



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERA BIOTECNÓLOGA

**“Evaluación del potencial antioxidante y contenido fenólico en
granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja,
Ecuador.”**

Elaborado por: Cachumba Punina Ingrid Domenica

Tutora: Mihai Raluca Alexandra Ph.D.

Sangolquí, 2026





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ÍNDICE

- Problema de investigación
- Objetivos
- Marco Teórico
- Metodología
- Resultados y Discusión
- Conclusiones y Recomendaciones
- Agradecimientos



Problema de Investigación

- Los granos de *Coffea arabica* L. contienen una variedad de compuestos bioactivos (Chaves-Ulate & Esquivel-Rodríguez, 2019).
- El contenido de estos compuestos puede variar en función de los procesos de transformación aplicados durante su procesamiento (Wu, Gu, et al., 2022).
- Resulta relevante evaluar el contenido de compuestos fenólicos, así como el potencial antioxidante, en granos procesados de *Coffea arabica* L. producidos en Loja.

¿Cuál es la concentración de compuestos fenólicos totales, flavonoides y carácter antioxidante en granos procesados de *Coffea arabica* L. en la provincia de Loja, Ecuador?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el potencial antioxidante y contenido fenólico en granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja, Ecuador.

Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de compuestos fenólicos totales, con el método Folin Ciocalteu, en granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja.
- Analizar la concentración de flavonoides, con el método de Cloruro de Aluminio en granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja.
- Evaluar el carácter antioxidante en granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja, a través del método DPPH.



Marco Teórico

Género *Coffea*

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Gentianales
- **Familia:** Rubiaceae
- **Género:** *Coffea*



Figura 1. Planta de *Coffea arabica*. Berrío, (2019)

- Árboles o arbustos pequeños de hoja perenne
- Frutos o cerezas de café
- Semillas son los granos de café.
- Cultivo de relevancia económica y social mundial
- Principales especies comerciales: *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner.

Coffea arabica L.

Distribución en Ecuador

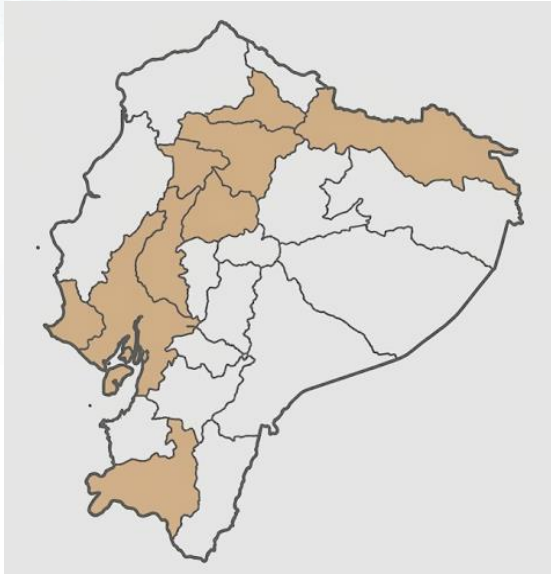


Figura 2. Distribución de *Coffea arabica* L. en Ecuador. laborado por Cachumba, I. mediante Gemini AI, (2026).

Condiciones climáticas



Figura 3. Clima cálido tropical



Figura 4. Clima templado y húmedo

Altitud y Temperatura

- 17 - 23°C
- 1500 – 2000 msnm

Importancia

- Loja representa una zona de importante producción de *Coffea arabica* L.
- Tiene relevancia económica y social, debido a que constituye una fuente de ingresos para productores y comerciantes.

Tueste de café



Figura 5. *Coffea arabica* tueste claro.
Fotografía propia.



Figura 6. *Coffea arabica* tueste medio.
Fotografía propia.



Figura 7. *Coffea arabica* tueste oscuro.
Fotografía propia.

Compuestos bioactivos

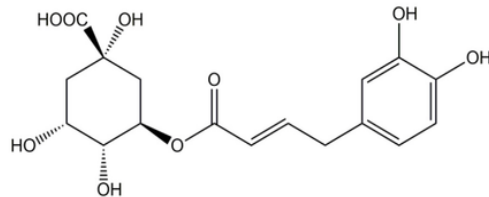


Figura 8. ácido 5-cafeoilquínico

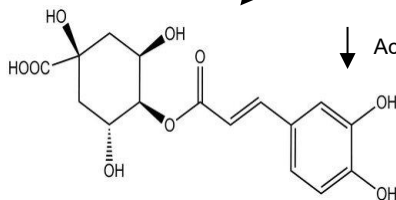


Figura 9. ácido 4-cafeoilquínico

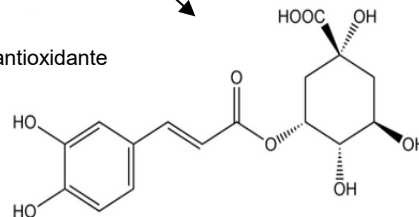


Figura 10. ácido 3-cafeoilquínico

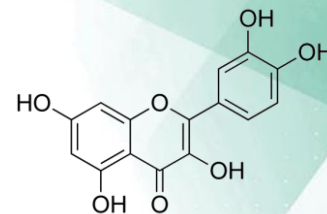


Figura 11. Quercetina

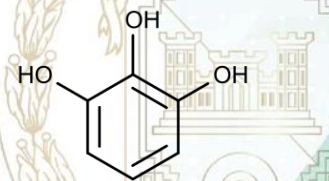


Figura 12. Pirogalol

Ensayo del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)

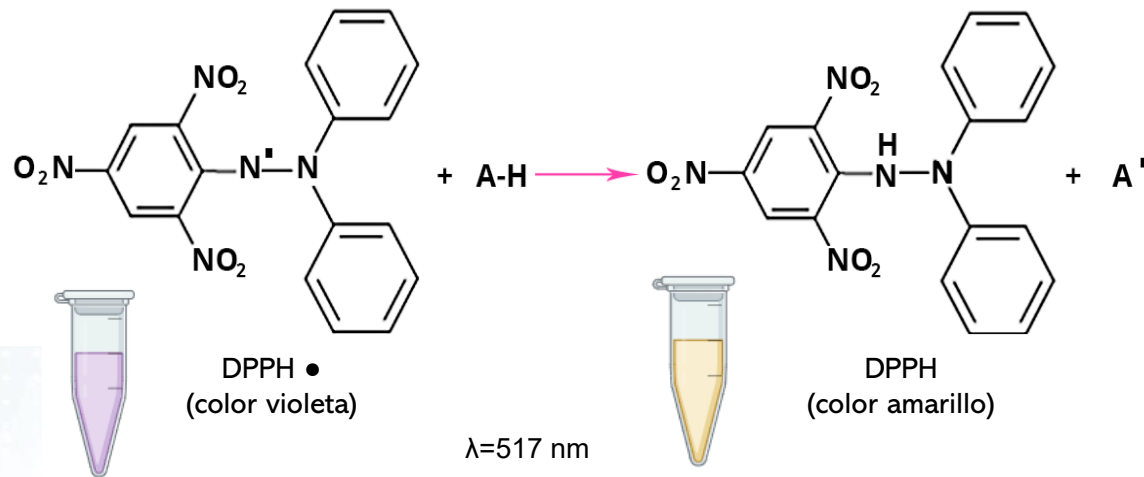


Figura 13. Reacción entre el DPPH y un antioxidante. Chimactiv, (2025)

- Radical DPPH• → color violeta
- Antioxidante → cede H/electrones al radical
- DPPH• → DPPH-H → viraje de color a amarillo
- Muestra logró decolorar y neutralizar una mayor cantidad de radicales

Menor absorbancia = mayor capacidad antioxidante

Ensayo colorimétrico con cloruro de aluminio

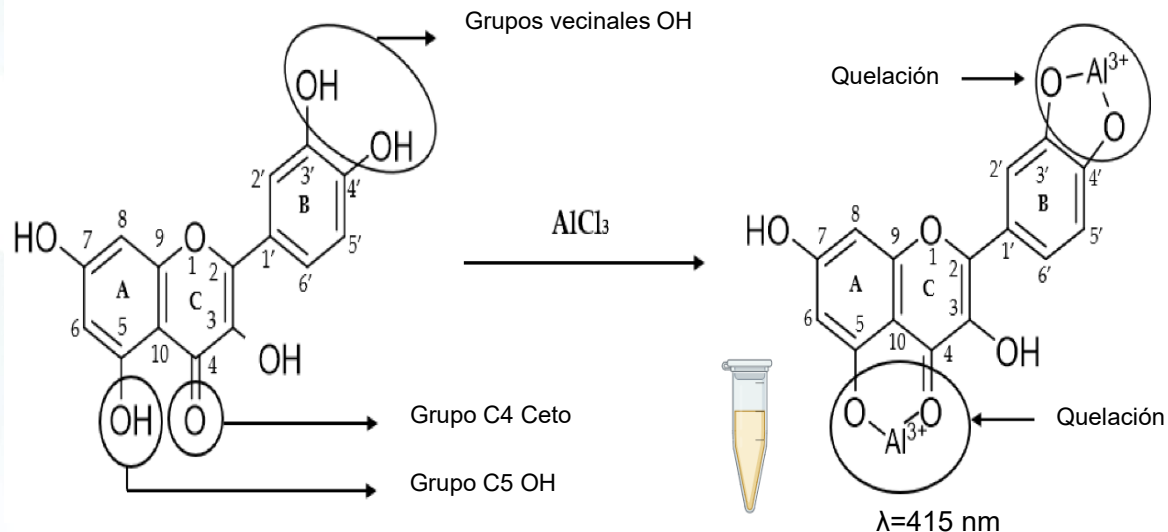
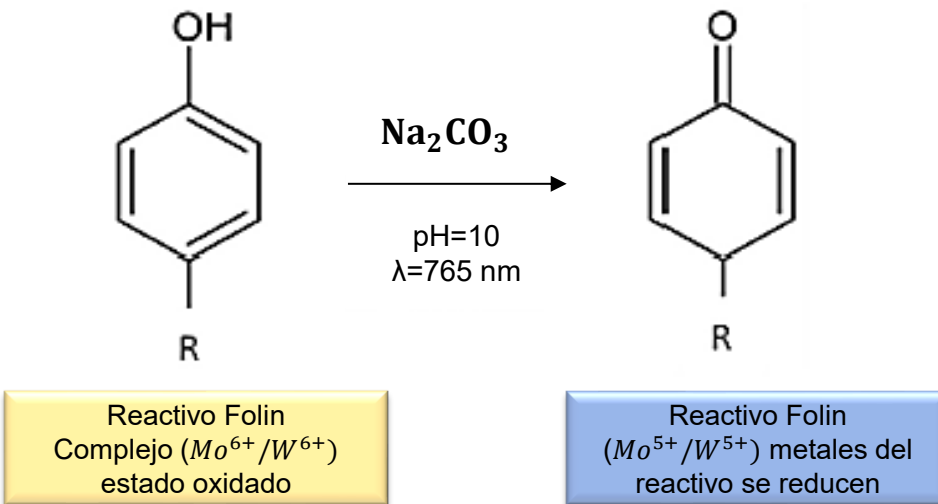


Figura 14. Reacción de quelación. Adaptado de (Sultana et al., 2024)

- El aluminio (Al^{3+}) se une a partes muy específicas del flavonoide.
- Esta quelación forma un complejo estable de color amarillo intenso que absorbe luz a 415nm

**Mayor intensidad de color
amarillo → mayor
concentración de flavonoides**

Método de Folin-Ciocalteu



- Na_2CO_3 : desprotona los grupos hidroxilo del fenol, estos donan electrones y reducen los metales
- El fenol se oxida (pierde electrones y se convierte en quinona)

Mayor intensidad de color → mayor concentración de compuestos fenólicos

Figura 15. Reacción de óxido-reducción en medio alcalino. Vicente-Zurdo et al., (2024)

Metodología

Área de obtención de muestras



Figura 16. Ecuador, Loja, cantón Puyango, sector El Naranjal, finca "Don Flori". Google Earth (2026).

Obtención de muestras



Figura 17. Granos de café. Alibaba, (2022)



Figura 18. Tueste de café. Cafés Candelas, (2016)



Figura 20. Presentación empacada de 350 gramos de grano entero. Fotografía propia.



Figura 19. Granos de café tueste claro; granos de café tueste medio; granos de café tueste oscuro. Fotografía propia.

Extracción de compuestos bioactivos



Figura 21. Extracción de principios activos de granos de *Coffea arabica* L.; realizado por Cachumba, I. en Biorender, 2026

Evaluación del potencial antioxidante: Ensayo del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)



Figura 22. Ensayo DPPH; realizado por Cachumba, I. en Biorender, 2026

Análisis de concentración de flavonoides: Ensayo con cloruro de aluminio

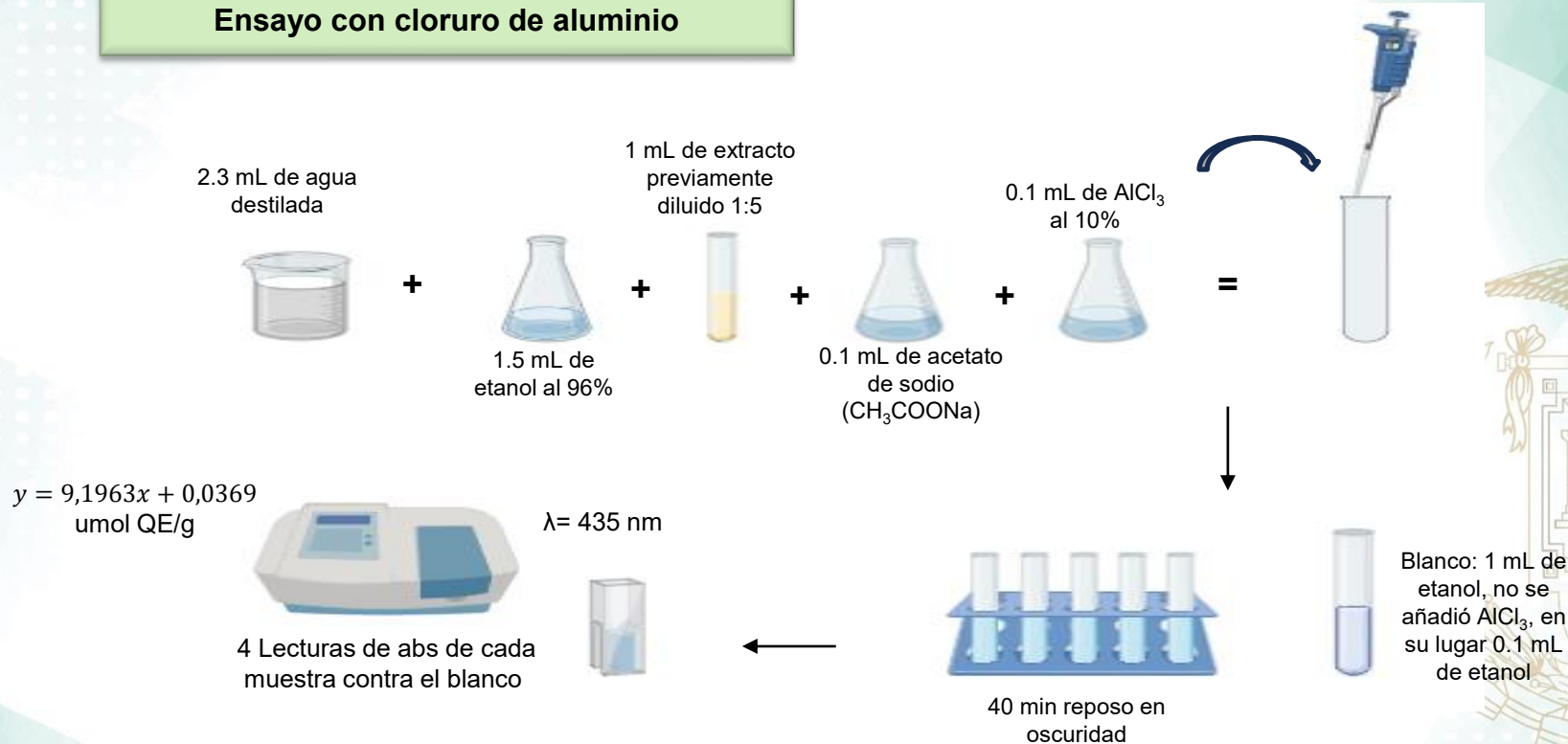


Figura 23. Ensayo con cloruro de aluminio; realizado por Cachumba, I. en Biorender, 2026

Determinación de compuestos fenólicos totales: Ensayo Folin-Ciocalteu



Figura 24. Ensayo con Folin Ciocalteu; realizado por Cachumba, I. en Biorender, 2026

Estadística

Variables de Respuesta

- Compuestos fenólicos totales
- Flavonoides
- Capacidad antioxidante (DPPH)

Criterio de clasificación

Grado de tueste

- Claro
- Medio
- Oscuro



Jamovi 2.7.37

Estadística descriptiva

- **Media $\pm$ desviación estándar**
Valor promedio de las cuatro repeticiones y qué tan dispersos fueron los datos.

Supuestos

- **Shapiro-Wilk** -> Normalidad ($p > 0,05$)
- **Levene** -> Homogeneidad de varianzas ($p > 0,05$) variabilidad

Análisis inferencial

- **ANOVA ($p < 0.05$)**
Diferencias estadísticamente significativas entre los tres grados de tueste

Comparación múltiple

- **Prueba de Tukey ($p < 0.05$)**
Entre qué pares de grupos existían esas diferencias encontradas por el ANOVA.

Resultados



Figura 25. (a) granos de café tueste claro; (b) granos de café tueste medio; (c) granos de café tueste oscuro. Fotografía propia.

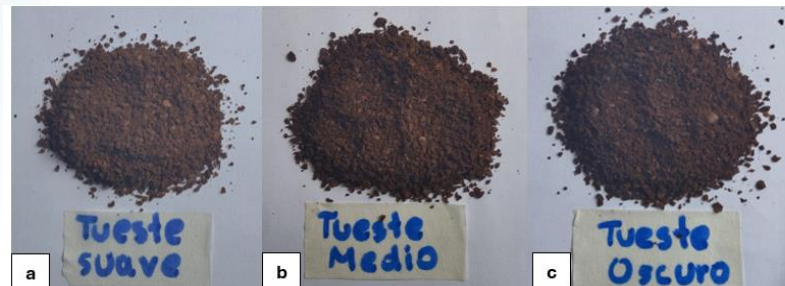


Figura 26. (a) café tueste claro molido; (b) café tueste medio molido; (c) café tueste oscuro molido. Fotografía tomada en el laboratorio CICTE de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" por Cachumba Ingrid, 2026, Sangolquí, Ecuador.

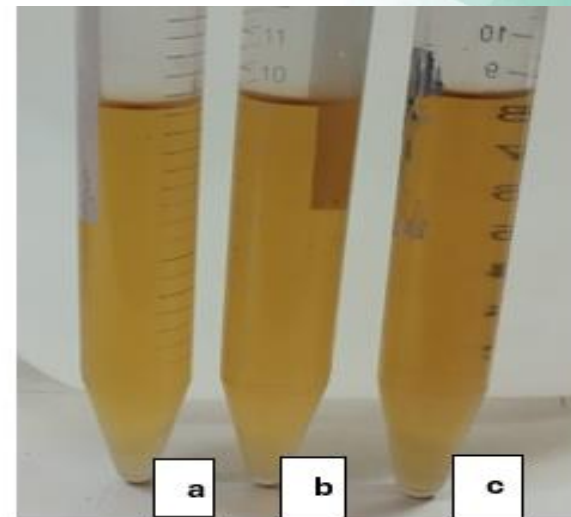


Figura 27. (a) extracto etanólico café tueste claro; (b) extracto etanólico café tueste medio; (c) extracto etanólico café tueste oscuro. Fotografía tomada en el laboratorio CICTE de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" por Cachumba Ingrid, 2026, Sangolquí, Ecuador.

Evaluación del potencial antioxidante (DPPH)

Tabla 1.

Respuestas experimentales obtenidas mediante el ensayo DPPH de la actividad antioxidante en granos de *Coffea arabica* L. procesado

Muestra	Media $\pm$ DE ($\mu\text{mol TE/g}$ muestra seca)
Tueste claro	12.181 $\pm$ 0.086 ^a
Tueste medio	10.774 $\pm$ 0.081 ^b
Tueste oscuro	9.484 $\pm$ 0.139 ^c

Nota. Resultados de la media y desviación estándar (n=4).

Tabla 4.

Comparaciones múltiples de Tukey para la actividad antioxidante (DPPH) según el grado de tueste

Comparación	Diferencia de medias	p-valor
Claro - Medio	1.41	<0.001
Claro - Oscuro	2.70	<0.001
Medio - Oscuro	1.29	<0.001

Nota; $p > 0.05$ mantiene una distribución normal.

Tabla 2.

Análisis de supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad de varianzas (Levene)

Prueba	F	p-valor
Shapiro-Wilk	0.954	0.693
Levene	1.05	0.390

Nota. $p > 0.05$ mantiene una distribución normal.

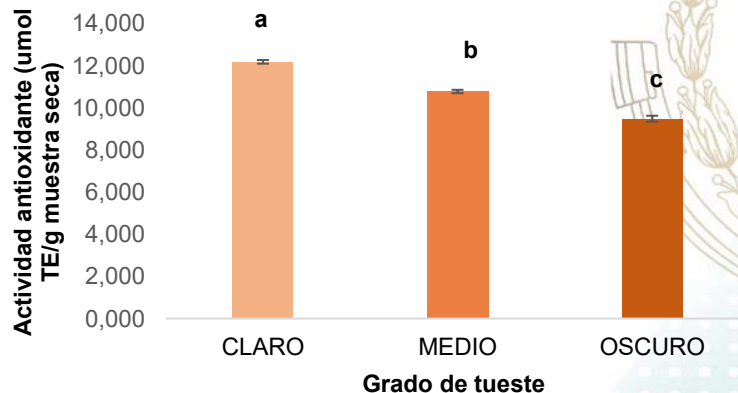
Tabla 3.

Análisis de varianza (ANOVA) de los valores finales obtenidos de la actividad antioxidante (DPPH)

Fuente de variación	gl	F	p-valor
Grado de tueste	2	653	<0.001
Residuos	9		

Nota. $p < 0.05$ indica diferencias significativas entre las medias

Figura 28. Comparación de la actividad antioxidante (DPPH) entre las muestras de *Coffea arabica* L. procesado



Análisis de concentración de Flavonoides Totales (AlCl₃)

Tabla 5.

Concentración de Flavonoides Totales determinada mediante el ensayo colorimétrico con cloruro de aluminio en granos de *Coffea arabica* L. procesado

Muestra	Media $\pm$ DE (μ mol QE/g muestra seca)
Tueste claro	5.616 $\pm$ 0.052 ^a
Tueste medio	4.815 $\pm$ 0.026 ^b
Tueste oscuro	4.116 $\pm$ 0.059 ^c

Nota. Resultados de la media y desviación estándar (n=4).

Tabla 8.

Comparaciones múltiples de Tukey para el contenido de Flavonoides Totales según el grado de tueste

Comparación	Diferencia de medias	p-valor
Claro - Medio	0.801	<0.001
Claro - Oscuro	1.501	<0.001
Medio - Oscuro	0.699	<0.001

Nota; $p > 0.05$ mantiene una distribución normal.

(Jung et al., 2021; Badr et al., 2018)

Tabla 6.

Evaluación de supuestos estadísticos (normalidad) y (homocedasticidad de varianzas)

Prueba	F	p-valor
Shapiro-Wilk	0.949	0.627
Levene	1.83	0.215

Nota. $p > 0.05$ mantiene una distribución normal.

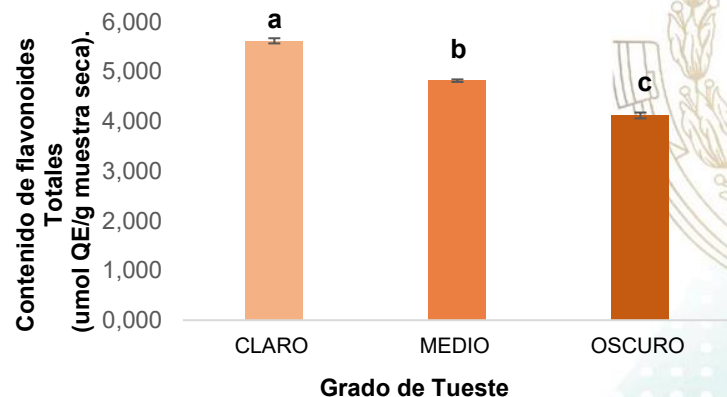
Tabla 7.

Análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones finales de Flavonoides Totales.

Fuente de variación	gl	F	p-valor
Grado de tueste	2	982	< 0.001
Residuos	9		

Nota. $p < 0.05$ indica diferencias significativas entre las medias

Figura 29. Comparación de la concentración de Flavonoides Totales entre las muestras de *Coffea arabica* L. procesado



Análisis de la concentración de compuestos Fenólicos Totales: Folin-Ciocalteu

Tabla 9.

Concentración de compuestos Fenólicos Totales determinada mediante el ensayo colorimétrico Folin Ciocalteu en granos de *Coffea arabica* L. procesado

Muestra	Media $\pm$ DE ($\mu\text{mol GAE/g}$ muestra seca)
Tueste claro	175.756 $\pm$ 1.608 ^a
Tueste medio	148.809 $\pm$ 1.406 ^b
Tueste oscuro	122.097 $\pm$ 0.980 ^c

Nota. Resultados de la media y desviación estándar (n=4).

Tabla 12.

Comparaciones múltiples de Tukey para el contenido de compuestos Fenólicos Totales según el grado de tueste

Comparación	Diferencia de medias	p-valor
Claro - Medio	26.9	<0.001
Claro - Oscuro	53.7	<0.001
Medio - Oscuro	26.7	<0.001

Nota; $p > 0.05$ mantiene una distribución normal.

Tabla 10.

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad de varianzas (Levene)

Prueba	F	p-valor
Shapiro-Wilk	0.970	0.914
Levene	0.476	0.636

Nota. $p > 0.05$ mantiene una distribución normal.

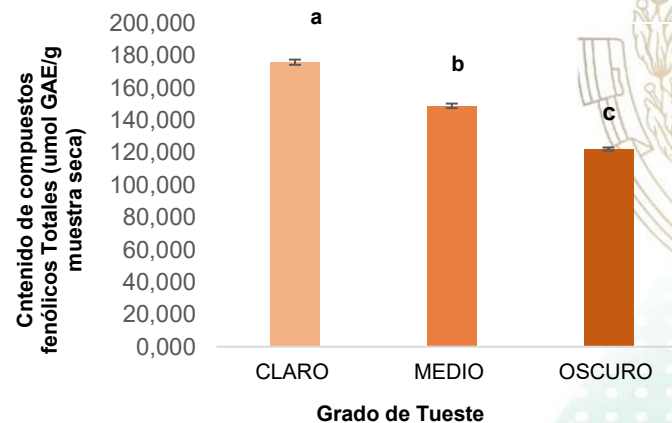
Tabla 11.

Análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de compuestos Fenólicos Totales

Fuente de variación	gl	F	p-valor
Grado de tueste	2	982	< 0.001
Residuos	9		

Nota. $p < 0.05$ indica diferencias significativas entre las medias

Figura 30. Comparación de la concentración de compuestos Fenólicos Totales entre las muestras de *Coffea arabica* L. procesado



Conclusiones

Se determinó la concentración de compuestos fenólicos totales mediante el método Folin Ciocalteu, en granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja, los resultados indicaron que las muestras correspondientes al grado de tueste claro presentaron la mayor concentración de compuestos fenólicos, seguido de las muestras correspondientes al tueste medio, y por último las muestras con grado de tueste oscuro que presentaron el menor contenido de compuestos fenólicos totales de las tres muestras analizadas.

Se analizó la concentración de flavonoides, con el método Cloruro de Aluminio en granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja, los datos revelaron que la concentración de flavonoides totales fue mayor en las muestras correspondientes al grado de tueste claro, intermedia en las muestras de tueste medio, y menor en las muestras correspondientes al tueste oscuro.

Se evaluó el carácter antioxidante en granos procesados de la variedad Arábigo en la Provincia de Loja, a través del método DPPH y los resultados evidenciaron un orden decreciente de la actividad antioxidante; muestras correspondientes al grado de tueste claro obtuvieron los valores más altos, las muestras de tueste medio valores intermedios y las muestras correspondientes al tueste oscuro presentaron los valores más bajos.

Estos resultados demuestran que los granos procesados de la variedad Arábigo provenientes de la provincia de Loja presentan un potencial funcional incluso después de su procesamiento.



Recomendaciones

Se recomienda usar técnicas más específicas que permitan identificar qué compuestos individuales se encuentran presentes en granos de *Coffea arabica* L. procesados. Se podrían usar técnicas cromatográficas como HPLC o LC-MS/MS.

Para estudios futuros se recomienda añadir más muestras de *Coffea arabica* L. procesado que abarquen otras zonas de Loja y otros proveedores. Además, se podría evaluar el contenido de compuestos bioactivos en muestras con otros factores asociados al procesamiento.

Se recomienda hacer un análisis de correlación como Pearson, que permita identificar si la actividad antioxidante de las muestras de *Coffea arabica* L. procesado está relacionada con la presencia de compuestos fenólicos.



Agradecimientos

Dios, familia y amig@s

