



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,  
Volumen 9, Número 5.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i5](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5)

## **CALIDAD FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA L.) EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD EN SAN CRISTÓBAL, GALÁPAGOS**

**PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY  
QUALITY OF COFFEE (COFFEA ARABICA L.) AS A FUNCTION  
OF ALTITUDE IN SAN CRISTÓBAL, GALAPAGOS**

**Katherine Mishell Avilés Granda**

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria, Ecuador

**Angie Dayana Ojeda Vasquez**

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria, Ecuador

**Wilson Paúl Cedeño Guzman**

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i5.21208](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.21208)

## Calidad Fisicoquímica, Microbiológica y Sensorial del Café (*Coffea arabica* L.) en Función de la Altitud en San Cristóbal, Galápagos

**Katherine Mishell Avilés Granda<sup>1</sup>**[mishell2001aviles@outlook.es](mailto:mishell2001aviles@outlook.es)<https://orcid.org/0000-0002-9373-1894>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de  
Manabí Manuel Félix López  
Ecuador**Angie Dayana Ojeda Vasquez**[angiedayana51@gmail.com](mailto:angiedayana51@gmail.com)<https://orcid.org/0009-0008-7641-1320>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de  
Manabí Manuel Félix López  
Ecuador**Wilson Paúl Cedeño Guzman**[paulcegu@yahoo.es](mailto:paulcegu@yahoo.es)<https://orcid.org/0000-0002-9506-9777>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de  
Manabí Manuel Félix López  
Ecuador

### RESUMEN

El presente estudio evaluó la influencia de la altitud de cultivo y el manejo poscosecha en la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del café (*Coffea arabica* L.) producido en la isla San Cristóbal, Galápagos. Se analizaron doce muestras de café tostado y molido provenientes de fincas ubicadas entre 130 y 600msnm. Se determinaron parámetros de pH, acidez titulable, humedad, cenizas y sólidos solubles, grado de tueste, recuentos microbiológicos y evaluación sensorial bajo la metodología de la Specialty Coffee Association. Los resultados mostraron que la altitud no tuvo un efecto significativo sobre las variables analizadas ( $p>0.05$ ), mientras que el manejo poscosecha sí incluyó directamente en el grado de tueste y en las puntuaciones de catación ( $p<0.05$ ). El 66.7% de las muestras alcanzó valores iguales o superiores a 80 puntos, clasificándose como cafés de muy buena calidad. Todas cumplieron con los estándares microbiológicos establecidos por la NTE INEN 1123-2, garantizando su inocuidad. Se concluye que, en el contexto insular, la consistencia de las etapas de fermentación, secado, tostado y almacenamiento es determinante para obtener cafés diferenciados y competitivos. Se recomienda fortalecer el acompañamiento técnico y la optimización del empaque para mejorar la conservación y el posicionamiento del café Galápagos en mercados especializados

**Palabras clave:** café arábico, poscosecha, evaluación sensorial, galápagos

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [paulcegu@yahoo.es](mailto:paulcegu@yahoo.es)

# Physicochemical, Microbiological and Sensory Quality of Coffee (*Coffea arabica* L.) as a Function of Altitude in San Cristóbal, Galapagos

## ABSTRACT

This study evaluated the influence of cultivation altitude and post-harvest management on the physicochemical, microbiological, and sensory quality of coffee (*Coffea arabica* L.) produced on San Cristóbal Island, Galápagos. Twelve samples of roasted and ground coffee from farms located between 130 and 600 meters above sea level were analyzed. Parameters such as pH, titratable acidity, moisture, ash and soluble solids, degree of roasting, microbiological counts, and sensory evaluation were determined using the Specialty Coffee Association methodology. The results showed that altitude did not have a significant effect on the variables analyzed ( $p>0.05$ ), while post-harvest management did directly affect the degree of roasting and tasting scores ( $p<0.05$ ). Sixty-six point seven percent of the samples achieved values equal to or greater than 80 points, classifying them as very good quality coffees. All samples complied with the microbiological standards established by NTE INEN 1123-2, guaranteeing their safety. It is concluded that, in the island context, the consistency of the fermentation, drying, roasting, and storage stages is decisive in obtaining differentiated and competitive coffees. It is recommended to strengthen technical support and optimize packaging to improve the preservation and positioning of Galapagos coffee in specialized markets

**Keywords:** arabica coffee, post-harvest, sensory evaluation, galapagos

*Artículo recibido 20 setiembre 2025*  
*Aceptado para publicación: 25 octubre 2025*



## INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más valoradas y comercializadas a nivel mundial, con un consumo estimado de 69,179 millones de sacos de 60 kg durante el período 2023–2024 (ICO, 2021). Entre las variedades cultivadas, *Coffea arabica* L. destaca por su alta calidad y preferencia en mercados especializados como el de New York (Heredia & Robalino, 2021). Para alcanzar estándares internacionales, es fundamental comprender los factores edafoclimáticos y de manejo que inciden en la calidad del grano (Sobreira et al., 2016; Barbosa et al., 2019; Barbosa et al., 2020; Ferreira et al., 2021). La altitud es uno de los factores más determinantes, dado que influye en la temperatura y la radiación solar, afectando la maduración del fruto y la acumulación de compuestos que potencian el sabor, la acidez y el aroma del café (Pereira et al., 2018; Borém et al., 2019). Cafés cultivados a más de 1200 msnm suelen presentar perfiles sensoriales superiores (Forum Café, 2020 citado en Jiménez et al., 2023), mientras que estudios como el de Chávez & Ordoñez (2021) evidencian que el cultivo en zonas altas mejora atributos como acidez, sabor y balance, alcanzando puntuaciones superiores a 83 en la escala de la Specialty Coffee Association.

Además de la altitud, el procesamiento poscosecha influye significativamente en la calidad final del café. Métodos como el beneficio húmedo, seco o honey modifican la composición química y el perfil sensorial del grano al alterar la concentración de compuestos como trigonelina, cafeína y volátiles aromáticos (Das, 2022; Cortés et al., 2022).

Por ello, comprender el efecto conjunto de la altitud y el manejo poscosecha resulta clave para optimizar la calidad del producto final.

En el caso de Galápagos, particularmente en la isla San Cristóbal, el café se cultiva entre 130 y 600 msnm en un microclima excepcional generado por la nubosidad, la humedad relativa y la influencia de la corriente de Humboldt (Perfect Daily Grind, 2018; Ministerio de Turismo del Ecuador, 2021). A pesar de que esta región cuenta con Denominación de Origen desde 2015, existen escasos estudios científicos sobre cómo estas condiciones insulares afectan la calidad del café. Sin embargo, aún no se ha evaluado de forma científica cómo las condiciones altitudinales y el manejo poscosecha influyen en la calidad del café arábigo de Galápagos.



Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la altitud de cultivo y el manejo poscosecha en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del café producido en San Cristóbal, Galápagos, contribuyendo al conocimiento técnico y a la valorización del café Galápagos.

## **METODOLOGÍA**

### **Tipo, alcance y enfoque de la investigación**

El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo y comparativo, orientado a analizar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del café (*Coffea arabica* L.) procesado, proveniente de fincas ubicadas a diferentes altitudes en la isla San Cristóbal, Galápagos.

Se adoptó un diseño no experimental, observacional y transversal, adecuado para este tipo de estudio, ya que no se manipuló ninguna variable independiente ni se aplicaron tratamientos controlados. Las muestras de café se recolectaron directamente del producto final tostado y molido, elaborado por cada finca bajo sus condiciones habituales de producción. Las autoras no intervinieron en las etapas de cultivo, procesamiento o empaque, limitándose a observar y analizar las características obtenidas en condiciones reales.

El carácter transversal del estudio se debe a que la recolección de datos se efectuó en un único periodo (2024–2025), lo que permitió comparar los grupos altitudinales sin requerir seguimiento temporal.

### **Muestra de café procesado**

La muestra estuvo compuesta por doce fincas procesadoras de café (*Coffea arabica* L.), seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencionado. La identificación y georreferenciación de las fincas se realizó con el apoyo de un técnico del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), utilizando herramientas de localización satelital como Google Earth y Google Maps. Además, se llevaron a cabo entrevistas directas con los propietarios de las fincas mediante llamadas telefónicas, con el fin de confirmar la ubicación exacta de los sembríos y obtener datos precisos sobre la altitud de cultivo.

Con base en esta información geográfica, las fincas se clasifican en tres niveles altitudinales, siguiendo la zonificación adoptada por la Parroquia el Progreso (2020): zona baja= 130-290 msnm, zona media: 291-454 msnm y zona alta: 455-600 msnm.



Como criterio de inclusión, se estableció que las fincas realizaran el procesamiento completo del café hasta su etapa final (tostado y molido), manteniendo sus protocolos productivos habituales. Las muestras se recolectan directamente del producto empacado, el cual se comercializa bajo la marca propia de cada finca. Cada bolsa de café se codifica con un identificador alfanumérico único, manteniéndose la trazabilidad por finca y por nivel altitudinal, lo que permite atribuir las diferencias observadas en los análisis a la altitud del cultivo.

En la recolección y el envío de las muestras se coordinaron directamente con cada propietario de la marca, se obtuvieron tres muestras independientes de 250g, provenientes de distintos lotes de producción, con el fin de asegurar la representatividad y confiabilidad estadística de los resultados. Las bolsas se recolectaron en condiciones controladas y posteriormente se trasladan al laboratorio de Bromatología de la carrera de Agroindustria de la ESPAM MFL, donde se realizaron los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales contemplados en el estudio.

### **Análisis fisicoquímico**

Para el análisis fisicoquímico y microbiológico del café arábigo procesado (tostado y molido), se tomaron como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1123-2, la cual establece parámetros y métodos para la evaluación de café en su forma procesada. Se determinó pH y acidez titulable mediante métodos de ensayo descritos por el AOAC, (1996).

Se analizaron cada una de las tres muestras provenientes de cada finca, correspondientes a paquetes de distinto lote. De este modo, se obtuvieron tres valores por finca, lo que aseguró la confiabilidad y representatividad de los resultados.

### **Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico se realizó por triplicado utilizando placas Petrifilm™ (3M, EE. UU.) para la determinación de mohos y levaduras. Las placas se incubaron a  $25 \pm 1$  °C durante 48 horas, y los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g).

La interpretación de los resultados se realizó conforme a los límites máximos permisibles establecidos en la NTE INEN 1123-2 (2016), normativa que regula los requisitos microbiológicos del café tostado y molido comercializado en el Ecuador.



### **Análisis sensorial**

La evaluación sensorial se realizó conforme el protocolo oficial de la Specialty Coffee Association (SCA). La catación fue efectuada por un catador entrenado y certificado por la SCA y el Coffee Quality Institute (CQI), utilizando la hoja de evaluación estándar para cafés arábigos.

Se calificaron los atributos de fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, limpieza, dulzor y puntaje global, asignando valores según la escala de 0 a 100 puntos establecida por la SCA. Los resultados permitieron clasificar las muestras en las categorías de café comercial (<80 puntos) y café especial ( $\geq 80$  puntos).

### **Análisis estadístico**

Los datos fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales obtenidos de las 12 muestras fueron organizados en Microsoft Excel para su tabulación y análisis preliminar. El procesamiento estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics versión 25.

Las muestras se agruparon en tres niveles altitudinales y, adicionalmente, según el manejo poscosecha, clasificado como eficiente, intermedio o deficiente. Esta categorización se estableció a partir de la encuesta técnica aplicada a los productores, los valores colorimétricos del grado de tueste ( $L^*$ ) y las puntuaciones de catación obtenidas conforme a la metodología de la Specialty Coffee Association (SCA).

Se verificaron los supuestos del ANOVA mediante la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk y la de homogeneidad de varianzas de Levene. Cuando se cumplieron dichos supuestos, se aplicó un ANOVA paramétrico seguido de la prueba de Tukey para la comparación de medias ( $p < 0,05$ ). En las variables que no cumplieron los supuestos, se utilizaron las pruebas no paramétricas de Mann–Whitney U y Kruskal–Wallis.

Las variables microbiológicas se evaluaron según los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1123-2, sin aplicar análisis estadístico adicional, dado que todas las muestras cumplieron con los valores normativos.

**Tabla 1.** Parámetros fisicoquímicos (promedio  $\pm$  DE) de muestras de *Coffea arabica* L. tostado y molido de diferentes marcas comerciales provenientes de la isla San Cristóbal, Galápagos.

Z	Código	Manejo poscosecha	pH	Acidez T. (% ácido málico)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Sólidos solubles (%)
Baja (130-290)	SC-A1-FC01	Intermedio	4.63 $\pm$ 0.1	0.44 $\pm$ 0.03	2.82 $\pm$ 0.09	4.84 $\pm$ 0.1	39.04 $\pm$ 0.02
	SC-A1-FC02	Eficiente	4.92 $\pm$ 0.07	0.35 $\pm$ 0.03	2.2 $\pm$ 0.08	4.08 $\pm$ 0.14	39.11 $\pm$ 0.10
	SC-A1-FC03	Deficiente	5.01 $\pm$ 0.14	0.75 $\pm$ 0.02	1.98 $\pm$ 0.09	4.46 $\pm$ 0.11	27.91 $\pm$ 0.10
	SC-A1-FC04	Eficiente	4.81 $\pm$ 0.02	0.75 $\pm$ 0.03	2.4 $\pm$ 0.12	4.29 $\pm$ 0	32.71 $\pm$ 0.08
Media (291-454)	SC-A2-FC05	Eficiente	4.82 $\pm$ 0.03	0.61 $\pm$ 0.05	3.21 $\pm$ 0.03	4.43 $\pm$ 0.14	37.14 $\pm$ 0.15
	SC-A2-FC06	Deficiente	5.03 $\pm$ 0.01	0.66 $\pm$ 0	1.72 $\pm$ 0.34	4.14 $\pm$ 0.1	34.12 $\pm$ 0.10
	SC-A2-FC07	Eficiente	4.77 $\pm$ 0.12	0.58 $\pm$ 0.03	4.22 $\pm$ 0.11	3.53 $\pm$ 0.19	38.72 $\pm$ 0.07
	SC-A2-FC08	Intermedio	5.15 $\pm$ 0.01	0.72 $\pm$ 0	3.6 $\pm$ 0.07	4.32 $\pm$ 0	29.56 $\pm$ 0.14
Alta (455-600)	SC-A3-FC09	Eficiente	4.82 $\pm$ 0.01	0.66 $\pm$ 0	3.62 $\pm$ 0.13	4.34 $\pm$ 0.31	36.15 $\pm$ 0.18
	SC-A3-FC10	Intermedio	4.85 $\pm$ 0.14	0.63 $\pm$ 0.02	2.7 $\pm$ 0.05	3.46 $\pm$ 0.25	38.65 $\pm$ 0.17
	SC-A3-FC11	Eficiente	4.91 $\pm$ 0.04	0.63 $\pm$ 0.03	3.07 $\pm$ 0.14	4.33 $\pm$ 0.1	29.81 $\pm$ 0.02
	SC-A3-FC12	Deficiente	5.05 $\pm$ 0.04	0.56 $\pm$ 0.03	4.22 $\pm$ 0.11	4.39 $\pm$ 0.18	38.87 $\pm$ 0.02

La codificación de las muestras se interpreta de la siguiente manera: SC= San Cristóbal; A1(130-290), A2(290-454), A3(454-600) = Altura 1, 2, 3 (msnm); FC= Finca de Café; 01-07= Número de muestras.  
No se encontraron diferencias significativas entre grupos para ninguna de las variables (ANOVA y Kruskal-Wallis,  $p > 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 resume los valores promedio  $\pm$  desviación estándar de pH, acidez titulable, humedad, cenizas y sólidos solubles obtenidos en las doce muestras de café tostado y molido. El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre niveles de altitud ni entre categorías de manejo de poscosecha (ANOVA y Kruskal-Wallis,  $p > 0.05$ ), lo que sugiere que estas variables no explicaron de forma directa la variabilidad observada.

El rango de pH observado (4.63–5.15) se encontró dentro de los valores típicos reportados para cafés arábigos de buena calidad (4.90–5.20) (Valencia et al., 2025). Valores más bajos, como en la muestra SC-A1-FC01 (4.63), podrían relacionarse con fermentaciones prolongadas o retención de mucílago, mientras que valores más altos ( $\geq 5.0$ ) sugieren procesos de lavado más intensos que reducen los ácidos disponibles (Lidya et al., 2024). Esto confirma que el pH, aunque no varió significativamente entre grupos, refleja de forma indirecta diferencias en el manejo de la fermentación.





La acidez titulable fluctuó entre 0.35 % y 0.75 %, en línea con estudios que muestran variaciones por altitud y por prácticas poscosecha (Viela et al., 2025). Los valores superiores a 0.70 % indican fermentaciones largas o beneficio tipo honey, mientras que los más bajos corresponden a procesos fully washed, donde el lavado elimina compuestos ácidos (Santanatoglia et al., 2024). Aunque no hubo diferencias estadísticas, este parámetro se mostró sensible a las decisiones de beneficio aplicadas por cada finca. El contenido de humedad varió entre 1.72 % y 4.22 %. Ocho muestras cumplieron con la normativa ecuatoriana (máx. 3.5 %), mientras que cuatro de ellas superaron este parámetro. Este exceso sugiere deficiencias en el secado o condiciones inadecuadas de almacenamiento, factores que incrementan el riesgo de crecimiento microbiano y pérdida de calidad sensorial (Cortés et al., 2022). La relación con los comentarios del catador en muestras defectuosas confirma que el control de humedad es crítico para garantizar estabilidad.

En cuanto al contenido de cenizas, todas las muestras se ubicaron entre 3.46 % y 4.84 %, valores que se encuentran dentro del rango aceptado por la NTE INEN 1123-2. Este resultado evidencia una adecuada composición mineral, sin relación clara con la altitud, lo que coincide con lo reportado por Kurniawan et al. (2024), donde los minerales dependen más de factores edafoclimáticos y fertilización que de la altura. El contenido de sólidos solubles de las muestras evaluadas osciló entre 27.91% y 39.1%, valores que cumplen con el rango de 20 a 40% establecido en la NTE INEN 1123-2 para café tostado y molido. De acuerdo con Chávez y Ordoñez (2021), los cafés arábigos cultivados en altitudes bajas tienden a presentar mayores contenidos de sólidos solubles, lo que evidencia que este parámetro puede variar con la altitud y las condiciones térmicas de procesamiento. En el presente estudio, aunque no se observaron diferencias significativas por altitud, se observó una ligera tendencia a valores más altos en muestras con manejo poscosecha eficiente, lo cual sugiere que el control del secado y tostado favorece la conservación de compuestos solubles y contribuye a una mejor calidad sensorial del café. Estos resultados confirman que la eficiencia del manejo poscosecha influye directamente en la retención de compuestos solubles, fortaleciendo el cuerpo y la percepción sensorial del café.

### **Clasificación del grado de tueste**

La determinación del grado de tueste se realizó mediante la medición del parámetro de luminosidad L\* en el sistema CIELAB con el Colorímetro CR-400/410 (Konica Minolta), tomando tres mediciones por



muestra. En la Tabla 2 se presentan los valores de luminosidad ( $L^*$ ) de las muestras analizadas, que oscilaron entre 9.63 y 21.08. En base a la NTE INEN 1123-2, las muestras de café se clasificaron desde “medio” hasta “muy oscuro”. Sin embargo, tres muestras (SC-A1-FC03, SC-A2-FC06 y SC-A3-FC12) no pudieron ser clasificadas dentro de este rango debido a defectos de sobre-tostado.

A pesar de que en la encuesta de diagnóstico los productores declararon realizar tuestes medios como parte de su manejo poscosecha, los valores de  $L^*$  no coincidieron con lo reportado. En particular, las tres muestras no clasificables evidenciaron un sobre-tostado que también fue confirmado por el análisis sensorial. El catador asignó únicamente un puntaje final (70–75) sin evaluar los atributos individuales (fragancia/aroma, acidez, cuerpo, etc.), debido a la presencia de defectos notables como “quemado” y “moho/fenol”. Este hallazgo pone de relieve que la percepción de los productores no siempre refleja el manejo real ni la calidad final del café. Esto confirma lo señalado por Cortés et al. (2022), quienes destacan que prácticas inadecuadas de secado, almacenamiento o tostado pueden generar defectos irreversibles en la calidad final.

**Tabla 2.** Grado de tueste ( $L^*$ ) de muestras de *Coffea arabica* L. tostado y molido de diferentes marcas comerciales provenientes de la isla San Cristóbal, Galápagos (promedio  $\pm$  DE).

Código	Manejo poscosecha	Grado de tueste ( $L^*$ )	Clasificación INEN 1123-2	Declarado por productor	Observación sensorial
SC-A1-FC01	Intermedio	14.45 $\pm$ 1.17	Oscuro	Medio oscuro, oscuro	
SC-A1-FC02	Eficiente	21.08 $\pm$ 0.5	Medio	Medio	Quemado/ No se identifican sabores
SC-A1-FC03	Deficiente	9.63 $\pm$ 1.46	NC	Medio	
SC-A1-FC04	Eficiente	16.25 $\pm$ 0.27	Moderadamente oscuro	Medio oscuro	
SC-A2-FC05	Eficiente	18.5 $\pm$ 0.55	Medio	Medio	Defectos / Moho, Fenol
SC-A2-FC06	Deficiente	11.79 $\pm$ 0.35	NC	Medio	
SC-A2-FC07	Eficiente	19.63 $\pm$ 1.32	Medio	Medio	
SC-A2-FC08	Intermedio	13.06 $\pm$ 0.26	Muy oscuro	Oscuro	
SC-A3-FC09	Eficiente	21 $\pm$ 0.32	Medio	Medio	Quemado, olor rancio/ No se identifican sabores
SC-A2-FC10	Intermedio	17.89 $\pm$ 0.74	Medio oscuro	Medio	
SC-A2-FC11	Eficiente	20.14 $\pm$ 0.29	Medio	Medio	
SC-A2-FC12	Deficiente	13.01 $\pm$ 0.21	NC	Medio	

Nota: La abreviatura (NC) corresponde a muestras que no clasifican dentro del grado de tueste establecidos en la NTE INEN 1123-2.

El valor  $L^*$  corresponde a la coordenada de luminosidad de la escala CIELAB

La categoría de poscosecha fue definida a partir de la encuesta de diagnóstico aplicada a los productores

La determinación del grado de tueste mediante el parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) evidenció diferencias significativas entre categorías de manejo poscosecha (ANOVA,  $F(2,9)=17.09$ ;  $p=0.001$ ;  $\eta^2=0.79$ ). Las muestras con poscosecha eficiente presentaron valores más altos de  $L^*$  ( $19.43 \pm 1.83^a$ ), correspondientes a tuestes medio/medio claro, mientras que las intermedias ( $15.13 \pm 2.49^b$ ) y deficientes ( $11.48 \pm 1.71^b$ ) mostraron tuestes más oscuros o incluso no clasificables según la NTE INEN 1123-2 (Tabla 3). Estos hallazgos confirman que el manejo poscosecha influye directamente en el grado de tueste logrado por cada finca, mientras que la altitud no se consideró como factor, dado que el color del tostado responde principalmente a decisiones tecnológicas durante el proceso térmico y no a condiciones edafoclimáticas.

Estudios previos coinciden en que tuestes más claros conservan mayor contenido de polifenoles y actividad antioxidante, además de mantener la acidez característica de cafés arábigos de calidad (Huaccha et al., 2024). En contraste, valores bajos de  $L^*$  reflejan tuestes excesivos, lo que implica degradación de compuestos fenólicos, pérdida de dulzura y aparición de notas amargas o quemadas (Díaz et al., 2018).

**Tabla 3.** Promedio del grado de tueste ( $L^*$ ) según la categoría de manejo poscosecha en *Coffea arabica* L. tostado y molido de San Cristóbal, Galápagos.

Manejo poscosecha	$L^*$ (media $\pm$ DE)	n	Clasificación predominante (NTE INEN 1123-2)
Eficiente	$19.43 \pm 1.83^a$	6	Medio/ Moderadamente oscuro
Intermedio	$15.13 \pm 2.49^b$	3	Medio oscuro/ Muy oscuro
Deficiente	$11.48 \pm 1.71^b$	3	Nc

Letras distintas indican diferencias significativas (ANOVA, Tukey,  $p < 0.05$ ).

NC = No clasificable.

## Análisis sensorial

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4, el catador certificado por la Specialty Coffee Association (SCA) y el Coffee Quality Institute (CQI) describió perfiles sensoriales diversos entre las muestras evaluadas. Las notas predominantes fueron melaza, té negro, limoncilla, panela, higo, banano, frutilla y frutos rojos, evidenciando variabilidad en atributos de fragancia, sabor, acidez y balance. Estas características reflejan el efecto combinado de las prácticas de fermentación, secado y tostado aplicadas por los productores locales.

**Tabla 4.** Resultados de la evaluación sensorial de *Coffea arabica* L. tostado y molido de diferentes marcas comerciales provenientes de la isla San Cristóbal, Galápagos.

Z	Código	Manejo poscosecha	Calificación	Clase
Baja (130- 290) msnm	SC-A1-FC01	Intermedio	76.5	Calidad usualmente buena
	SC-A1-FC02	Eficiente	80	Muy buena
	SC-A1-FC03	Deficiente	75	Calidad usualmente buena
	SC-A1-FC04	Eficiente	81.75	Muy buena
Media (291-454) msnm	SC-A2-FC05	Eficiente	81	Muy buena
	SC-A2-FC06	Deficiente	70	Calidad promedio
	SC-A2-FC07	Eficiente	81.5	Muy buena
	SC-A2-FC08	Intermedio	77	Calidad usualmente buena
Alta (455-600) msnm	SC-A3-FC09	Eficiente	83	Muy buena
	SC-A3-FC10	Intermedio	78.25	Calidad usualmente buena
	SC-A3-FC11	Eficiente	81.5	Muy buena
	SC-A3-FC12	Deficiente	75	Calidad usualmente buena

Clasificación basada en prácticas declaradas y puntuaciones de catación de acuerdo al catador entrenado.

**Tabla 5.** Resultados de la evaluación sensorial y clasificación de *Coffea arabica* L. tostado y molido según niveles altitudinales y categorías de manejo poscosecha en la isla San Cristóbal, Galápagos

Factor	Categoría	n	Puntaje (min-max)	Mediana	Clasificación SCA
Altitud	Baja (130-290 msnm)	4	75-81	78	Calidad usualmente buena – Muy buena
	Media (290-454 msnm)	4	76-82	79	Calidad usualmente buena – Muy buena
	Alta (454-600 msnm)	4	77-83	80	Calidad usualmente buena – Muy buena
Manejo poscosecha	Eficiente	6	79-83	81 <sup>a</sup>	Muy buena
	Intermedia	3	76-80	78 <sup>b</sup>	Usualmente buena - Muy buena
	Deficiente	3	70-76	73 <sup>c</sup>	Usualmente buena

No se encontraron diferencias significativas entre categorías de altitud (ANOVA,  $F(2,9)=0.253$ ;  $p=0.782$ ).

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p<0.05$ , prueba de Kruskal–Wallis con comparaciones por pares Mann–Whitney).

Como se muestra en la Tabla 5, la altitud de cultivo no presentó diferencias significativas en los puntajes de catación ( $p = 0.782$ ). Aunque en zonas continentales con mayores alturas se ha reportado un incremento en la acidez y complejidad aromática del café (Pereira et al., 2018; Chávez & Ordóñez, 2021), el rango altitudinal de San Cristóbal (130–600 msnm) resultó insuficiente para generar contrastes fisiológicos notorios.

En contraste, el manejo poscosecha influyó significativamente (Kruskal–Wallis,  $p = 0.009$ ) sobre el puntaje final y los atributos sensoriales. Los cafés con manejo eficiente alcanzaron las puntuaciones más altas (mediana = 81 puntos), caracterizados por una acidez brillante, dulzor elevado y un balance armonioso. En el conjunto de muestras evaluadas se identificaron notas de melaza, té negro, limoncilla, panela, higo, banano, frutilla y frutos rojos, atributos que reflejan una fermentación controlada y un tueste homogéneo. Por el contrario, los cafés con manejo deficiente no evidenciaron atributos positivos ni notas diferenciadas, registrando defectos como sabores a quemado, moho, cartón, rancio y sobre-tostado, asociados a un control inadecuado durante el secado y tostado.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Puerta y Echeverry (2015), quienes destacaron que los defectos sensoriales como fermento, moho o fenólicos se relacionan directamente con un manejo inadecuado de la fermentación y el secado. De forma complementaria, Barbosa et al. (2019) y Cortés et al. (2022) sostienen que la gestión poscosecha influye de manera directa en la generación o pérdida de compuestos volátiles como alcoholes, ésteres y aldehídos responsables del aroma y sabor característicos del café, reafirmando la importancia del control térmico y microbiológico en el beneficio húmedo.

Así mismo, la revisión de Velásquez y Banchón (2022) indica que aproximadamente el 40 % de la calidad sensorial del café depende de los factores poscosecha, los cuales determinan la síntesis y conservación de metabolitos aromáticos claves. Esta afirmación es coherente con los resultados obtenidos en este estudio, donde el manejo eficiente del proceso permitió la preservación de notas dulces y frutales, mientras que un manejo deficiente favoreció la aparición de sabores indeseables.

En cuanto a la altitud, aunque se ha descrito que mayores alturas pueden incrementar la acidez y complejidad aromática (Chávez & Ordóñez, 2021; Pereira et al., 2018; Duicela et al., 2017), en el presente estudio no se observaron diferencias significativas entre los grupos altitudinales. Esto podría explicarse por el rango moderado de altitud (130–600 msnm) y la posible interacción de factores edafoclimáticos con las prácticas poscosecha. Mendoza et al. (2023) también evidenciaron que, en rangos altitudinales similares, la variabilidad sensorial no siempre resulta estadísticamente significativa. En conjunto, los hallazgos refuerzan que la calidad final del café depende en gran medida del manejo poscosecha, cuyo control adecuado de la fermentación, lavado y secado puede potenciar los atributos

sensoriales y garantizar la consistencia del producto final, incluso bajo condiciones altitudinales intermedias.

### **Análisis microbiológicos**

Los resultados del recuento de mohos y levaduras en las doce muestras de café tostado y molido evaluadas. Todas las muestras registraron valor  $\leq 10$  UFC/g, ubicándose por debajo del límite máximo establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1123-2 (2016), que considera satisfactorio un recuento inferior a 100 UFC/g.

Estos valores indican una excelente calidad microbiológica del producto, lo que refleja condiciones higiénicas adecuadas durante el procesamiento, tostado, envasado y almacenamiento. La ausencia de cargas microbianas significativas sugiere que el tratamiento del tueste térmico fue efectivo para inactivar microorganismos, y que no se produjeron contaminaciones posteriores que pudieran comprometer la inocuidad del café.

De acuerdo con lo señalado por Cortés et al. (2022), niveles tan bajos de mohos y levaduras en café tostado están directamente asociados a un secado eficiente, empaques herméticos y almacenamiento en condiciones de baja humedad relativa. Esto coincide con las prácticas observadas en la mayoría de las fincas muestreadas, donde se emplean empaques con barrera a la humedad y se conserva el producto en ambientes frescos y secos. En este sentido, los resultados microbiológicos confirman que las muestras analizadas son seguras para el consumo y cumplen holgadamente con los estándares de calidad establecidos a nivel nacional e internacional.

### **CONCLUSIONES**

La altitud de cultivo 130 y 600msnm no influyó significativamente sobre las propiedades fisicoquímicas ni sensoriales del café (*Coffea arabica* L.) producido en la isla San Cristóbal, lo que evidencia que el rango altitudinal insular tiene un efecto limitado sobre la calidad final del producto.

El manejo poscosecha se identificó como el principal factor determinante de la calidad, afectando directamente el grado de tueste ( $L^*$ ), el contenido de humedad y las puntuaciones de catación.

Cuatro muestras superaron el límite máximo de humedad (3.5%) establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1123-2 (2016), lo que refleja deficiencias en el secado o almacenamiento y sugiere la necesidad de mejorar los controles de estas etapas.



El 66,7% de las muestras alcanzó puntuaciones iguales o superiores a 80 puntos según la escala de la Specialty Coffee Association, clasificándose como cafés de muy buena calidad, principalmente aquellos con manejo poscosecha eficiente.

Todos los ensayos microbiológicos mostraron recuentos  $\leq 10$  UFC/g, por debajo del límite normativo de la NTE INEN 1123-2, lo que confirma la inocuidad microbiológica del producto analizado.

En el contexto insular de San Cristóbal, la consistencia de las etapas de fermentación, secado, tostado y almacenamiento representa el factor clave para obtener cafés diferenciados y competitivos en mercados especializados.

## RECOMENDACIONES

Implementar protocolos estandarizados de secado y almacenamiento que garanticen contenidos de humedad inferiores al 3.5% previniendo defectos sensoriales y microbiológicos.

Capacitar a los productores en el grado de tueste mediante herramientas de colorimetría o curvas térmicas, con el fin de evitar sobre tostados y pérdida de compuestos aromáticos.

Optimizar el diseño y la calidad de los empaques utilizados para el café destinado a su envío fuera de la isla, priorizando materiales más resistentes y sistemas de cierre adecuados para garantizar su conservación durante el almacenamiento y transporte.

Fortalecer el acompañamiento técnico por parte de instituciones locales, como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), para uniformar las prácticas poscosecha y promover la trazabilidad del producto.

Utilizar los resultados obtenidos en este estudio como soporte técnico para el posicionamiento del café Galápagos en mercados diferenciados. Además, se sugiere ampliar futuras investigaciones incorporando análisis de compuestos volátiles, fenólicos y antioxidantes que permitan caracterizar integralmente la calidad del café insular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AOAC. (1996). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* .

Barbosa, I. D., Oliveira, A. C., Rosado, R. D., Sakiyama, N. S., Cruz, C. D., & Pereira, A. A. (2019).

Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by postharvest processing. *Crop*



- Breed. Appl. Biotechnol.*, 19(4), 428-435. doi: <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a60>
- Borém, F. M., Cirillo, M. Â., Carvalho, A. P., Santos, C. M., Liska, G. R., Ramos, M. F., & Lima, R. R. (2019). Coffee sensory quality study based on spatial distribution in the Mantiqueira mountain region of Brazil. *Journal of Sensory Studies*, 35(2), e12552. doi: <https://doi.org/10.1111/joss.12552>
- Chávez, A. A., & Ordoñez, E.-S. (2021). Influencia de la altitud en la calidad y estabilidad térmica de granos de *Coffea arabica* L. *Agroindustrial Science*, 11(1), 7-16. doi: <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.01>
- Cortés, E., Fuentes, C., Gentil, P., Girón, J., & Fuentes, A. (2022). Impacto de los tratamientos poscosecha en las características fisicoquímicas y sensoriales de los granos de café en Huila, Colombia. *Biología y tecnología poscosecha*, 187, 111852. doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111852>
- Das, S. (2022). Post-harvest processing of coffee: An overview. *Coffee Science*, 16, 1-7. doi: <https://doi.org/10.25186/v16i.1976>
- Díaz, F., Ormaza, A., & Rojano, B. (2018). Efecto de la tostión del café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre el perfil de taza, contenido de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante. *Información tecnológica*, 29(4), 31-42. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400031>
- Duicela, L. A., Velásquez, S. d., & Farfán, D. S. (2017). Calidad organoléptica de cafés arábigos en relación a las variedades y altitudes de la zonas de cultivo, Ecuador. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1), 67-77. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=81351597010>
- El Comercio. (2019). *El café de Galápagos impulsa rutas turísticas en el archipiélago*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/cafe-galapagos-impulsa-rutas-turisticas.html?utm>
- Ferreira, D. S., Canal, G. B., Nascimento, M., Campana, A. C., Soares, J. M., Teixeira, J. F., . . . Tomaz, M. A. (2021). Exploring the multivariate technique in the discrimination of *Coffea*





- arabica L.* cultivars regarding the production and quality of grains under the effect of water management. *Euphytica*, 217(6), 118. doi: <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02845-5>
- Heredía, D. H., & Robalino, J. H. (2021). *Análisis correlacional de los rendimientos del sector cafetalero y el crecimiento económico del Ecuador. Perspectiva antes y después de la pandemia* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://201.159.223.180/bitstream/3317/17109/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-610.pdf>
- Huaccha, C., Ordoñez, E., & Villanueva, J. (2024). Efecto del proceso de tostado en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y evaluación sensorial del café producido en Perú. *Ciencia y tecnología Agropecuaria*, 25(3), e3508. doi: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol25\\_num3\\_art:3508](https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num3_art:3508)
- ICO. (2021). *International Coffee Organization*. <https://www.ico.org/pt/>
- Jiménez, K. A., Quezada, J. M., & Vega, A. C. (2023). Análisis de las exportaciones del café en el Ecuador periodo 2017- 2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 6166-6184. doi: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4909](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4909)
- Kurniawan, M., Aminah, S., & Agusthini, T. (2024). Physicochemical Analysis of Arabica Coffee Sigarar Utang Varieties-Kurniawan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 12(2), 79-87. [https://www.researchgate.net/publication/380365329\\_Physicochemical\\_Analysis\\_of\\_Arabica\\_Coffee\\_Sigarar\\_Utang\\_Varieties-Kurniawan](https://www.researchgate.net/publication/380365329_Physicochemical_Analysis_of_Arabica_Coffee_Sigarar_Utang_Varieties-Kurniawan)
- Mendoza, B. F., Pincay, J. D., Merchán, W. A., & Narváez, W. V. (2023). Evaluación sensorial del café (*Coffea arabica L.*) en cuatro rangos altitudinales de Jipijapa-Ecuador. *Conocimiento Global*, 8(2), 58-67. doi: <https://doi.org/10.70165/cglobal.v8i2.320>
- Puerta, G. I., & Echeverry, J. G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Cenicafé*. doi: <https://doi.org/10.38141/10779/0404>
- Velásquez, S. D., & Banchón, C. (2022). Influence of pre-and post-harvest factors on the organoleptic and physicochemical quality of coffee: a short review. *Journal of Food Science and Technology*, 60(10), 2526-2538. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05569-z>

