



La doble fermentación en la mejora de la calidad sensorial del café (*Coffea arabica*)

Double fermentation in the improvement of the sensory quality of coffee (*Coffea arabica*)

Wuelber Joel Torres Suarez; Antonio Otárola Gamarra; Fortunato Candelario Ponce-Rosas; Silvia María Murillo-Baca*; Hugo Rómulo Buendía-Ponce; José Hernán Rodríguez Huatay; Marisol Carmen Zambrano Díaz

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ciudad Universitaria, Calle Daniel Alomáis Robles s/n, Chanchamayo, Junín, Perú.

* Autor corresponsal: smurillo@undac.edu.pe (S. M. Murillo-Baca).

ID ORCID de los autores

W. J. Torres Suarez: <http://orcid.org/0000-0002-8023-1890>

F. Candelario Ponce-Rosas: <http://orcid.org/0000-0003-0579-7226>

H. R. Buendía-Ponce: <http://orcid.org/0000-0002-5289-5200>

M. C. Zambrano Díaz: <http://orcid.org/0000-0002-0293-1939>

A. Otárola Gamarra: <http://orcid.org/0000-0003-3714-4027>

S. M. Murillo-Baca: <http://orcid.org/0000-0003-2403-2157>

J. H. Rodríguez Huatay: <http://orcid.org/0000-0002-9120-0037>

RESUMEN

Incrementar el puntaje en taza es crucial en la calidad del café, que puede lograrse modificando la fermentación. Se evaluó el efecto de la doble fermentación del café (*Coffea arabica*) en la calidad del grano. Los cerezos variedad Catucaí despulpados fueron sometidos a doble fermentación, seguido de lavado y secado. La doble fermentación se realizó en condiciones anaeróbicas y aeróbicas, a temperatura ambiente (22,8 °C) y en frío (13,2 °C) utilizando cuatro tratamientos y un control; durante la fermentación se evaluó el pH, acidez titulable y °Brix; y en los granos secos rendimiento, análisis granulométrico y calidad sensorial. Los resultados mostraron un pH de 3,2 a 3,9, acidez titulable de 0,5% y 1,7% y °brix entre 4 a 5,5; el rendimiento promedio fue 83,04%, retención de grano sobre malla 15 de 89,32% y una calificación de muy buena en calidad sensorial en todos los tratamientos (puntuajes superiores a 82 en escala SCAA). El mayor puntaje en taza alcanzó el tratamiento con fermentación anaeróbica a temperatura ambiente (84,25 puntos), cuyas notas características resaltantes fueron a chocolate, naranja, panela y almendra. Los resultados demuestran que todos los cafés tratados con doble fermentación alcanzaron puntajes mayores que el control.

Palabras clave: Café; fermentación doble; calidad en taza; fermentación anaeróbica.

ABSTRACT

Increasing the cup score is crucial in coffee quality, which can be achieved by modifying the fermentation. The effect of double fermentation of coffee (*Coffea arabica*) on bean quality was evaluated. De-pulped Catucaí cherry trees were subjected to double fermentation, followed by washing and drying. The double fermentation was carried out under anaerobic and aerobic conditions, at room temperature (22.8 °C) and cold (13.2 °C) using four treatments and a control; during fermentation, pH, titratable acidity and °Brix were evaluated; and in the dried beans, yield, granulometric analysis and sensory quality were evaluated. The results showed a pH of 3.2 to 3.9, titratable acidity of 0.5% and 1.7% and °brix between 4 and 5.5; the average yield was 83.04%, grain retention on mesh 15 of 89.32% and a very good rating in sensory quality in all treatments (scores greater than 82 on the SCAA scale). The highest cup score was achieved by treatment with anaerobic fermentation at room temperature (84.25 points), whose characteristic notes were chocolate, orange, cinnamon and almond. The results show that all the coffees treated with double fermentation achieved higher scores than the control.

Keywords: Coffee; double fermentation; cup quality; anaerobic fermentation.

Recibido: 15-12-2023.

Aceptado: 12-03-2024.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los cultivos más importantes y de enorme relevancia económica (Bastian et al., 2021). La producción del café en el Perú se realiza en una gran dispersión territorial, que incluye más de 16 regiones, 95 provincias y 450 distritos. Sin embargo, en solo seis regiones (Junín, San Martín, Cajamarca, Cusco, Amazonas y Huánuco) se concentra el 91% del total de productores, y en Selva Central, Pasco y Junín contribuye con el 27% del café peruano, cuya mayor producción se concentra en Chanchamayo y Satipo (Díaz & Willems, 2017). Estas zonas disponen de condiciones climáticas, geográficas y zonas tropicales de altura para la producción de cafés de especialidad (Castro et al., 2004). La producción de café es un largo proceso que comienza con la recolección de las cerezas hasta el secado de sus granos en la propia explotación, el método de procesamiento posterior a la cosecha aplicado en la explotación puede influir en la calidad de los granos de café verde (De Bruyn et al., 2017), y es esencial para garantizar una alta calidad del café en taza (Waters et al., 2015). Algunos investigadores reportan diferencias significativas entre bebidas de café procesado con métodos distintos (Leloup, et al., 2005). Se cree que estos distintos métodos inducen a diferentes reacciones metabólicas, que pueden afectar a la composición química de los granos y, por tanto, a su calidad en taza (Bytof et al., 2005).

En los últimos años, el aprecio por el café de calidad ha dado importancia a los cafés especiales, que tienen aromas únicos y sabores notables (Taveira et al., 2014). La calidad de este grano se ha convertido recientemente en gran demanda de los consumidores de café, debido a los diferentes cafés especiales disponibles en el mercado (Martinez et al., 2019). Durante el beneficio, la fermentación es crucial en el procesamiento del café, no sólo para eliminar el mucílago, sino también, con un buen control generar características de calidad sensorial esenciales (Haile & Kang, 2019). La calidad del café podría mejorarse modificando la etapa de fermentación, lo que produciría cafés con mejores precios en el mercado (Peñuela-Martínez et al., 2018). El impacto potencial de la fermentación sobre la calidad del café ha sido objeto de varios

estudios científicos (Agnoletti et al., 2022). Entre ellos, se ha demostrado que la fermentación húmeda desempeña un papel importante en el sabor, el aroma y la calidad sensorial del café (Elhali et al., 2021). En los últimos años se ha reconocido la importancia del control de la fermentación del café en la calidad final de la bebida, varios estudios han sido desarrollados para evaluar y proponer condiciones de fermentación que resulten en mejoras sensoriales en el café (Ferreira et al., 2023); en esa búsqueda, tanto caficultores como investigadores de diferentes partes del mundo, han recurrido a modificaciones en la etapa de fermentación con variados métodos (Peñuela-Martínez & García-Duque, 2023); como, fermentación anaeróbica e inoculación de levaduras (Jimenez et al., 2023); fermentación anaeróbica autoinducida (Braga et al., 2023, Do Rosário et al., 2024); fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* (Vaz et al., 2023); fermentación bajo maceración carbónica (Da Silva et al., 2023), entre otros, todos estos métodos con un alto potencial para mejorar la calidad del café (Peñuela-Martínez et al., 2023).

Aunque existen investigaciones sobre los procesos tradicionales y controlados de fermentación del café (Córdoba & Guerrero, 2016), aun no se ha estudiado el efecto de la doble fermentación en la calidad sensorial del café en condiciones de Selva Central. Un referente importante de uso de la doble fermentación se viene aplicando en países como Kenia, Burundi y Ruanda, logrando mejorar la calidad de los cafés convencionales (López, 2021). En ese contexto, el presente estudio busca demostrar el efecto de la doble fermentación en la mejora en la calidad en taza, los que generaría beneficios a los caficultores de Selva Central como alterativa tecnológica de fácil aplicación para productores, cooperativas y asociaciones y logren obtener cafés especiales que exigen los mercados actuales. Por tanto, el propósito de la investigación fue evaluar el efecto de la doble fermentación en la calidad del café realizándose el proceso a condiciones anaeróbica, aeróbica y manejando dos temperaturas (*Coffea arabica*) en la provincia de Chanchamayo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materia prima

Café en cerezo, variedad Catucaí, procedente de Alto Florida, altitud de 1245 m.s.n.m., provincia de Chanchamayo.

Metodología experimental

La investigación se realizó en dos etapas: en la primera, se realizó el beneficiado del café utilizando doble fermentación; para lo cual, los tratamientos fueron acondicionados en cubetas de plástico PVC con tapa, capacidad de 8,0 L y adaptados con mangueras de PVC; concluido la fermentación los granos de café fueron lavados y secados obteniéndose el café pergamino seco. En la

segunda etapa, se realizó la caracterización física y sensorial para determinar la calidad final del grano. El experimento se desarrolló siguiendo las operaciones de la Figura 1.

Primera fermentación – Acondicionamiento en medio sólido

Se acondicionaron 4 kg de café despulpado (café en baba) en las cubetas utilizadas como biorreactor, sin adición de agua. Los recipientes con los tratamientos para fermentación anaeróbica (T1 y T2), fueron adaptados con una manguera PVC de 5 mm de diámetro para la salida del CO₂; y para la fermentación aeróbica (T3 y T4)

fueron en sistema abierto. Para mantener condiciones de temperatura baja en el rango de $13,2 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (T1 y T3) se empleó hielo en botellas, que fueron colocados al contorno de las cubetas acondicionadas dentro de jvas de PVC rígido, manteniéndose dichas condiciones hasta el desprendimiento del mucilago, aproximadamente 18 horas; al término, los granos fueron lavados con agua fría.

Segunda fermentación - Acondicionamiento en medio húmedo

En esta etapa, los cuatro tratamientos fueron acondicionados en medio húmedo incorporando agua: masa de café 1:1, manteniendo las mismas condiciones de fermentación anaeróbica y aeróbica, y las mismas temperaturas de la primera fermentación, por aproximadamente 22 horas hasta conseguir granos limpios. Durante la fermentación se controlaron la temperatura, pH, acidez y °brix.

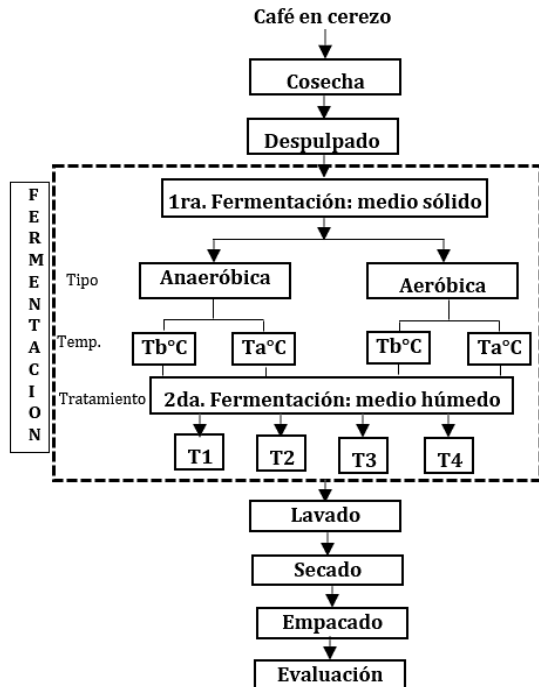


Figura 1. Procesamiento del café mediante el método de la doble fermentación.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación comprende 5 tratamientos incluido un control. Las variables en estudio fueron las condiciones anaeróbicas y aeróbicas, y las temperaturas baja y ambiente; como variable de medición las características fisicoquímicas, la calidad física, sensorial del café fermentado y seco.

Tabla 1

Distribución de los tratamientos

Tratamiento	Código	Fermentación	Temperatura
T1	FANTb	Anaeróbica	$13,2 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
T2	FANTa	Anaeróbica	Ambiente
T3	FAETb	Aeróbica	$13,2 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
T4	FAETa	Aeróbica	Ambiente
T0	Control	Convencional	Ambiente

FANTb: Fermentación anaeróbica a temperatura baja; FANTa: Fermentación anaeróbica a temperatura ambiente; FAETb: Fermentación aeróbica a temperatura baja; FAETa: Fermentación aeróbica a temperatura ambiente.

Análisis fisicoquímicos

Sólidos solubles, método A.O.A.C. (1996); pH, método AOAC. 981.12. (2005); acidez titulable, método A.O.A.C.931.23 (1990); humedad, método A.O.A.C. 931.04. (2005); tiempo final de fermentación, prueba del cascajeo y limpieza; Sólidos solubles a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, método AOAC. (1996).

Evaluación física y organoléptica del café

Granulometría. Método Specialty Coffee Association of America. (SCAA)

Perfil sensorial. fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, dulzor, taza, uniformidad y puntaje del catador. Método (SCAA, 2011), evaluado con tres catadores (un catador Q grader y dos catadores nacionales).

Análisis estadístico

La calidad sensorial fue analizada mediante el análisis de variancia en diseño bloque completo al azar con tres repeticiones. Además, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con $\alpha = 0,05$, utilizando el software estadístico Infostat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la fermentación

En la Tabla 2 se muestran las características de la fermentación doble, que se desarrolló en un tiempo total aproximado de 40 h, tiempo en el cual se logró la separación total del mucilago y la limpieza del grano. En relación al comportamiento del pH de la masa de granos, inició con pH de 5,17, existiendo acidificación hasta las 18 h alcanzando un pH en el rango de 3,39 a 3,79, donde prácticamente se degradó el mucilago; a las 40 h el pH es 3,2 en el tratamiento control (T0), el cual es menor al pH de los tratamientos con fermentación anaeróbica (pH 3,9 en T1 y 3,67 en T2) y aeróbica (pH 3,54 en T3 y 3,48 en T4). Estos resultados son similares a los determinados por Muñoz et al. (2018) que inició la

fermentación con un pH de 5,5 y finalizó a un pH de 3,5 a las 18 horas de fermentación a diferente temperatura; también, Peñuela-Martínez et al. (2023), reportan un valor final de pH próximo a 4,0. Puerta (2012) reporta pH entre 3,7 y 4,1 como el adecuado para interrumpir la fermentación del café. Teniendo en cuenta que el proceso de fermentación genera múltiples rutas bioquímicas y desarrolla compuestos volátiles que inciden en los atributos sensoriales del grano, en el presente estudio el pH alcanzó el rango de 3,2 a 3,9 en 40 horas, de fermentación, lo cual coincide con la limpieza del grano; también Vaz et al. (2023) menciona que, el pH disminuyó a medida que transcurría el tiempo de fermentación.

Tabla 2
Comportamiento de los indicadores en el proceso de fermentación

Tratamiento	Código	pH			Acidez titulable (% ac. Cítrico)			Grados Brix		
		0h	18h	40h	0h	18h	40h	0h	18h	40h
T0	Control	5,17	3,65	3,20	0,27	0,26	0,80	17,10	5,00	4,00
T1	FANTb	5,17	3,72	3,90	0,27	0,16	0,50	17,10	6,30	5,50
T2	FANTa	5,17	3,79	3,67	0,27	0,38	0,70	17,10	4,25	3,75
T3	FAETb	5,17	3,50	3,54	0,27	0,29	1,20	17,10	6,50	5,00
T4	FAETa	5,17	3,39	3,48	0,27	0,35	1,70	17,10	6,00	4,50

En relación a la temperatura y tiempo de fermentación, Puerta & Echeverry (2015) recomiendan un tiempo de fermentación entre de 14 a 24 h a temperaturas de 13 a 17 °C para lograr buena calidad del café procesado por fermentaciones sólidas, además señalan que a medida que pasa el tiempo de fermentación, se favorece que los granos de café inmersos en el sustrato sólido o sumergido adsorban los compuestos resultantes de la fermentación del mucílago, dando lugar a modificaciones en las características de los sabores especiales y de los compuestos químicos y volátiles presentes en el café, también, Córdova-Castro et al. (2016) refieren que el pH puede convertirse de una herramienta predictiva para determinar el tiempo real de fermentación del café.

La acidez titulable muestra un comportamiento inverso con el pH a medida que transcurre la fermentación. Al principio, la masa del grano en baba presenta una acidez promedio de 0,27% expresado como ácido cítrico; al finalizar la fermentación aumentó a un valor máximo de 1,7% en el tratamiento T4, y a un valor mínimo de 0,5% en el tratamiento T1. Comparativamente la mayor acidez se presenta en los tratamientos con fermentación aeróbica T3 y T4, mientras que la acidez del control es similar a los tratamientos con fermentación anaeróbica. De acuerdo a Puerta (2015) la acidificación en la fermentación se desarrolla por las bacterias fermentadoras, principalmente las lácticas que producen ácido láctico y por el ácido acético producido por bacterias y de la acetificación del alcohol.

Los grados brix mostraron un decrecimiento a medida que transcurre la fermentación, debido a que los azúcares son fuente energética principalmente para las levaduras y algunas bacterias. Al principio la masa de café en baba presentó 17,1 °brix en todos los tratamientos, luego descendiendo aproximadamente hasta 6 °brix a las 18 horas de fermentación y finaliza a las 40 h con un valor mínimo de 3,75 °brix en el tratamiento T2 y un valor máximo de 5,5 °brix en el tratamiento T1; resultado similar al reportado por Pantoja et al. (2015) que inició con 15 °brix y descendió hasta un mínimo de 4 °brix; además Puerta (2012) indica que para sistemas de fermentación sin agua, los °brix muestran un decrecimiento exponencial y son más lentos al disminuir la temperatura externa. También muestra la misma tendencia el estudio de Guevara (2019) que menciona 11,69 °brix al inicio y 4,63 °brix al finalizar la fermentación. Estos resultados demuestran que en la primera fermentación se producen los mayores cambios

producto de la degradación del mucílago y fermentación de los azúcares del cerezo, mientras que en la segunda fermentación al parecer sólo se acentúan los cambios bioquímicos al interior del grano.

Características físicas del café pergamino

El café trillado presentó una humedad de 11,74%, coloración verde y olor característico, similar al reportado por Márquez-Romero (2020) que obtuvo un café de buena calidad con 11,63% de humedad, además, el valor determinado se encuentra dentro del rango admisible para el café comercializado por la SCAA; al respecto la NTP 209-027-INDECOPI establece como rango de humedad de 10% a 12% para el café verde; puesto que una mayor humedad permitiría el desarrollo de mohos productores de ocratoxinas. Por ello, el secado es importante, como refiere Guevara (2019), el proceso y métodos de secado pueden tener diferentes efectos en la calidad, la composición química y los atributos sensoriales de los granos de café, incluyendo sabor, acidez, cuerpo y aroma.

En granulometría, la mayor retención de granos de café corresponde a las mallas N° 18, 17, 16 y 15 con 37,14%, 32,56%, 18,62% y 1,00% respectivamente. Al respecto, Posada (2019) menciona que el café que queda sobre la malla 18 es considerado como Premium, y el que queda sobre la 17, como supremo y sobre malla 16 como Extra o especial, asimismo la NTP 209-027. INDECOPI establece como valor mínimo un 50% sobre la malla 15 para el café de calidad Grado 1. El rendimiento promedio obtenido fue de 83,04% y con escasos defectos. Las características físicas de humedad, rendimiento y defectos demuestran que el café procesado mediante doble fermentación presenta buena calidad física, similares al reportado por Márquez (2020) quien obtuvo café de buena calidad con rendimiento físico de 81,11%, defectos 1,97% y humedad 11,63%; Puerta (2015) señala que la calidad de bebida de café está influenciada por las características físicas del grano, la humedad y los defectos.

Características sensoriales del grano de café

En la Tabla 3 se presenta el perfil en taza de los tratamientos en estudio, evaluados por tres catadores. De acuerdo al análisis de variancia (ANOVA) hay diferencias significativas para los tratamientos en cuanto a los atributos aroma/fragancia, sabor residual y cuerpo.

Tabla 3
Perfil sensorial del café en los tratamientos con doble fermentación y el control

Atributos organolépticos	T0	T1	T2	T3	T4	DMS
	Control	FANTb	FANTa	FAETb	FAETa	
Aroma/Fragancia	7,50 ^b	7,67 ^{ab}	7,75 ^a	7,50 ^b	7,67 ^{ab}	0,22
Sabor	7,50 ^a	7,75 ^a	7,83 ^a	7,58 ^a	7,67 ^a	0,34
Sabor Residual	7,42 ^b	7,58 ^{ab}	7,83 ^a	7,33 ^b	7,50 ^b	0,33
Acidez	7,42 ^a	7,75 ^{ab}	7,75 ^a	7,50 ^a	7,75 ^a	0,40
Cuerpo	7,33 ^c	7,75 ^a	7,75 ^a	7,58 ^{ab}	7,50 ^{bc}	0,22
Balance	7,50 ^a	7,63 ^a	7,75 ^a	7,58 ^a	7,67 ^a	1,84
Puntaje del catador	7,42 ^a	7,67 ^a	7,67 ^a	758 ^a	7,60 ^a	0,43

Promedio de tres repeticiones.

En el atributo fragancia/aroma el promedio mas alto presenta el Tratamiento T2 con 7,75 puntos, seguido del T1 y T4. En cuanto al sabor no hay diferencias significativas entre tratamientos, pero el promedio mas alto presenta el T2 con 7,83 y T1 con 7,75 puntos, al igual que en el atributo sabor residual el mejor puntaje presenta el T2 con 7,83 puntos. Los mayores puntajes se logró en los tratamientos con fermentacion anaeróbica a temperatura ambiente (22,95 °C) (T2) y en frio (13,2 °C) (T1). En general, todos los atributos organolépticos obtuvieron calificaciones medias superior a 7 puntos y clasificados como muy Bueno según la escala SCAA. En uniformidad, taza limpia y dulzor todas las muestras tuvieron 10 puntos. Con relación al atributo fragancia/aroma

Peñuela-Martínez et al. (2023) afirman que, es el atributo que más destacó en la fermentación a 15 °C dando lugar a una mejora del 5,9% en la calidad de la taza. También, afirma que las fermentaciones con restricción de oxígeno desarrollan un mejor perfil sensorial.

En las figuras 2 y 3 se observa que, el mayor puntaje en taza (84,25 puntos) se logró con el tratamiento T2, que además, presentó notas características a chocolate, naranja, panela, almendra, toque a pasas, acidez cítrico melosa, cuerpo terso con un final a nibs de cacao. En segundo lugar, el tratamiento T1 con 83,75 puntos presentó notas a frutos rojos, pomarrosa, chocolate, toque a cedro, acidez cítrico melosa, cuerpo terso con un final a toronja.

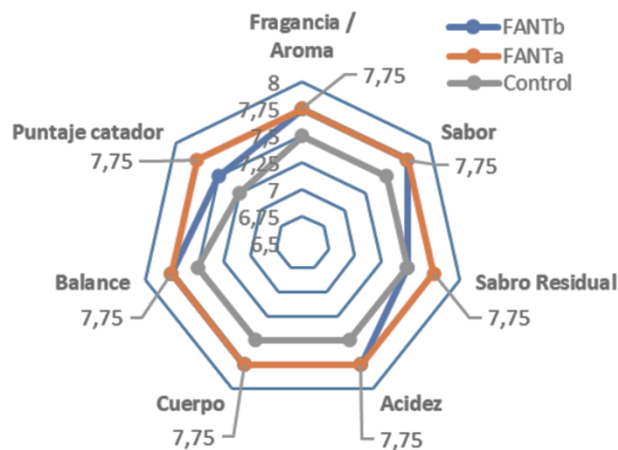


Figura 2. Perfil de taza y puntaje total del café con la fermentación anaeróbica.

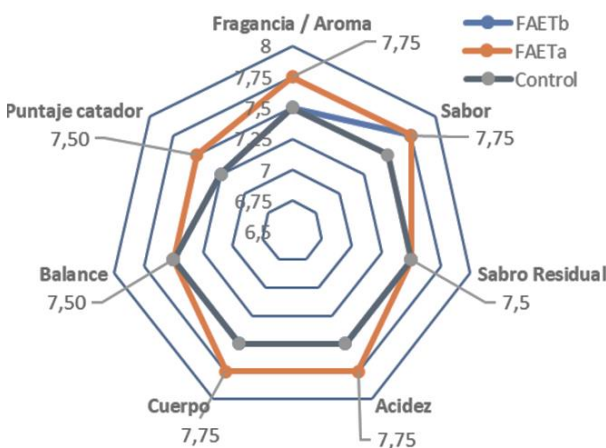
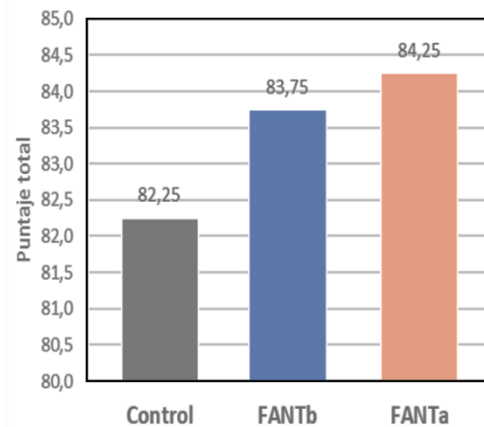
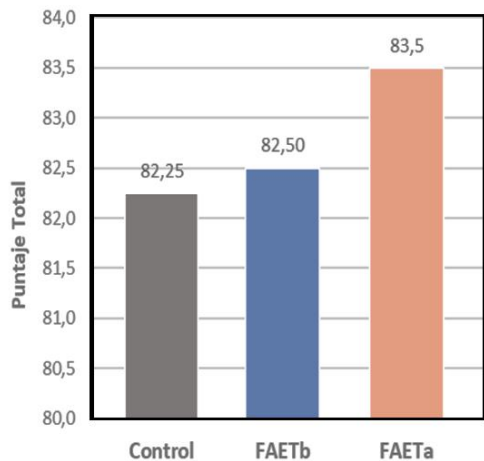


Figura 3. Perfil de taza y puntaje total del café con la fermentación aeróbica.



El tercer puesto con 83,50 puntos el tratamiento T4 presentó notas a frutos rojos, cereza, avellana, pan tostado, acidez cítrica melosa, cuerpo suave, terso con un final a pan tostado; y finalmente con 82,50 puntos el tratamiento T3 presentó notas a panela, cítricos, algarrobina, toques a cereales, acidez cítrica suave, cuerpo suave con un final a dulce suave; en contraste con el tratamiento control T0 con 82,25 puntos presentó notas características a panela, chocolate, azúcar moreno, limón dulce, con toque a herbal, acidez cítrica suave, cuerpo suave con un final a limón dulce. En cuanto a la clasificación y según la norma SCAA, todas las muestras se encuentran en el rango de mayor o igual a 80 puntos y calificados como "Muy Buenos". Similares resultados reportan Delgado (2021) en fermentación anaeróbica del café variedad Marsellesa 84,25 puntos, y Lucero et al. (2022) en café con 85,08 puntos a 72 horas con fermentación anaeróbica. También, Jimenez et al. (2023) reportan que, la fermentación anaeróbica favorece la producción de cafés especiales con puntuaciones superiores a 80 puntos; Do Rosário et al. (2024) que, con este método de fermentación se logró una bebida de café Arábica de buena calidad; el cual tiene un enorme potencial para aumentar la calidad y añadir valor al café (Braga, et al., 2023). En cuanto a la temperatura (23 °C) y tiempo de la doble fermentación (40 h), Da Silva et al. (2023), reporta que, un aumento de la temperatura y del tiempo de fermentación mejoran la calidad sensorial del café; Vaz et al. (2023), indica como condiciones óptimas 24 a 32 °C y de 35 a 45 h de fermentación con los que se alcanzan puntuaciones entre 81 y 85 puntos. Al respecto, si bien Joët et al. (2010) señalan que los propios granos de café contienen los precursores necesarios para proveer el sabor y el aroma estándar del café durante el tueste, Haile & Kang (2019) señalan que el proceso de fermentación

puede aumentar la diversidad de compuestos de aroma y sabor del café; También, Osorio et al. (2023) afirman que, el mucílago es un medio dinámico que permite el desarrollo y la interacción de microorganismos que modifican los perfiles de ácidos orgánicos y azúcares que se asocian con la calidad de la bebida; del mismo modo, Elhalis et al. (2023) afirman que, durante la fermentación, la microbiota endógena utiliza los nutrientes disponibles en los granos, crece y produce una amplia gama de metabolitos no volátiles y volátiles, que pueden tener un impacto significativo en el sabor, el aroma y cualidades generales del café; Sunarharum et al. (2014) señala que los factores durante los procesos de precosecha y poscosecha afectan críticamente al aroma del café. En ese sentido, De Maria et al. (1996) mencionan que, durante la fermentación los microorganismos producen diversos metabolitos, ya que, la actividad microbiana y el grado de fermentación determinan las concentraciones de azúcares y aminoácidos libres que rodean el grano y contribuyen posteriormente a la producción de compuestos de Maillard y volátiles durante el tostado. Según Gonzalez-Rios et al. (2007), el café beneficiado en húmedo tiene cualidades aromáticas superiores a las del café beneficiado en seco debido a los compuestos aromáticos producidos durante la eliminación de la capa de mucílago en el beneficiado en húmedo.

De los resultados obtenidos se puede deducir que el proceso de doble fermentación en el beneficio del café tiene un efecto positivo en la calidad sensorial, observándose una mejora en sus atributos organolépticos, en particular en fragancia/aroma, sabor residual y cuerpo, lo que puede contribuir a la producción de cafés especiales con mejores puntajes de taza.

CONCLUSIONES

En condiciones de la investigación, el proceso de la doble fermentación tuvo un efecto positivo en la calidad sensorial del café mejorando los puntajes en taza; evidenciando marcadas diferencias en los atributos fragancia/aroma, sabor residual y cuerpo. Los mayores puntajes se obtuvieron en los

cafés fermentados en condiciones anaeróbicas a temperatura ambiente (22,95 °C). Estos resultados son un aporte a los diversos métodos de fermentación del café en la búsqueda de mejorar la calidad en taza. Se recomienda realizar estudios similares con otras variedades de café.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnoletti, B. Z., Dos Santos Gomes, W., De Oliveira, G. F., Da Cunha, P. H., Nascimento, M. H. C., Neto, Á. C., Pereira, L. L., Ribeiro de Castro, E. V., Da Silva Oliveira, E. C. & Filgueiras, P. R. (2022). Effect of fermentation on the quality of conilon coffee (*Coffea canephora*): Chemical and sensory aspects. *Microchemical Journal*, 182, 107966. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107966>
- Bastian, F., Hutabarat, O. S., Dirpan, A., Nainu, F., Harapan, H., Emran, T. B., & Simal-Gandara, J. (2021). From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. *Foods*, 10(11), 2827. <https://doi.org/10.3390/foods10112827>
- Braga, A. V. U., Miranda, M. A., Aoyama, H., & Schmidt, F. L. (2023). Study on coffee quality improvement by self-induced anaerobic fermentation: Microbial diversity and enzymatic activity. *Food Research International*, 165, 112528. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112528>
- Bytof, G., Knopp, S. E., Schieberle, P., Teutsch, I., & Selmar, D. (2005). Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. *European Food Research and Technology*, 220, 245-250. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-1033-z>
- Castro, P., Contreras, Y., Laca, D., & Nakamatsu, K. (2004). Café de especialidad: Alternativa para el sector cafetalero peruano. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 9(17), Art. 17. <https://doi.org/10.46631/jefas.2004.v9n17.05>
- Córdoba-Castro, N. M., & Guerrero-Fajardo, J. (2016). Caracterización de los procesos tradicionales de fermentación de café en el departamento de Nariño. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 75. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)75-83](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)75-83)
- Da Silva, M. C. S., Veloso, T. G. R., Junior, D. B., Bullergahn, V. B., da Luz, J. M. R., Menezes, K. M. S., Guarçoni, R. C., Kasuya, M.C.M. & Pereira, L. L. (2023). Bacterial community and sensory

- quality from coffee are affected along fermentation under carbonic maceration. *Food Chemistry Advances*, 3, 100554. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100554>
- De Bruyn, F., Zhang, S. J., Pothakos, V., Torres, J., Lambot, C., Moroni, A. V., Callanan, M., Sybesma, W., Weckx, S. & De Vuyst, L. (2017). Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. *Applied and environmental microbiology*, 83(1), e02398-16. doi:10.1128/AEM.02398-16
- De Maria, C. A. B., Trugo, L. C., Neto, F. A., Moreira, R. F. A., & Alviano, C. S. (1996). Composition of green coffee water-soluble fractions and identification of volatiles formed during roasting. *Food Chemistry*, 55(3), 203-207. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00104-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00104-2)
- Delgado, A. (2021). Efecto de la fermentación aeróbica y anaeróbica sobre la calidad organoléptica del café (*Coffea arabica*.) de las variedades catimor y marsellesa. *Repositorio Institucional USS*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2819995>
- Diaz, C., & Willems, M. (2017). Línea de base del sector café en el Perú. Programa de las Naciones Unidas para el—Desarrollo PNUD. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/2017/pncf e/sector-cafe-peru.pdf>
- Do Rosário, D. K. A., da Silva Mutz, Y., Vieira, K. M., Schwan, R. F., & Bernardes, P. C. (2024). Effect of self-induced anaerobiosis fermentation (SIAF) in the volatile compounds and sensory quality of coffee. *European Food Research and Technology*, 250(2), 667-675. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04393-9>
- Elhalis, H., Cox, J., Frank, D., & Zhao, J. (2021). The role of wet fermentation in enhancing coffee flavor, aroma and sensory quality. *European Food Research and Technology*, 247, 485-498. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03641-6>
- Elhalis, H., Cox, J., & Zhao, J. (2023). Coffee fermentation: Expedition from traditional to controlled process and perspectives for industrialization. *Applied Food Research*, 3(1), 100253. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100253>
- Ferreira, L. J. C., de Souza Gomes, M., de Oliveira, L. M., & Santos, L. D. (2023). Coffee fermentation process: A review. *Food Research International*, 169, 112793. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112793>
- Guevara Z. S. B. (2019). *Fermentación de Café (Coffea arabica), Variedad Catimor, Utilizando Diferentes Concentraciones de Cepas de Saccharomyces cerevisiae*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJA_a9c29600a4d02d9b571c40a1507ab073
- Gonzalez-Rios, O., Suarez-Quiroz, M. L., Boulanger, R., Barel, M., Guyot, B., Guiraud, J. P., & Schorr-Galindo, S. (2007). Impact of "ecological" post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 289-296. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.07.009>
- Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. *Journal of Food Quality*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). Norma Técnica Peruana CAFÉ. Café verde. Requisitos. 5ª Edición (NTP 209.027:2018). <https://n9.cl/2xx0a>
- Jimenez, E. J. M., Martins, P. M. M., de Oliveira Vilela, A. L., Batista, N. N., da Rosa, S. D. V. F., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2023). Influence of anaerobic fermentation and yeast inoculation on the viability, chemical composition, and quality of coffee. *Food Bioscience*, 51, 102218. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102218>
- Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doubeau, S., Bertrand, B., & Dussert, S. (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. *Food chemistry*, 118(3), 693-701. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>
- Leloup, V., Gancel, C., Liardon, R., Rytz, A., & Pithon, A. (2005). Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In ASIC 2004. 20th International Conference on Coffee Science, Bangalore, India, 11-15 October 2004 (pp. 93-101). Association Scientifique Internationale du Café (ASIC).
- López, B. M. (2021). Café de Ruanda y la doble fermentación. *Incapto Coffee*. <https://incapto.com/cafe-de-ruanda-y-la-doble-fermentacion/>
- Lucero, J. A., Medina, D. R., Santana, G. M., Romero, L. F. P., Carhuallanqui, H. N. E., & Contreras, M. D. C. (2022). Tiempo de fermentación anaeróbica en la calidad de Coffea arabica L. var. Catimor con proceso Honey, en Satipo-Perú. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2(2), Art. 2. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.359>
- Márquez-Romero, F. R., Huamán, S., Sánchez, H. M. C., Valdeiglesias, J. P., & Márquez, S. C. (2020). Caracterización de la calidad física y sensorial de café de Cirialo – La Convención Cusco-Perú. *Rev. Tayaqaja*, 3(2), Art. 2. <https://doi.org/10.46908/riect.v3i2.106>
- Martinez, S. J., Bressani, A. P. P., Dias, D. R., Simão, J. B. P., & Schwan, R. F. (2019). Effect of bacterial and yeast starters on the formation of volatile and organic acid compounds in coffee beans and selection of flavors markers precursors during wet fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1287. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01287>
- Muñoz, S. V. O., Ramírez, M. S., & Cachay, N. O. (2018). Evaluación fisicoquímica y organoléptica de café (*Coffea arabica* L.) fermentado con rumen y *Saccharomyces cerevisiae* a diferente temperatura. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(2), Art. 2. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i2.313>
- Osorio, V., Medina, R., Acuña, J. R., Pabón, J., Álvarez, C. I., Matallana, L. G., & Fernández-Alduenda, M. R. (2023). Transformation of organic acids and sugars in the mucilage and coffee beans during prolonged fermentation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 123, 105551. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105551>
- Pantoja, C. F. L., Gutiérrez, P. A. R., Macías, L. O. M., Quinayás, E. S. T., & Ome, Y. R. (2015). Estudio de algunas variables en el proceso de fermentación de café y su relación con la calidad de taza en el sur de Colombia. *Agroecol. Cienc. Tecnol.* 3(1), 7-12. <https://goo.su/vxes>
- Peñuela-Martínez, A. E., Zapata-Zapata, A. D., & Durango-Restrepo, D. L. (2018). Performance of different fermentation methods and the effect on coffee quality (*Coffea arabica* L.). *Coffee Sci.* 13(4), 465-476. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/11118>
- Peñuela-Martínez, A. E., & García-Duque, J. F. (2023). Métodos de fermentación modificados y su influencia en la calidad de la bebida. *Avances Técnicos Cenicafé*, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0554>
- Peñuela-Martínez, A. E., Moreno-Riascos, S., & Medina-Rivera, R. (2023). Influence of Temperature-Controlled Fermentation on the Quality of Mild Coffee (*Coffea arabica* L.) Cultivated at Different Elevations. *Agriculture*, 13(6), Art. 6. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061132>
- Posada, S. G. (2019, marzo 4). ¿Cómo se determina la calidad del café? ¡Qué Café! <https://quecafe.info/como-se-determina-la-calidad-del-cafe/>
- Puerta, G. I., & Echeverry, G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Avances Técnicos Cenicafé*, 454, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0454>
- Puerta Q., G. I. (2015). *Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente*. *Revista Cenicafé* 64(1): 42-59. <http://hdl.handle.net/10778/525>
- Puerta, G. (2012). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio de café. *Cenicafé*. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>
- Sunarharum, W. B., Williams, D. J., & Smyth, H. E. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food research international*, 62, 315-325. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>
- Taveira, J. H.S., Borém, F. M., Figueiredo, L. P., Reis, N., Franca, A. S., Harding, S. A., & Tsai, C. J. (2014). Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. *Food Research International*, 61, 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>
- Vaz, C. J. T., de Menezes, L. S., de Santana, R. C., Sentanin, M. A., Zotarelli, M. F., & Guidini, C. Z. (2023). Effect of fermentation on the physicochemical characteristics and sensory quality of Arabica coffee. *Biotech*, 13(12), 403. <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03768-9>
- Waters, D. M., Moroni, A. V., & Arendt, E. K. (2015). Biochemistry, germination and microflora associated with *Coffea arabica* and *Coffea canephora* green coffee beans. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(2), 1-51. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.902804>