

# Determinación del pH y tiempo de fermentación teniendo en cuenta la temperatura ambiental durante el beneficio de café de variedad castillo

Determination of the pH and fermentation time taking into account the environmental temperature during the processing of Castillo variety coffee

Vásquez Salazar, Brayhan Mateo<sup>1</sup>, Rueda Monroy, Carlos Alberto<sup>1</sup>, Bello Ramírez, Luis Alejandro<sup>2</sup>

Fundación Universitaria de San Gil – Unisangil

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Ingeniería Agrícola  
San Gil, Colombia

brayhanvasquez@unisangil.edu.co

carlosrueda@unisangil.edu.co

lbello1@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2022

Fecha de aceptación: 10 de marzo de 2022

**Resumen** — La demanda de café de alta calidad ha aumentado en los últimos tiempos, lo que ha llevado a la implementación de prácticas de monitoreo de fermentación que permitan obtener un producto con características organolépticas agradables y con un valor agregado. En el presente artículo se busca identificar la relación existente entre las variables pH y tiempo de fermentación, ante cambios de temperatura ambiental y su influencia en el proceso de monitoreo fermentación de café variedad Castillo, cultivado en la finca Villa Michelsy del municipio de Curití (Santander). Se tomaron como referencia seis lotes de tres territorios de diferente edad de cultivo (3, 5 y 7 años), se sometieron a proceso de beneficio húmedo con fermentación aeróbica en sistema sólido-discontinuo y se analizaron sensorialmente a través de un proceso de catación. La fermentación se interrumpió cuando las muestras alcanzaron un valor de pH entre 3,7 y 4,1, según lo indicado en la literatura para obtener cafés con excelentes características organolépticas; sin embargo, algunos lotes se dejaron por fuera de este rango, de manera intencional, para analizar el comportamiento. Los resultados obtenidos indican que, las muestras fermentadas presentan perfiles de taza asociados a fragancias, aromas y sabores herbales, cítricos, frutos rojos y caramelo, lo cual le da un valor agregado al café y hace que los tiempos de fermentación no influyen negativamente en los perfiles del café obtenido, siempre y cuando el proceso se detenga cuando el pH se encuentre en el rango óptimo, o por encima de este; sin embargo, pueden influir factores ajenos al proceso.

**Palabras clave** — Café, fermentación de café, pH, tiempo de fermentación, temperatura.

**Abstract** — The demand for high-quality coffee has increased in recent times, which has led to the implementation of controlled fermentation practices that allow obtaining a product with pleasant organoleptic characteristics and added value. This project seeks to identify the relationship between the variables pH and fermentation time, in the face of changes in environmental temperature and their influence on the controlled fermentation process of Castillo variety coffee, grown on the Villa Michelsy farm in the municipality of Curití (Santander). For this, six batches from three territories of different cultivation age were taken as reference, they were subjected to a wet beneficiation process with aerobic fermentation in solid-discontinuous system and were sensory analyzed through a cupping process. Fermentation was interrupted when the samples reached a pH value between 3.7 and 4.1, as indicated in the literature, to obtain coffees with excellent organoleptic characteristics; however, some batches were intentionally left outside this range for performance analysis. The results obtained indicate that the fermented samples present cup profiles associated with fragrances, aromas and herbal, citrus, red fruit and caramel flavors, which gives added value to the coffee and that the fermentation times do not negatively influence the results. Profiles of the coffee obtained, as long as the process is stopped when the pH is in the optimal range, or above it; however, factors outside the process may influence.

**Keywords** — Coffee, coffee fermentation, pH, fermentation time, temperature.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrícola, Unisangil.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrícola especialista en ingeniería de alimentos. Docente cátedra programa Ingeniería Agrícola, Unisangil.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café es una práctica realizada de manera común en el departamento de Santander, territorio que cuenta con una cantidad considerable de hectáreas sembradas y de la cual depende gran cantidad de familias para recibir su sustento económico [1].

En la provincia de Guanentá del departamento, algunas empresas con microlotes han decidido adoptar nuevas técnicas en el proceso de beneficio de café, buscando obtener productos con calidad superior y generar un valor agregado en el mismo. Para obtener cafés con buenas características, principalmente en el perfil de taza, es necesario realizar una serie de procedimientos controlados en la fase de beneficio, sobre todo teniendo en cuenta su fermentación, la cual es decisiva en las propiedades organolépticas del producto final, pero también en la conservación de las mismas [2].

Para lograr buenos resultados a partir de dicho proceso, es de suma importancia tener un control adecuado de factores como el tiempo de fermentación y pH y la relación que guardan entre sí, teniendo en cuenta la variable temperatura. Es aquí donde se identifica la problemática, ya que los caficultores no están llevando a cabo estos procesos de manera correcta, lo cual arroja productos de mala calidad y posibles pérdidas económicas [3].

Con base en el desarrollo del proyecto, se propone identificar la relación existente entre los parámetros de pH y tiempo de fermentación, ante cambios de temperatura ambiental en el proceso de beneficio de café de la finca Villa Michelsy (municipio de Curití, Santander), comparar los resultados teniendo en cuenta el rango óptimo de pH expuesto en la literatura y evaluar la calidad organoléptica de las muestras de café por medio de catación bajo condiciones de monitoreo.

### A. Composición física del fruto del café

La cereza de café está conformada, desde afuera hacia adentro, por pulpa, mucílago, pergamino, piel plateada y semilla, respectivamente (ver Figura 1).

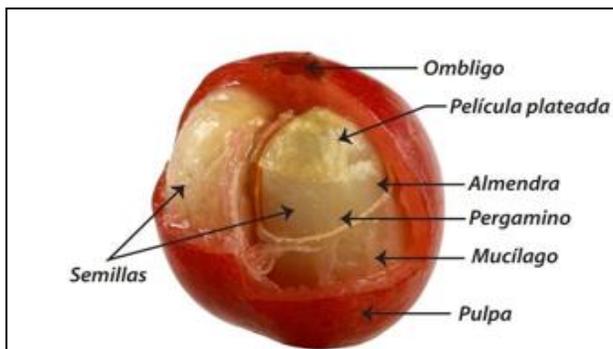


Fig. 1 Composición del fruto de café [4].

La capa externa que hace referencia a la piel de la cereza del café recibe el nombre de exocarpio, la cual es de color verde hasta que llega al punto de maduración; en este momento adopta un color rojo, amarillo o naranja, según la variedad de la planta. Dentro de la piel de la cereza de café, hay una capa delgada llamada mesocarpio, la cual también se conoce como pulpa. El mucílago es la capa viscosa e interna de la pulpa y debajo de este hay una capa de pectina; estas capas contienen gran cantidad de azúcares, los cuales influyen mucho en el proceso de fermentación. Finalmente se encuentran las semillas denominadas endospermo, por lo general son dos y cada una de ellas está recubierta por una capa conocida como película plateada y una cascarilla llamada endocarpio, la cual también es denominada “pergamino” [5].

*Beneficio del café.* El beneficio es el proceso de poscosecha, por medio del cual se transforman los frutos de café en cereza a café pergamino de alta calidad, con una humedad que puede ir desde el 10 hasta el 12%. Al alcanzar este valor de humedad, el café conserva sus propiedades intrínsecas y se convierte en un producto apto para ser comercializado [6].

*Beneficio húmedo.* Este proceso se ha implementado tradicionalmente en Colombia y busca separar la pulpa y el mucílago de las semillas, para lo cual, se requieren las siguientes etapas: selección de los frutos, despulpado, remoción del mucílago mecánicamente o por fermentación, lavado y, finalmente, secado (de forma mecánica o con exposición solar) [6]. El beneficio húmedo requiere del uso de agua durante la selección, despulpado, lavado y transporte de los frutos.

*Fermentación del café.* La fermentación es un proceso bioquímico que sucede cuando las enzimas producidas por las bacterias y levaduras que se encuentran en el mucílago de café, fermentan y degradan sus azúcares, lípidos, proteínas y ácidos y son transformados en alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas.

### B. Factores de la fermentación del café

*Sustrato.* En el proceso de fermentación del café, el sustrato corresponde al café en baba, o granos de café recubiertos por mucílago que se fermenta, los cuales son obtenidos después de la etapa de despulpado.

*Tiempo.* Según Puerta y Echeverry “El tiempo de fermentación es la variable que el caficultor puede fijar dentro de un rango, para diferenciar la calidad de su café, de esta manera puede decidir según el sistema de fermentación, las características a acentuar en su café y darle valor agregado al producto” [3].

*Temperatura.* Este factor es de gran influencia en la fermentación de café, ya que afecta las velocidades de degradación del mucílago y el valor de pH (acidez).

*pH.* El pH es una medida que indica el nivel de acidez o alcalinidad de una solución en una escala que varía desde 0 y 14. Cuando una solución presenta un pH menor a 7 se dice que esta es ácida, si su pH es mayor a 7 se dice que es básica y si su pH es de 7, esta será clasificada como solución neutra [7].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La realización del proyecto se llevó a cabo en la finca Villa Michelsy del municipio de Curití (Santander). La investigación fue de tipo correlacional, ya que se buscó evaluar la relación de dos variables que, en este caso, fueron el pH y el tiempo de fermentación, teniendo en cuenta la temperatura ambiental, por lo cual se llevó a cabo la medición de estos parámetros, empleando pH-metro y cronómetro, que determinaron las características organolépticas del producto final puesto que la acidez del mucílago a una temperatura ambiental y tiempos monitoreados, permiten que los microorganismos trabajen en el proceso de fermentación.

### A. Fase I: Inspección de la zona y revisión de literatura

Se realizó una visita a la planta de beneficio de café de la finca Villa Michelsy, ubicada a 2000 m.s.n.m. durante la cosecha del año 2020 (Figura 2), con el propósito de identificar los procesos que se realizan cotidianamente en dicho lugar, junto con los instrumentos y equipos involucrados; así mismo, se hizo el registro de los datos relacionados a materia prima e insumos y el tiempo de fermentación implementado. Por otra parte, se hizo una revisión bibliográfica y se tuvo en cuenta lo estipulado y recomendado por la Federación Nacional de Cafeteros y por la normativa colombiana para el desarrollo de los procedimientos y las buenas prácticas durante el procesamiento del café.



Fig. 2 Inspección de la zona: etapa de cultivo y cosecha.

### B. Fase II: procesamiento del café

*Preparación del sustrato.* El proceso se llevó a cabo con los frutos de café recolectados que se encontraban en estado óptimo de madurez durante la época de cosecha, en las especificaciones de la Tabla 1; para ello, fue necesaria la ayuda del refractómetro el cual arroja el porcentaje de azúcar en función de °Brix; de este modo, se trabajó con los frutos que presentaron de 18 a 20 °Brix por cada uno de los territorios.

TABLA 1. ESPECIFICACIONES DE RECOLECCIÓN DE CADA LOTE DE CAFÉ

Edad	Lote	Fecha de recolección	Masa café en cereza (kg)	°Brix promedio
Café 3 años	L3A	7 de diciembre de 2020	12,5	19,33
	L3B	7 de diciembre de 2020	12,5	
Café 5 años	L5A	21 de diciembre de 2020	12,5	19,67
	L5B	21 de diciembre de 2020	12,5	
Café 7 años	L7A	4 de enero de 2021	12,5	19,00
	L7B	4 de enero de 2021	12,5	

En seguida, se hizo una selección y limpieza de los frutos de forma manual para retirar los dañados o sobremaduros y cualquier suciedad presente; finalmente, se despulparon y se obtuvieron los granos de café en baba o café recubierto con mucílago, que corresponde al sustrato del proceso.

*Monitoreo de proceso de fermentación.* El sustrato de cada lote fue depositado en tanques separados a temperatura ambiente, en donde fueron supervisados de manera constante con un pH-metro (Figura 3). La fermentación se interrumpió cuando el valor del pH se encontró dentro del rango óptimo de 3.7- 4.1 [8].



Fig. 3 Instrumento de medición de pH.

*Obtención del café pergamino seco - CPS.* Al detener el proceso de fermentación, el café se llevó a un recipiente más grande, al cual se le agregó agua en repetidas ocasiones y se revolvió con la mano para retirar el mucílago. Posteriormente se efectuó la etapa de secado tradicional en patio, para cada muestra; este método fue el apropiado para la cantidad moderada de café que se utilizó. La etapa de secado se interrumpió cuando los granos de café alcanzaron una humedad del 10 al 12%, según lo indicado por la literatura.

### C. Fase III. Catación del producto final

Las muestras de café pergamino seco CPS, fueron entregadas a la empresa “Kafé Loma Verde”, en donde se trillaron, tostaron y se realizó el análisis sensorial para dar el perfil de cada taza y así definir las características organolépticas. Es importante resaltar que dicha empresa cuenta con personal capacitado en el tema.

## III. RESULTADOS

### A. Calidad de la materia prima

La etapa de limpieza y selección de frutos de forma manual, permitió retirar el total de 2,884 kilogramos de frutos que no estaban en su punto óptimo de madurez, por lo cual, la masa de cada lote disminuyó en los porcentajes que se presentan en la Tabla 2. Estos valores permitieron determinar la calidad de la materia prima en función de frutos óptimos vs. frutos sobremaduros para cada lote. Es posible observar que el lote con mayor porcentaje de frutos defectuosos fue L7A, con un 4,176%, seguido de L7B con 4,096%; en masa de frutos óptimos, el territorio cinco presentó el mejor comportamiento, pues, tanto L5A como L5B, tuvieron los menores porcentajes de defectos.

La presencia de frutos defectuosos se debe a los métodos manuales de recolección, sin embargo, todos los casos se encuentran dentro de los estándares estipulados por la Federación Nacional de Cafeteros [3], lo que permite determinar que la etapa de cosecha (recolección) fue óptima en todos los casos.

TABLA 2. CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

Lote	Masa café en cereza (kg)	Masa frutos óptimos (kg)	Masa frutos defectuosos (kg)	% Frutos defectuosos
L3A	12,500	11,997	0,503	4,024%
L3B	12,500	11,989	0,511	4,088%
L5A	12,500	12,061	0,439	3,512%
L5B	12,500	12,103	0,397	3,176%
L7A	12,500	11,978	0,522	4,176%
L7B	12,500	11,988	0,512	4,096%
Total	75,000	72,116	2,884	3,845%

### B. Monitoreo de proceso de fermentación

Se realizó el proceso de fermentación y como era de esperarse, cada lote tardó un tiempo diferente, lo cual pudo estar influido por las condiciones ambientales de las horas del día en las que se hicieron las mediciones. En la Tabla 3 se registran los valores alcanzados por cada lote, al finalizar el

proceso. Es importante mencionar que, L3A fue el único lote que no alcanzó el rango de pH comprendido entre 3,7 y 4,1, debido a que al transcurrir 33 horas de fermentación se detuvo intencionalmente el proceso, con el fin de observar el comportamiento organoléptico final del perfil de taza del café, aun cuando no alcanzó el rango óptimo sugerido en la literatura.

TABLA 3. VARIABLES FINALES ALCANZADAS POR CADA LOTE

Lote	Hora final del proceso	Tiempo total (horas)	pH final (unidades de pH)	Temperatura ambiental final (°C)
L3A	4:00 p.m.	33,00	4,45	21
L3B	7:30 a.m.	48,50	4,07	14
L5A	10:30 a.m.	28,00	3,93	26
L5B	8:15 a.m.	25,75	3,80	22
L7A	7:00 a.m.	48,00	4,08	16
L7B	7:30 a.m.	99,50	3,81	16

### C. Comportamiento del pH

El pH disminuyó en todos los casos a medida que transcurrieron las horas, lo cual indica que hubo una mayor acidez con el paso del tiempo, como es de esperarse en los procesos de fermentación por la degradación de los lípidos presentes en el mucílago; sin embargo, se observa una particularidad en el comportamiento de tiempo y pH del territorio 5 años: se esperaba que entre más horas tardara la fermentación, el pH iba a ser menor, pero en este caso, L5A se dejó fermentar 2,25 horas de más comparado con L5B y su pH final fue mayor. En las otras muestras ocurrió lo contrario. Al comparar las dos muestras del mismo territorio, las cuales fueron recolectadas el mismo día y a la misma hora, se observa que en todos los casos actuaron de manera diferente. De entrada, el pH inicial cambió; esto quiere decir que, sin importar que al principio era una sola muestra por cada territorio y que se despulpó al mismo tiempo, al ser separadas en cada recipiente, el comportamiento empezó a variar un poco, pues los procesos fueron independientes (Figura 4).

### D. Comportamiento del tiempo

L5B y L5A fueron los lotes que más rápidamente alcanzaron el rango óptimo de pH, con valores de 3,8 y 3,93 a las 25,75 y 28 horas del proceso, respectivamente, lo que era de esperarse, pues los frutos de café del territorio 5 presentaron el mayor contenido de azúcares (19,67 °Brix), con respecto a los demás territorios, por lo que el estado de madurez aceleró el proceso de fermentación. Por otra parte, el proceso de fermentación de L7B fue el más demorado, ya que tardó 78,25 horas en alcanzar el valor de pH que se encontraba dentro del rango, pero se detuvo intencionalmente cuando habían transcurrido 99,5 horas con un valor de pH de

3,81 (cercano al de L5B), con el fin de observar el resultado final de las características organolépticas en la catación de estos lotes con valores de pH similares, pese a que las diferencias en los tiempos finales fueron realmente significativas.

Se estima que los valores de tiempo final, presentaron variabilidad en cada uno de los procesos, debido al contenido de azúcar, en función de grados Brix, de cada fruto que conformó cada lote, incluso en los casos de los lotes pertenecientes al mismo territorio; esto, teniendo en cuenta que el estado de maduración de los frutos influye significativamente en las velocidades de degradación en procesos de fermentación, y pese a que se realizó la medición de grados Brix y los resultados arrojaron que se encontraban en el rango ideal, se trató de un dato promedio, el cual se obtuvo a través de valores por muestreo, por lo cual, es posible que se presentaran diferencias en el contenido de

azúcares y/o algunos frutos del mismo lote, fuera del rango, y con esto, la alteración en los tiempos de fermentación. Así mismo, en las horas de la tarde, cuando la temperatura aumentó significativamente, las velocidades de degradación también aumentaron, reflejando un aumento de la acidez de las muestras y con ello la disminución del pH.

*E. Comportamiento de la temperatura*

El mucílago de café se fermenta de forma natural en condiciones ambiente, debido a su composición microbiana y química. En este sentido, cuando la temperatura ambiental cambió considerablemente, en algunas ocasiones los valores de pH bajaron con gran rapidez, pero en otras, lo hicieron de manera moderada, lo cual indica que los factores externos afectaron lo antes dicho y, en general, el proceso de fermentación.

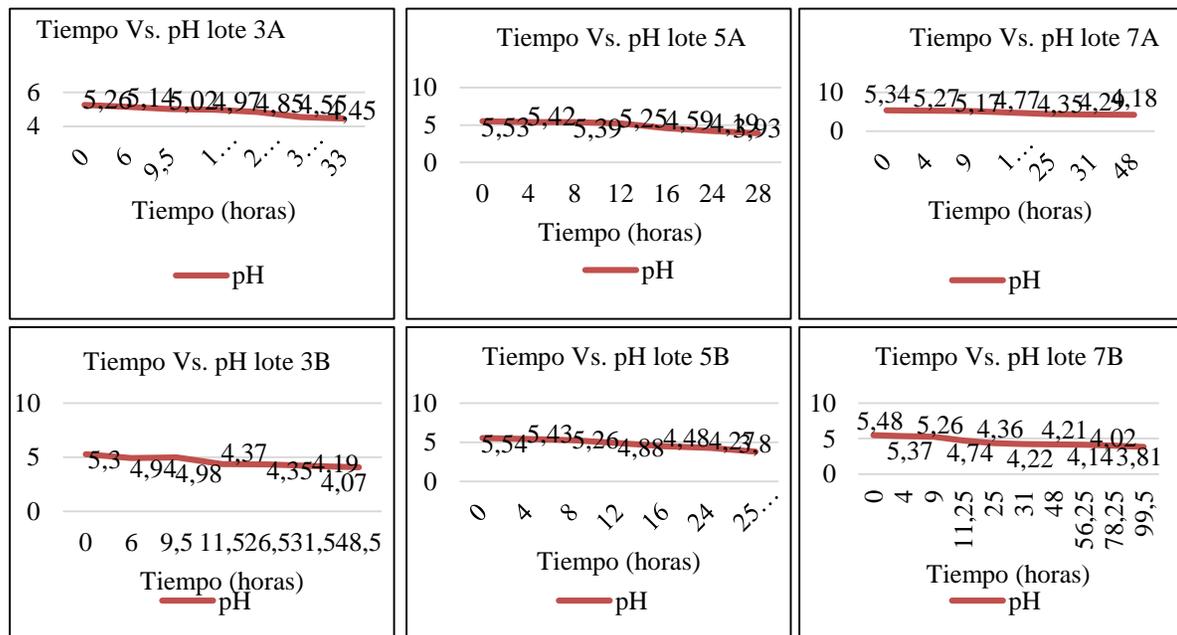


Fig. 4 Comportamiento del PH con el paso del tiempo, para cada lote.

*F. Obtención del café pergamino seco – CPS*

*Humedad del CPS.* El proceso se detuvo cuando el café alcanzó un rango de humedad entre 10 y 12% (Tabla 4).

TABLA 4. PORCENTAJE DE HUMEDAD ALCANZADO POR CADA MUESTRA EN LA ETAPA DE SECADO

Lote	% Humedad	Tiempo de secado (h)
L3A	10,9	70,0
L3B	10,6	78,0
L5A	10,8	75,0
L5B	11,2	70,0
L7A	10,9	78,0
L7B	10,7	80,0

Por lo general, los procesos de secado en patios tardan entre 7 y 15 días, según la temperatura del lugar y las lluvias [9], sin embargo, en este caso los tiempos de secado oscilaron en todos los casos entre las 70 y 80 horas debido a que se trabajó con pequeñas masas y el tiempo que tardó cada muestra en alcanzar el porcentaje óptimo de humedad, fue un parámetro dependiente de las condiciones ambientales durante el proceso.

### G. Catación del producto final

Las fichas técnicas emitidas por Kafé Loma Verde indicaron que las muestras presentaron una taza limpia, excepto L3B, en la que se encontró un sabor avinagrado; esta característica es un defecto común en el café y ocurre cuando pasan granos sin despulpar, hay presencia de pulpa adherida al pergamino, o hay algún tipo de contaminación en el proceso. De manera general, se identificaron fragancias y aromas herbales, cítricos, frutos rojos y caramelo, como producto del proceso de fermentación, lo cual le da un valor agregado al café obtenido (Ver tabla 5).

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

Edad	Lote	pH	Tiempo de fermentación (horas)	Defectos	Perfil de taza
3 años	L3A	4,45	33,0	No presenta/taza limpia	Fragancias y aromas herbales y cítricos. Sabor a frutos rojos, caramelo, panela y frutos tropicales.
3 años	L3B	4,07	48,5	Defecto a vinagre	Fragancias y aromas herbales. Sabor a caramelo, panela y limonaria.
5 años	L5A	3,93	28	No presenta/taza limpia	Fragancias y aromas herbales y cítricos. Sabor a frutos rojos, caramelo, panela y notas dulces.
5 años	L5B	3,80	25,75	No presenta/taza limpia	Fragancias y aromas herbales y cítricos. Sabor a manzana verde y notas dulces.
7 años	L7A	4,18	48,0	No presenta/taza limpia	Fragancias y aromas frutales y cítricos. Sabor a durazno y notas dulces.
7 años	L7B	3,81	99,5	No presenta/taza limpia	Fragancias y aromas a anís y frutales. Sabor a ciruelas y almendras. Notas dulces.

### III. CONCLUSIONES

El pH del mucilago del café, bajó a medida que pasó el tiempo y aumentó su fermentación. En algunas ocasiones, cuando la temperatura ambiental descendió considerablemente, los valores del pH se alteraron con gran intensidad, pero en otros casos se registró un cambio moderado, indicando que aparentemente esto ocurrió por factores externos.

Se presentó gran variabilidad en los tiempos de fermentación, los cuales oscilaron entre las 25,75 y las 99,5 horas, por lo cual se concluye que se trató de un parámetro directamente dependiente de los cambios en la temperatura ambiental a lo largo del proceso, y del contenido de azúcares, en función de grados Brix, de cada uno de los frutos que conformaron los lotes procesados, incluso en los casos de las muestras pertenecientes al mismo territorio de cultivo.

El análisis sensorial de las muestras fermentadas, permitió determinar que L3B fue el único lote en presentar un perfil de taza con defecto vinagre, pese a que alcanzó un pH óptimo

de 4,07 a las 48,5 horas del proceso, lo cual permite concluir que el hecho de alcanzar el rango óptimo de acidez, no brinda certeza de que se obtendrá un café con características organolépticas ideales, y que esto se ve influido, además, por otros factores relacionados a las etapas de cosecha, selección y despulpado de los frutos.

Los resultados del proceso de catación de las cinco muestras restantes (L3A, L5A, L5B, L7A, L7B), permiten determinar que los tiempos de fermentación no influyen negativamente en los perfiles del café obtenido, siempre y cuando el proceso se detenga cuando el pH se encuentre en el rango óptimo, o por encima de este, como fue el caso de L3A, que aunque no alcanzó un pH entre 3,7 y 4,1, presentó características organolépticas asociadas a aromas y sabores favorables, al igual que las demás muestras, sin importar la gran variabilidad en los tiempos del proceso.

El café sometido a procesos de fermentación con monitoreo de variables como tiempo y pH, teniendo en cuenta la temperatura ambiental, presenta perfiles de taza asociados a fragancias, aromas y sabores herbales, cítricos, frutos rojos y caramelo, lo cual podría representar un índice de valor agregado en la cadena productiva y comercial de café.

### REFERENCIAS

- [1] *Guía ambiental para el sector cafetero*, Federación Nacional de Cafeteros. Bogotá D.C. Cundinamarca – Colombia, 2002.
- [2] Arcos Ávila, C. A. & Riaño Luna, C. E. “Efecto de la fermentación aerobia del grano de café orgánico, en el desarrollo de características sensoriales de la bebida en el Municipio de Pitalito”. Tesis Especialización en Proceso de Alimentos y Biomateriales, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá, Colombia. Nov. 2017.
- [3] Puerta Quintero, G. I. & Echeverry Molina, J. G. “Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad”. *Avances Técnicos. Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana, Cenicafé*. Vol. 454, pp. 1-12, abr. 2015.
- [4] Ramos Giraldo, P. J.; Sanz Uribe, J. R. & Oliveros Tascón, C. E. Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real, a través de la medición de color. *Cenicafé*, 2010.
- [5] Boletín Perfect daily grind. (2019) Anatomía de la cereza de café: ¿Qué es un grano de café? [Online]. Available: <https://Perfectdailygrind.Com/Es/2019/03/06/Anatomia-de-La-Cereza-de-Cafe-Que-Es-Un-Grano-de-Cafe/>
- [6] Rodríguez Valencia, N.; Sanz Uribe, J. R.; Oliveros Tascón, C. E. & Ramírez Gómez, C. A. Beneficio del Café en Colombia. *Prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá D.C. Cundinamarca – Colombia, 2015.
- [7] Goyenola, G. Determinación del pH. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras, Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos Red MAPSA. Jun. 2007.
- [8] Puerta Quintero, G. I. *Factores, procesos y controles de la fermentación de café*. *Ciencia, Tecnología e Innovación para la Caficultura Colombiana*, 12. Federación Nacional de Cafeteros. Bogotá D.C. Cundinamarca – Colombia, 2012.
- [9] *Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana, Cenicafé*. Cartilla 21. Beneficio del café II: Secado del café pergamino. 2018.