

DOI:10.18684/BSAA(14)75-83

CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS TRADICIONALES DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

CHARACTERIZATION OF THE TRADITIONAL COFFEE FERMENTATION PROCESSES IN NARIÑO

CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS TRADICIONAIS DE FERMENTAÇÃO DO CAFÉ DE NARIÑO

NANCY MARLENY CÓRDOBA-CASTRO¹, JESÚS ESTEBAN GUERRERO-FAJARDO²

RESUMEN

Se determinó el efecto que ejercen los procesos tradicionales de fermentación de café sobre la calidad sensorial del grano en las variedades Caturra y Castillo cultivadas en siete (7) municipios del departamento de Nariño, los cuales se clasificaron en dos clúster agroclimáticos (clúster A ≤ 1650 y B = 1651–2100 m.s.n.m.). Se realizó un seguimiento de las variables: temperatura, pH, concentración de ácido láctico y glucosa cada tres horas de proceso. Las muestras fueron evaluadas en su calidad sensorial final. El tiempo de fermentación promedio fue de $18,75 \pm 3,2$ horas para Caturra y $18,94 \pm 3,4$ horas para Castillo. El pH disminuyó durante la fermentación, desde $5,5 \pm 0,35$ y $5,6 \pm 0,26$ hasta $4,4 \pm 0,34$ y $4,4 \pm 0,5$ para Caturra y Castillo, respectivamente. La temperatura ambiental se ubicó en un rango de $19,1$ a $21,1^{\circ}\text{C}$ (clúster A) y $17,9$ a $20,1^{\circ}\text{C}$ (clúster B). La concentración de ácido láctico incrementó después de doce (12) horas de proceso, alcanzando $6278,08$ mg/L y $4435,6$ mg/L para Caturra y Castillo, respectivamente. La concentración de glucosa disminuyó con el tiempo desde $7089,1$ y 7025 mg/L hasta $2158,56$ y 2766 mg/L para Caturra y Castillo respectivamente. No se evidenciaron diferencias significativas en la calidad final de las muestras de café analizadas.

Recibido para evaluación: 29 de Enero de 2016. **Aprobado para publicación:** 19 de Abril de 2016.

1 Universidad Mariana, Grupo de investigación GIIDOP. Ingeniera Agroindustrial, MSc. Diseño y Gestión de Procesos. Pasto, Colombia.

2 Catholic Relief Services-CRS. Ingeniero de Procesos. Pasto, Colombia

Correspondencia: nancycordobacastro@gmail.com

ABSTRACT

The effect performed by traditional fermentation on the sensory coffee quality in Caturra and Castillo varieties was determined. These varieties grown in seven (7) municipalities of Nariño, which were classified into two agroclimatic cluster (cluster A \leq 1650 m.a.s.l. and cluster B = 1651-2100 m.a.s.l.). Temperature, pH, concentration of lactic acid and glucose were monitored every three hours. The samples were evaluated in final sensory quality. The average fermentation time was $18,75 \pm 3,2$ and $18,94 \pm 3,4$ hours for Caturra and Castillo, respectively. The pH decreased during fermentation from $5,5 \pm 0,35$ and $5,6 \pm 0,26$ to $4,4 \pm 0,34$ and $4,4 \pm 0,5$ for Caturra and Castillo, respectively. The environmental temperature was located in a range from $19,1$ to $21,1^\circ\text{C}$ (cluster A) and from $17,9$ to $20,1^\circ\text{C}$ (cluster B). The lactic acid concentration increased after twelve (12) hours of process, reaching $6278,08$ mg/L and $4435,6$ mg/L for Caturra and Castillo, respectively. The glucose concentration decreased with time since $7089,1$ and 7025 mg/L to $2158,56$ and 2766 mg/L for Caturra and Castillo respectively. No significant differences in the final coffee quality were found.

RESUMO

O efeito exercido por processos de fermentação tradicionais sobre a qualidade sensorial de variedades de café Caturra e Castillo é determinado. Estas variedades são cultivadas em 7 (sete) municípios de Nariño, que foram classificados em dois clusters agroclimático (cluster A \leq 1650 m.a.n.m. e B = 1651-2100 m.a.n.m.). Ele foi monitorizado de três em três horas, à temperatura, pH, concentração de ácido láctico e de glicose. As amostras foram avaliadas em termos de qualidade sensorial final. O tempo médio de fermentação foi de $18,75 \pm 3,2$ e $18,94$ horas $\pm 3,4$ horas para Castillo. O pH durante a fermentação diminuiu de $5,5 \pm 0,35$ para $4,4 \pm 0,34$ e $5,6 \pm 0,26$ para $4,4 \pm 0,5$ para Caturra e Castillo, respectivamente. A temperatura ambiente está localizado no intervalo de $19,1-21,1^\circ\text{C}$ (cluster A) e de $17,9-20,1^\circ\text{C}$ (cluster B). A concentração de ácido láctico aumentou depois de doze (12) horas de processo, alcançando $6278,08$ mg/L e $4435,6$ mg/L para Caturra e Castillo, respectivamente. A concentração de glicose diminuiu com o tempo desde $7089,1$ e 7025 mg/L para $2158,56$ e 2766 mg/L para Caturra e Castillo respectivamente. Não houve diferença significativa na qualidade final das amostras de café analisadas.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Nariño, basa su economía en la agricultura y la ganadería. El 40% de sus municipios se dedican al procesamiento del café, actividad económica de gran significancia para el departamento. El café de esta región cuenta con denominación de origen, certificación atribuida principalmente a las condiciones particulares del perfil de taza caracterizada por su alta acidez, cuerpo medio, suave y de aroma muy pronunciado [1].

En el mercado del café, la calidad del grano (relacionada con el aroma, sabor, cuerpo y acidez) y su consistencia, son los factores más decisivos

PALABRAS CLAVE:

Mucilago de café, Fermentación, Proceso de beneficio de café, Ácido láctico, pH, Calidad sensorial del café, Glucosa.

KEYWORDS:

Coffee mucilage, Fermentation, Coffee process, Lactic acid, pH, Coffee quality, Glucose.

TERMOS DE INDEXAÇÃO:

Mucilagem de café, Fermentação, Processo de beneficiamento café, Ácido láctico, pH, Qualidade final do café, Glucose.

para los clientes en el momento de la compra. Pero no siempre se garantiza una homogeneidad en su calidad, entre otras razones, por las actuales prácticas de beneficio no estandarizadas. Esta situación, deriva muchas veces en lotes de baja calidad, eleva los costos de producción y disminuye el margen de utilidad, puesto que no se conserva la calidad original del café cereza, impidiendo garantizar una compra perdurable en el tiempo por parte de las empresas dedicadas a la transformación y/o comercialización del café [2].

En el proceso de beneficio de café, la fermentación, puede ser considerada como una de las etapas determinantes sobre la calidad del grano. En esta etapa, ocurren varias reacciones bioquímicas; básicamente, las levaduras y las bacterias presentes en el mucílago mediante sus enzimas naturales oxidan parcialmente los azúcares, producen energía (ATP) y otras sustancias como alcoholes, ácidos, aldehídos, cetonas, ésteres y dióxido de carbono [3]. Debido a esto, se generan cambios en el color, olor, densidad, acidez, pH, actividad de agua, y en la composición química del grano, los cuales se consideran como factores relevantes en la calidad final, y están directamente relacionados con el tiempo de duración de la etapa fermentativa [4].

Los pequeños caficultores de Nariño, siguen actualmente un proceso tradicional inconsistente para determinar el tiempo en el cual se ha completado la fermentación, basado en el tacto/sensación y en el sonido de sus granos. Por lo tanto, si se sobrepasa el tiempo de fermentación, no se controlan los factores que afectan al proceso y no se conocen los cambios que ocurren en este proceso, se pueden generar defectos en la calidad, como el grano manchado y vinagre, y los sabores agrio y fermento en la bebida [3].

Existen estudios realizados durante la fermentación del café, en los cuales se ha evaluado diferentes variables como el pH, la concentración de ácido láctico, de ácido málico y de azúcares reductores como la glucosa y la fructosa, que pueden determinar el comportamiento y el punto final de este proceso [5]. Sin embargo, las investigaciones realizadas en el procesamiento de café se han enfocado en los procesos que se llevan a cabo en otras regiones del país y no se han tenido en cuenta las características propias de la caficultura nariñense, y por ende, se pueden evidenciar en la región procesos de producción diversos, no caracterizados, y conocimiento insuficiente de las variables de proceso de beneficio de café y sus efectos sobre la calidad del

producto final, lo cual genera como resultado que el caficultor no pueda acceder a mejoras dentro de su proceso productivo orientado a una mayor competitividad y participación estable en mercados de café especializados [1,6].

Dado lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto que ejercen los procesos tradicionales de fermentación de café en siete (7) municipios del departamento de Nariño, sobre la calidad sensorial del grano en las variedades Caturra y Castillo.

MÉTODO

Selección de la muestra de estudio

Para realizar el seguimiento de los procesos tradicionales de fermentación, se identificaron 17 fincas en las cuales se cultivan las dos variedades de café de estudio (Caturra y Castillo), en estado productivo. Dado que, en la producción de café, además de la variedad, existen factores claves que pueden afectar la calidad de la bebida, dentro de las que se incluyen la altitud, radiación solar, temperatura y precipitación [1,7,8], la muestra se clasificó en dos grupos teniendo en cuenta el clúster agroclimático, el cual está relacionado con la elevación sobre el nivel del mar, así: menores a 1650 msnm (clúster A) y de 1651 a 2100 msnm (clúster B). El estudio se llevó a cabo en el periodo de cosecha de café en el departamento (abril – agosto), en los años 2014 y 2015.

Seguimiento de las variables del proceso de fermentación de café

En cada una de las fincas analizadas, se tomaron 30 Kg de café cereza por cada variedad analizada. Los lotes de café se fermentaron en tanques plásticos por separado según la variedad. Se utilizaron las condiciones de tipo y tiempo de fermentación (seco o sumergido) dadas por el caficultor las cuales están relacionadas con su proceso tradicional. Durante el tiempo de fermentación se realizaron mediciones directas cada tres (3) horas de las variables: pH, ácido láctico y glucosa, utilizando tiras de ensayo y reflectómetro Reflectoquant® (Merck) [5]. Asimismo, se efectuó un seguimiento de las variables temperatura interna de la masa de café, temperatura ambiental y humedad relativa para los días de la ejecución de las pruebas, por métodos directos.

Análisis de las propiedades sensoriales del café

Las muestras fueron preparadas de acuerdo con la metodología establecida por la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA, por sus siglas en inglés) [9], teniendo en cuenta los protocolos de tostado medio, porcentaje de café/agua y molido. Para esto, se realizaron dos eventos centralizados, en los cuales, catadores expertos caracterizaron cada una de las muestras por duplicado. El enfoque del doble panel fue diseñado para determinar diferencias en la calidad de taza entre las dos variedades.

Análisis estadísticos

Para los análisis estadísticos en el proceso de fermentación se ubicaron como factores las variedades de café: Caturra y Castillo y el clúster agroclimático al cual pertenecen las fincas de la muestra. Se evaluaron las variables de respuesta temperatura, pH, ácido láctico, glucosa y tiempo de fermentación. Las variables de respuesta y los factores (variedad - clúster) se correlacionaron con las propiedades sensoriales del café. Se utilizaron análisis descriptivos, análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%, utilizando como herramienta el software SPSS Statistics versión 19.

RESULTADOS

Comportamiento del tiempo en los procesos de fermentación

El tiempo de fermentación promedio fue de $18,75 \pm 3,2$ y $18,94 \pm 3,4$ horas para Caturra y Castillo, respectivamente. A través del análisis de varianza ($p < 0,05$) se determinó que no existen diferencias significativas en los tiempos de fermentación ($p = 0,93$), entre las dos variedades de café evaluadas. Sin embargo, el análisis de varianza permitió identificar que el clúster ejerce un efecto significativo ($p = 0,0187$) sobre el tiempo de fermentación.

El tiempo de fermentación fue establecido por los productores de acuerdo a su experiencia, estos no fueron modificados con el fin de evaluar las prácticas tradicionales que se llevan a cabo en las fincas evaluadas, como objetivo de la presente investigación. Una vez cumplido este periodo, el café fue lavado y llevado a la siguiente etapa del proceso de beneficio, que es el secado.

La diferencia en los tiempos de fermentación fue dada principalmente por el clúster, el cual ejerce un efecto significativo ($p = 0,0187$) sobre el tiempo de fermentación, de esta manera se evidencia la influencia de las diferentes condiciones agroclimáticas de los clúster donde se ubican las fincas, sobre los tiempos que se establecen para la finalización de la fermentación en las fincas evaluadas. Indicando de esta manera que el tiempo de fermentación es una variable que está relacionada, más con la ubicación de la finca que con la variedad de café.

Al respecto, Puerta-Quintero, (2013) [10], establece que el tiempo de fermentación es un parámetro que debe ser fijado para cada finca como un aspecto importante para obtener café de calidad y evitar problemas como la sobre fermentación que afecta las propiedades sensoriales. Según Peñuela-Martínez, (2010) [11], el tiempo de fermentación puede oscilar entre 15 y 24, con un promedio de 16,4 horas, el cual depende de la temperatura del lugar, la altura de la masa del café en el tanque de fermentación, tipo y calidad del agua, cantidad de mucílago en el grano, grado de madurez del café, entre otros, relaciones que concuerdan con los obtenidos en la presente investigación.

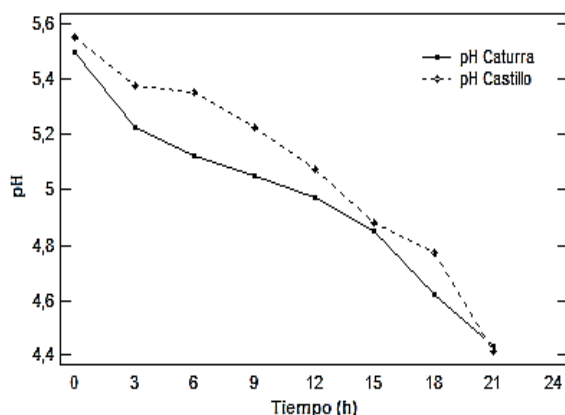
Comportamiento del pH en los procesos de fermentación

El pH inicial de las muestras de café en baba antes de la fermentación puede catalogarse como ácido, puesto que se ubicó en un rango de 5,2 a 6,7 para las dos variedades. Según el análisis de varianza, no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas, ni por clúster ($p = 0,3401$) ni por variedad ($p = 0,8424$). Sin embargo; los valores promedio iniciales correspondientes a $5,5 \pm 0,35$ para caturra y $5,6 \pm 0,26$ para castillo.

El pH promedio final de fermentación, en el cual se detuvo el proceso fue de $4,4 \pm 0,34$ para Caturra y $4,4 \pm 0,5$ para Castillo. El pH tuvo un comportamiento decreciente en el tiempo, durante el periodo de fermentación. Estos perfiles fueron evidenciados en todas las fincas, para las dos variedades evaluadas en las dos cosechas (figura 1).

Asimismo, se pudo establecer con un nivel de confianza del 95% que existen diferencias significativas en el pH final de fermentación para los clúster evaluados y que existe una interacción significativa entre el clúster y la variedad ($p = 0,0077$).

Figura 1. Comportamiento del pH en el tiempo.



Los valores promedio de pH iniciales correspondientes para las dos variedades ($5,5 \pm 0,35$ para caturra y $5,6 \pm 0,26$ para castillo), concuerdan con lo establecido por Puerta-Quintero, (2013) [10], quien afirma que el pH inicial de café, puede ubicarse en un promedio de 5,2 para cafés seleccionados solo por zaranda, mientras que en frutos seleccionados más rigurosamente puede llegar hasta 5,6; destacando que estos valores también dependen del estado de madurez, del tiempo entre la recolección y el despulpa y de la manipulación de los frutos.

La tendencia descendente del pH durante el proceso de fermentación, se debe a un aumento de la acidez de la masa, que coincide con la producción de ácidos a partir de los azúcares y del rompimiento de las pectinas presentes en el mucílago de café [12]. Jackels y Jackels (2005) [5], afirman que un pH final de 4,6 puede ser un valor óptimo utilizado como indicador para finalizar el proceso de fermentación en el tiempo adecuado sin generar problemas de sobrefermentación del grano.

Comportamiento de la temperatura en los procesos de fermentación

La temperatura en la fermentación fue monitoreada a nivel externo (temperatura ambiental) e interno, esta última medida en la masa de café. Se evidenció, con un 95% de confianza, que no existen diferencias significativas ($p=0,08$) entre las temperaturas ambientales de los dos clúster agroclimáticos, ubicándose en un promedio de $20,14^{\circ}\text{C}$ para el clúster A y de $18,97^{\circ}\text{C}$ para el clúster B. Durante la fermentación del grano se evidenció un incremento en la temperatura de la masa del café en las fincas evaluadas, con valores mínimos

de $23,0$ y $21,5^{\circ}\text{C}$ y máximos de $25,8$ y $23,8$ para los clúster A y B respectivamente.

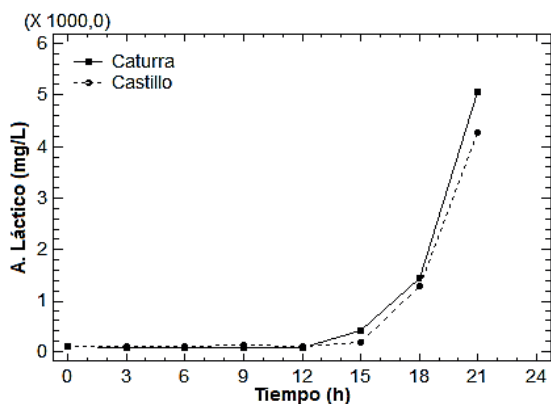
Si bien, no hay diferencia estadística en la temperatura ambiental, la variación en éste parámetro puede llegar a afectar el proceso, por lo cual, debe ser monitoreada constantemente. El incremento de la temperatura interna de la masa de café durante los procesos de fermentación se debe a que éste se comporta como un proceso exotérmico, en el que se libera energía desde las primeras horas, dadas las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo, para la producción de alcoholes y ácidos [13].

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que las condiciones de temperatura tanto externa como interna, son importantes dentro del proceso, puesto que mantienen la viabilidad de los microorganismos y enzimas que actúan dentro de la fermentación [11]. La microflora presente en estos procesos fermentativos, está principalmente representada por microorganismos mesófilos, los cuales crecen a valores de temperatura por encima de los 15°C [12,13,14].

Comportamiento del ácido láctico en los procesos de fermentación

El ácido láctico es generado como un metabolito asociado al crecimiento bacteriano durante la fermentación. En la figura 2, se presenta el comportamiento del ácido láctico durante el tiempo de fermentación en la muestra estudiada. De manera general, se evidenció un incremento de la concentración de ácido láctico después de las doce (12) horas de proceso. De acuerdo a los datos encontrados en la presente investigación, se determinó que no existen diferencias significativas en la concentración inicial de ácido láctico tanto para los clúster como para las variedades analizadas ($p>0,05$). Sin embargo, se evidenciaron diferencias significativas con respecto a la concentración de ácido láctico al final del proceso ($p=0,0177$) en las muestras de diferentes clúster.

De los ácidos que se pueden generar en la fermentación del café, el ácido láctico, junto con otros ácidos, es el responsable de la disminución del pH a medida que transcurre el tiempo de proceso [5]. En la presente investigación se evidenció un incremento de la concentración de ácido láctico después de las doce (12) horas de proceso, lo cual podría estar determinado por el tiempo que necesitan las bacterias para adaptarse al medio y activar las rutas metabólicas que conduzcan a la generación de metabolitos [10].

Figura 2. Comportamiento del ácido láctico durante la fermentación.

Asimismo, se determinó que no existen diferencias significativas en la concentración inicial de ácido láctico tanto para los clúster como para las variedades analizadas ($p > 0,05$). Esto puede atribuirse a la presencia de ácido láctico como elemento constitutivo del grano, el cual no ha sufrido procesos fermentativos en el fruto mientras permanece en la planta. Tal como lo reporta Puerta-Quintero y Ríos-Arias (2011) [15], el mucílago sin fermentar está compuesto por sustancias ácidas, donde se incluye los ácidos volátiles como el acético, otros ácidos como el málico, láctico, cítrico, succínico y otros compuestos.

Mientras que las diferencias significativas con respecto a la concentración de ácido láctico al final del proceso ($p = 0,0177$) en las muestras de diferentes clúster, se puede atribuir a la relación de la posición espacial de la finca y sus condiciones agroclimáticas propias, que generan un efecto sobre los procesos metabólicos de producción de ácido láctico que se presentan en la fermentación, haciendo que este metabolito incremente a medida que transcurre el proceso. Estudios realizados por Jackels y Jackels (2005) [5], Puerta-Quintero (2013) [10], Puerta-Quintero y Ríos-Arias (2011) [15], Lee *et al.*, (2015) [16], afirman que los cambios de acidez en el mucílago de café presentan un crecimiento exponencial en las primeras horas de fermentación, generándose variaciones significativas durante el proceso, las cuales dependen de muchos factores como los métodos de procesamiento, los factores ambientales, procesos de cosecha y almacenamiento del grano antes de someterse al proceso de fermentación [16,17].

Comportamiento de glucosa en los procesos de fermentación

Se encontró un decrecimiento en las concentraciones de glucosa en los lotes de café analizados (ver figura 3), con valores máximos al inicio de la fermentación de 7089,1 y 7025 mg/L y valores mínimos al final de 2158,56 y 2766 mg/L para caturra y castillo respectivamente. Los análisis estadísticos permitieron establecer que no existen diferencias significativas en cuanto a las concentraciones de glucosa al inicio y al final de la fermentación, tanto para el clúster como para la variedad ($p > 0,05$).

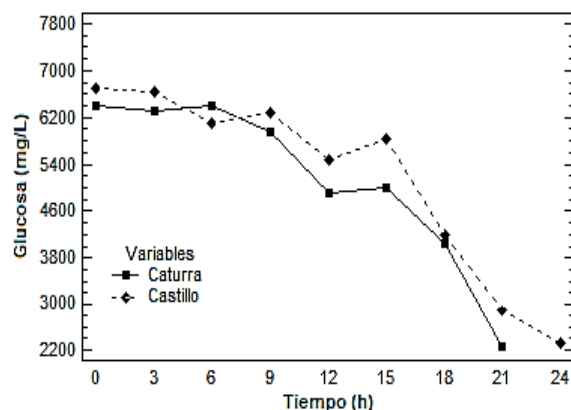
El mucílago de *Coffea arabica L.*, está compuesto por 85% a 89% de agua, 8% a 10% de carbohidratos en su mayoría sustancias pécticas y azúcares [15]. Las bacterias que intervienen en la degradación del mucílago durante la fermentación del café primero metabolizan los azúcares simples y luego las sustancias pécticas [14]. En los procesos de fermentación evaluados se evidenció un comportamiento decreciente de la glucosa. Lo anterior se debe a que ésta biomolécula es una de las fuentes de sustrato que consumen los microorganismos presentes en la degradación del mucílago del café [5]. Según Avallone *et al.*, (2001), citado por Melo-Pereira *et al.*, (2015) [14] y Rivas, (2006) [18], el decrecimiento significativo (60%) de los azúcares totales simples presentes en el mucílago de café (glucosa, fructosa y sucrosa) se debe a que éstos son las principales fuentes de carbono para que los microorganismos realicen sus procesos metabólicos.

Calidad sensorial de las muestras de café

La puntuación final de taza se calculó teniendo en cuenta el protocolo SCAA (2014) [9], el cual está dado por la suma de las puntuaciones individuales para cada uno de los atributos sensoriales primarios.

Según la variedad, diez (10) muestras de Caturra y trece (13) de Castillo se ubicaron en el rango de calidad total de 80-84,99 correspondiente a un café de "Calidad muy buena". Tres (3) muestras de Caturra frente a una (1) de Castillo fueron evaluadas en el rango de "Excelente". Estas muestras entraron en el grupo catalogado como "Cafés especiales". Sólo una (1) muestra correspondiente a Caturra presentó un puntaje menor a 80, clasificando en el grupo de los "No especiales". En el clúster A, el 50% de las muestras evaluadas se ubicó en el rango de 80-84,99 (muy buena), el 33% entre

Figura 3. Comportamiento de la glucosa durante la fermentación.



85-89,99 (excelente) y el 17% en el rango menor a 80 (por debajo de la calidad especial). Mientras que en el clúster B, el 91% de las muestras se ubicó en el rango de calidad muy buena (80-84,99) y solo un 9% se ubicó en un rango de calidad excelente (85-89,99). No se evidenciaron diferencias significativas en cuanto al puntaje de taza por clúster ni por variedad (ver cuadro 1).

Los datos encontrados en esta investigación reflejan que los procesos de fermentación realizados por los productores generan cafés de calidad, los cuales clasifican, en su mayoría, dentro del grupo de cafés especiales. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados que permitan mejorar el proceso y conseguir mejores puntajes (90-100) y atributos sensoriales.

Lo anterior concuerda con lo encontrado en estudios preliminares realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), World Coffee Research (WCR), Kansas State University (KSU), Catholic Relief Services (CRS) y catadores de algunas organizacio-

nes internacionales líderes en café, en los cuales se encontró que no existen diferencias significativas respecto a los puntajes de taza obtenidos entre variedades de café; siendo 82,34 y 81,43 los puntajes totales para caturra y castillo, respectivamente [1,19].

Sin embargo, aunque las dos variedades tienen puntajes similares, los investigadores establecen que las muestras presentaron diferentes perfiles sensoriales, puesto que la variedad castillo exhibió mayor intensidad que la variedad caturra en diez (10) atributos, pero la variedad caturra presentó mayor intensidad en tres (3) atributos de los 36 evaluados [19].

Parámetros críticos de control en los procesos de fermentación de café

Si bien, se ha evaluado el comportamiento de las variables analizadas durante la fermentación del café, es importante determinar cuáles son los parámetros críticos de control que permitan identificar el momento en el cual debe interrumpirse la etapa de fermentación, puesto que en diferentes investigaciones como las realizadas por Peñuela-Martínez (2010) [11] y Puerta-Quintero (2013) [10], se afirma que un proceso de fermentación de café no controlado puede generar defectos en taza que dan sabor a vinagre, fermento, piña o vino, cebolla, rancio o stinker, dependiendo del tiempo que el café pase sin lavar. El defecto sobrefermentado está asociado a prácticas inadecuadas como fermentaciones prolongadas y mezclas de café con diferentes tiempos de proceso, entre otras.

Dado lo anterior, los análisis de los resultados generados en la presente investigación permiten establecer que la fermentación de café es un proceso el cual se caracteriza por la generación de metabolitos (ácido

Cuadro 1. Resultados de la investigación

Ítem	Variedad		Clúster	
	Caturra	Castillo	AB	
Tiempo (h)	18,5±2,85	18,9±3,31	16,0±1,55*	19,3±2,99
pH inicial	5,5±0,35	5,6±0,26	5,5±0,19	5,4±0,22
pH final	4,4±0,34	4,4±0,49	3,8±0,40*	4,5±0,30
A. láctico inicial (mg/L)	112,4±4,25	100,8±4,91	158,6±8,32	142,8±5,26
A. láctico final (mg/L)	5049,8±60,02	4266,4±40,48	890,6±38,25*	4241,1±51,91
Glucosa inicial (mg/L)	5822,4±68,74	6028,3±75,56	6174,1±44,59	5917,0±68,56
Glucosa final (mg/L)	3624,4±27,11	4012,0±58,32	3866,5±72,01	3665,57±48,61
Puntaje taza	82,5±2,73	82,5±1,56	82,4±3,32	82,6±1,87

*Diferencias significativas al 95% de confianza

láctico) y consumo de sustrato (glucosa) a través del tiempo, generando una modificación en el pH de la masa de café. De la misma manera, el cambio en el pH puede establecerse como un indicador del proceso de fermentación, asociado a la evolución del mismo, y por lo tanto, puede convertirse en una herramienta para el control del tiempo adecuado de fermentación del café, sin generarse problemas en la bebida, asociadas a este proceso [5].

Por otra parte, en estudios realizados por Velmourougan (2013) [20], se estima que el punto final de la fermentación puede ser determinado por el decrecimiento del pH de la masa de café desde 5,5 a 4,0. Por lo tanto, un control apropiado de los parámetros de fermentación, como son los rangos de temperatura, humedad y condiciones de proceso, y además, un punto final de fermentación apropiado, determinado por el pH, puede impactar positivamente en las cualidades sensoriales de la bebida [21].

CONCLUSIONES

El tiempo de fermentación promedio fue de $18,75 \pm 3,2$ y $18,94 \pm 3,4$ horas para Caturra y Castilla, respectivamente. Esta variable se ve afectada por la ubicación de la finca (clúster), y no por la variedad de café.

El pH final de fermentación fue de $4,4 \pm 0,34$ para Caturra y $4,4 \pm 0,5$ para Castillo. Se evidenció una disminución del pH durante el periodo de fermentación en todas las fincas, para las dos variedades evaluadas. El pH puede convertirse en una herramienta predictiva para determinar el tiempo real donde el proceso de fermentación debe ser finalizado.

No se encontraron diferencias significativas respecto a los puntajes de taza obtenidos entre variedades de café y clúster. Los datos encontrados en esta investigación reflejan que los procesos de fermentación realizados por los productores generan cafés de calidad, los cuales clasifican, en su mayoría, dentro del grupo de cafés especiales.

Con el fin de continuar con el desarrollo de herramientas que permitan el control del tiempo de fermentación de manera adecuada, es importante nuevas investigaciones que permitan la evaluación de fermentaciones controladas utilizando dispositivos que monitoreen los parámetros clave durante el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de Investigación GIIDOP, del Programa de Ingeniería de Procesos de la Universidad Mariana, y a la agencia internacional humanitaria Catholic Relief Services (CRS) por la financiación de la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] RODRÍGUEZ-CAMAYO, F., LUNDY, M., SHERIDAN, M., EITZINGER, A., GONZÁLES C., MONTENEGRO, A. and RAMÍREZ-VILLEGAS, J. Using scientific evidence to link private and public sectors in the planning process: Observations from Coffee engagement in Nariño, Colombia. *CIAT Policy Brief*, 1(23), 2015, p. 1-8.
- [2] COLOMBIA. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Línea base: Internal report, Borderlands Coffee Project. Palmira (Colombia): 2014, 18 p.
- [3] PUERTA-QUINTERO, G. Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Revista Cenicafe*, 1(422), 2012, p. 1-12.
- [4] KOSKEI, K., PATRICK, M. and SIMON, M. Effects of coffee processing technologies on physicochemical properties and sensory qualities of coffee. *African Journal of Food Science*, 9(4), 2015, p. 230-236.
- [5] JACKELS, S. and JACKELS, C. Characterization of the coffee mucilage fermentation process using chemical indicators: A field study in Nicaragua. *Food and Toxicology Chemistry*, 70(5), 2005, p. 321-325.
- [6] RODRÍGUEZ-CAMAYO, F., SCHUIT, P. y LUNDY, M. Análisis participativo de la cadena de café en Nariño, Colombia. *Food Policy*, 36(1), 2013, 58 p.
- [7] VELLEMA, W., BURITICA-CASANOVA, A., GONZALEZ, C. and D'HAESE, M. The effect of specialty coffee certification on household livelihood strategies and specialisation. *Food Policy*, 57(C), 2015, p. 13-25.
- [8] COLOMBIA. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Evaluación del cambio climático en café y cultivos asociados para principales regiones cafeteras de Nariño. Palmira (Colombia): 2015, 30 p.
- [9] SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Cupping Protocols [online]. 2015. Disponible: <http://www.scaa.org/?page=resources&d=cupping-protocols> [citado 21 de octubre de 2015].

- [10] PUERTA-QUINTERO, G. Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. *Revista Cenicafé*, 64(1), 2013, p. 65-71.
- [11] PEÑUELA-MARTÍNEZ, A. Estudio de la remoción del mucílago de café a través de fermentación natural [Tesis Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente]. Manizales (Colombia): Universidad de Manizales, Facultad de Ingeniería, 2010, 82 p.
- [12] CORREA, E., JIMÉNEZ-ARIZA, T., DÍAZ-BARCOS, V., BARREIRO, P., DIEZMA, B., OTEROS, R. and RUIZ-ALTISENT, M. Advanced characterization of a coffee fermenting tank by multi-distributed Wireless sensors: Spatial interpolation and phase space graphs. *Food and Bioprocess Technology*, 7(11), 2014, p. 3166-3174.
- [13] FERREIRA, G., NOVAES, Q., MALTA, M. and SOUZA, S. Quality of coffee produced in the South-West Region of Bahia, Brazil subjected to different forms of processing and drying. *African Journal of Agricultural Research*, 8(20), 2013, p. 2334-2339.
- [14] MELO-PEREIRA, G., NETO, E., SOCCOL, V., MEDEIROS, A., WOICIECHOWSKI, A. and SOCCOL, C. Conducting starter culture-controlled fermentations of coffee beans during on-farm wet processing: Growth, metabolic analyses and sensorial effects. *Food Research International*, 75(1), 2015, p. 348-356.
- [15] PUERTA-QUINTERO, G. y RÍOS-ARIAS, S. Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Revista Cenicafé*, 62(2), 2011, p. 23-40.
- [16] LEE, L., CHEONG, M., CURRAN, P., YU, B. and LIU, S. Coffee fermentation and flavor: An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*, 185(1), 2015, p. 182-191.
- [17] SILVA, C., VILELA, D., SOUZA-CORDEIRO, C., DUARTE, W., DIAS, D. and SCHWAN, R. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(2), 2013, p. 235-247.
- [18] RIVAS, R. Determinación y cuantificación mediante HPLC de los ácidos carboxílicos del mucílago de *Coffea arabica* a diferentes pH durante la fermentación [Tesis de Pregrado en Ingeniería de Calidad Ambiental]. Managua (Nicaragua): Universidad Centroamericana, Facultad de Ingeniería, 2006, 255 p.
- [19] CATHOLIC RELIEF SERVICES. The Blog: More Precision on Castillo and Caturra [online]. 2015. Disponible: <http://coffeelands.crs.org/2015/04/more-precision-on-castillo-v-caturra/> [citado 13 de septiembre de 2015].
- [20] VELMOURUGANE, K. Impact of natural fermentation on physicochemical, microbiological and cup quality characteristics of Arabica and Robusta coffee. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B. Biological Sciences*, 83(2), 2013, p. 233-239.
- [21] LIN, C. Approach of improving coffee industry in Taiwan: Promote quality of coffee bean by fermentation. *Journal of International Management Studies*, 5(1), 2010, p. 154-159.