de mucílago, se sumergen en tanques de agua. Allí tiene lugar la fermentación, que dura entre 12 y 72 horas, y se separan las cerezas perfectamente maduras de las inmaduras o defectuosas que quedan en la superficie.

El último método es la *limpieza mecánica* o desmucilaginoso: en lugar de usar agua para desmucilaginoso, se utiliza una desmucilagadora mecánica. La máquina extrae la pulpa mediante fricción y pequeños chorros de agua a presión.

El café verde se analizó en el laboratorio de Anacafé con el CDR CoffeeLab® antes de su envío a Italia. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el análisis:

		Ácido cítrico (g/kg)	Ácido málico (g/kg)	Ácido láctico (g/Kg)	Ácido acético (g/Kg)	TTA (g/Kg de ácido cítrico*)	Azúcares (g/Kg)
Maracaturra	Natural	7,7	3,8	0,19	0,55	7,7	100,9
	Lavado	10,2	6,0	< 0,15	0,62	6,7	89,5
	No fermentado	8,6	4,8	< 0,15	0,55	6,2	92,6
Borbón	Natural	7,0	4,4	0,29	0,72	8,3	111,4
	Lavado	10,0	3,2	< 0,15	0,60	6,9	83,3
	No fermentado	8,8	3,2	< 0,15	0,69	6,9	84,9
Pacamara	Natural	10,4	3,7	0,17	0,75	7,9	97,8
	Lavado	7,7	5,4	< 0,15	0,62	10,6	79,9
	No fermentado	9,5	6,1	0,24	0,69	6,4	86,7

*TTA: Acidez total titulable expresada en g/Kg de ácido cítrico

Tabla 1 Perfil químico de tres variedades de café (Maracaturra , Bourbon, Pacamara) antes del envío

Durante el análisis, fue posible comparar muestras procesadas de forma natural o mediante lavado con una muestra, denominada « **No Fermentada** », obtenida mediante la eliminación mecánica del mucílago. Esta última representa el café no modificado mediante ningún proceso y puede identificarse como el punto de partida antes de la fermentación.

Observando los valores obtenidos del análisis de los dos cafés sin fermentar, se puede afirmar que *el Bourbon fue inicialmente más ácido que los cafés Pacamara y Maracaturra*, pero también que los procesos de elaboración modifican fuertemente la acidez medida en los diferentes cafés.

El procesamiento natural en particular parece ser el que aporta el mayor aumento de acidez, aunque en el caso de Pacamara En el lavado se observa la acidez medida más alta.

La sesión de análisis realizada en Italia arrojó resultados bastante diferentes, como se puede ver en la **Tabla 2**:

		Ácido cítrico (g/kg)	Ácido málico (g/kg)	Ácido láctico (g/Kg)	Ácido acético (g/Kg)	TTA (g/Kg de ácido cítrico*)	Azúcares (g/Kg)	Ácidos clorogénicos (%)	Cafeína (%)
Maracaturra	N	7,7	5,4	0,22	0,60	6,6	90,3	4	1,4
	L	11	5,5	< 0,15	0,58	5,5	101,1	5,5	1,4
	NoF	9,4	5,3	< 0,15	0,56	5,4	100,6	5,4	1,4
Borbón	N	7,6	4,6	0,19	0,62	7,6	87,8	4,6	1,4
	L	10,9	4,2	< 0,15	0,65	5,8	84	4,4	1,3
	NoF	8,8	4,5	< 0,15	0,53	5,2	82,1	4,2	1,3
Pacamara	N	8,6	5,5	0,18	0,71	6,8	96,5	4,3	1,4
	L	10,3	5,5	< 0,15	0,63	5,6	96,9	4,5	1,4
	NoF	8,7	4,9	0,24	0,70	5,1	92,6	4,4	1,4

*TTA: Acidez total titulable expresada en g/Kg de ácido cítrico

Tabla 2 Perfil químico de tres variedades de café (Maracaturra , Bourbon, Pacamara) antes del envío

El contenido de ácido acético y láctico se mantuvo prácticamente constante, a diferencia de los contenidos de ácido málico y cítrico, azúcar y acidez total, que variaron en muchas muestras. Estos valores pusieron de manifiesto un problema ya conocido en la industria: el café verde es un producto extremadamente variable, susceptible a las condiciones de almacenamiento y propenso a fluctuaciones incluso en condiciones óptimas.

Azúcares y acidez como indicadores de calidad

Entre las características que hacen única a una taza de café se encuentra, sin duda, la acidez, que, correctamente equilibrada, es un indicador importante de calidad. Igualmente importante es determinar la concentración de azúcar, cuya lectura inicial está directamente relacionada con la calidad del café.

El siguiente paso en el procesamiento del café verde es el tostado, en el cual los granos se someten a un gradiente de temperatura durante diferentes períodos de tiempo, según perfiles específicos.

La reacción de Maillard es la vía principal para la producción de aroma durante el proceso de tostado, y los azúcares, junto con los aminoácidos, son los precursores más importantes de la reacción.

El mayor contenido de azúcar (principalmente sacarosa, glucosa y fructosa) aumenta los niveles de pirazinas, furanos, cetonas y compuestos heterocíclicos nitrogenados tras el tostado. Estos compuestos contribuyen a los aromas florales, frutales y a caramelo tostado.

Por lo tanto, mediante el análisis de los distintos pasos del proceso, es apropiado caracterizar tanto los perfiles de acidez como de azúcar en el café verde para obtener indicadores confiables de la calidad del café.

Si bien la cata revela el potencial expresivo y aromático del café, la medición de los parámetros químicos certifica su estabilidad e integridad biológica. Integrar estas dos prácticas implica pasar de una evaluación subjetiva a un sistema integral de control de calidad.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de la cata junto con la cantidad de azúcares medidas en el café verde y la acidez desarrollada por el café después del tostado.

	Fermentación	Puntuación de catación Anacafé	Azúcares *acidez antes del transporte	Puntuación de catación Academia de café	Azúcares *acidez después del transporte
Maracaturra	Natural	86,6	1810	78,7	1427
	Lavado	86,5	1597	83,2	1769
	No fermentado	87,4	2143	83,6	1720
Borbón	Natural	82,5	1599	79,6	1190
	Lavado	85,4	1454	82,4	1428
	No fermentado	85,5	1528	82,8	1281
Pacamara	Natural	87,1	1828	80,6	1467
	Lavado	78,8	1410	83,0	1512
	No fermentado	85,5	1426	81,8	1296

Tabla 3 los resultados de cata con el factor de multiplicación obtenido de azúcares en café verde y acidez en café tostado

Los **valores de azúcar** medidos en cada muestra de café verde se multiplicaron por el valor de acidez medido en la muestra tostada, con el fin de tomar en cuenta ambas variables y los valores así obtenidos se compararon con los resultados obtenidos en catación.

Los cafés con mejor rendimiento en ambas catas también presentaron la mayor relación acidez/azúcar, lo que confirma la importante influencia de estos parámetros en la calidad final del café. Estos resultados también

explican las marcadas diferencias en las puntuaciones entre ambas catas, lo que demuestra que el café experimentó cambios significativos entre la primera cata en Guatemala y la segunda en Italia.

El asado:

El perfil químico continúa evolucionando durante la fase de tostado, como se muestra en la siguiente tabla. Los datos muestran los análisis realizados en muestras post-transporte, comparando los cambios que experimentó el producto tras el proceso térmico.

		Ácido cítrico (g/kg)	Ácido málico (g/kg)	Ácido láctico (g/Kg)	Ácido acético (g/Kg)	TTA (g/Kg de ácido cítrico*)	Azúcares (g/Kg)	Ácidos clorogénicos (%)	Cafeína (%)
Maracaturra	N	6,1	3,6	0,6	6,8	15,8	< 1	0,7	1,4
	L	8,5	3,4	0,5	6,5	17,5	< 1	1,5	1,4
	NoF	5,2	4,1	0,7	6,4	17,1	2,9	1,8	1,4
Borbón	N	5,7	3,3	0,5	6,0	13,6	1,4	1,2	1,2
	L	4,6	3,3	0,5	6,4	17,0	< 1	2,2	1,3
	NoF	7,1	3,4	0,5	6,4	15,6	< 1	2,2	1,3
Pacamara	N	6,2	3,1	0,6	6,7	15,2	1,5	1,3	1,4
	L	6,4	3,5	0,5	6,7	15,6	1,8	0,9	1,4
	NoF	7,1	3,1	0,6	6,3	14,0	< 1	0,7	1,4

Durante el tueste del café, la acidez total aumenta significativamente, lo que influye significativamente en el sabor final de la bebida. Entre los ácidos más importantes se encuentran: Los **ácidos clorogénicos**, muy abundantes en las judías verdes, se degradan con el calor, dando lugar a compuestos fenólicos responsables de las notas amargas y astringentes, especialmente en los tuestes oscuros. El **ácido cítrico**, responsable de una acidez brillante y cítrica, suele resistir mejor el tueste, pero disminuye progresivamente con el aumento del tiempo y la temperatura. El **ácido málico**, que proporciona una sensación ácida muy agradable (toques de manzana verde), parece menos sensible al tueste y se degrada con menos rapidez. Durante el tueste, también se forman ácidos como el **ácido láctico** (en cantidades muy pequeñas) y **ácido acético**.

El ácido acético se forma durante el proceso de elaboración y tostado y puede proporcionar un sabor agradable y ácido, y complejidad al café. Concentraciones demasiado altas imparten un sabor intenso y un olor a fermentación, lo que crea un defecto. Una supervisión cuidadosa durante el procesamiento puede prevenir la aparición de defectos similares en el producto final.

Los valores de ácido acético registrados en las muestras de café verde son muy bajos y demuestran el correcto manejo del producto durante el procesamiento. Sin embargo, los valores medidos en el café tostado son...

Se obtuvieron resultados similares, y ninguna muestra presentó niveles elevados de ácido acético. Durante la fase de tueste, el tostador debe controlar el desarrollo de ácido acético y equilibrarlo según la curva de tueste ideal para cada café, maximizando así las notas aromáticas positivas. Este resultado se confirmó mediante cata, que no reveló defectos relacionados con el exceso de ácido acético.

La determinación de azúcar mostró valores extremadamente bajos en línea con lo esperado: el tostado de hecho destruye el contenido de azúcar luego de la reacción de Maillard, que desarrolla los aromas típicos.

Es interesante observar cómo el contenido de **cafeína** se mantuvo inalterado tanto durante el proceso de tostado como de fermentación: las concentraciones detectadas fueron muy similares para las tres variedades, ligeramente inferiores para el *Bourbon*.

Conclusiones

El estudio destacó cómo la calidad del café verde puede experimentar cambios significativos durante el almacenamiento y el transporte, incluso en condiciones controladas como las elegidas para este estudio. Los análisis químicos realizados antes y después del envío mostraron variaciones significativas en la cantidad de azúcares, ácidos orgánicos y acidez total, parámetros estrechamente relacionados con la calidad del producto final.

En particular, el contenido de azúcar y la acidez contribuyen significativamente a la puntuación sensorial obtenida durante la cata, lo que confirma su importancia en la evaluación general del producto. Las diferencias observadas entre las catas realizadas inicialmente y las realizadas después del transporte demuestran que el café enviado al consumidor final puede presentar características químicas y sensoriales muy diferentes a las de los productos recién procesados.

Este estudio inicial demostró la importancia crucial de monitorear y optimizar cada etapa de la cadena de suministro del café, desde la poscosecha hasta el transporte y el tostado, para preservar la calidad del producto y garantizar una experiencia sensorial consistente y de alta calidad. Un enfoque más científico y medible para estos pasos podría representar una oportunidad significativa para toda la industria del café, tanto desde una perspectiva cualitativa como económica y ambiental.

Enlaces útiles:

- [Asociación Nacional del Café \(ANACAFE\)](#)
- [Academia de café expreso](#)
- [CDR CoffeeLab®](#)
- [Determinación de azúcares](#)
- [Determinación de ácido cítrico](#)
- [Determinación de ácido málico](#)
- [Determinación del ácido láctico](#)
- [Determinación de ácido acético](#)
- [Determinación ácidos clorogénicos](#)