

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL
“Efecto del defecto físico en la actividad antioxidante y fenoles
totales de café arábica”**

Autor: Bach. Jesús Glorioso Calderón Medina

Asesor: Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Coasesor: Ms. Marilú Mestanza Mendoza

Registro:

CHACHAPOYAS – PERÚ

2022

DATOS DE ASESOR:

Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

DNI N° 44011631

Registro ORCID: 0000-0002-0946-3445

<https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>

DATOS DEL COASESOR:

Ms. Marilú Mestanza Mendoza

DNI N° 47034648

Registro ORCID: 0000-0003-2021-8798

<https://orcid.org/0000-0003-2021-8798>

Campo de investigación y el desarrollo, según la Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE)

1.00.00 -- Ciencias naturales

1.06.00 -- Biología

1.06.10 -- Ciencias de las plantas, botánica

DEDICATORIA

A dios, por darme la vida. A mi querido padre. Francisco Calderón Tafur y a mi querida madre Isabel Medina Sanches, quienes guiaron este camino con sus enseñanzas y lecciones aprendidas. Y a todos los que estuvieron apoyándome en mi formación profesional.

Jesús Glorioso Calderón Medina

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios por haberme permitido culminar esta tesis.

Mi agradecimiento muy especial al Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana; Ms. Marilú Mestanza Mendoza mis queridos asesores, por su apoyo constante, guía y dedicación a la presente investigación.

Fue un privilegio contar con su ayuda. Mis sinceros agradecimientos por la colaboración y crítica constructiva; Ing. Pati Llanina Mori Culqui por su apoyo incondicional y a todos quienes de alguna manera participaron en la realización de la presente tesis.

Un agradecimiento especial a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza que través del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva Indes-Ces, Proyecto “Creación de los Servicios del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica de Café” SNIP N°352439 ha financiado esta investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Ms. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jerí

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias



ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del defecto físico en la actividad antioxidante y fenoles totales de café arábica del egresado Jesús Glorioso Calderón Medina de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 10 de mayo de 2022

Firma y nombre completo del Asesor

Mg. Segundo G. Chavez Quintana.

ANEXO 3-K**VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del defecto físico en la actividad antioxidante y fenoles totales de café arábica del egresado Jesús Glorioso Calderón Medina de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 10 de Mayo de 2022

Firma y nombre completo del Asesor
Mg. Marilu Hestanza Mendoza

JURADO EVALUADOR DE TESIS




Dra. Elena Victoria Torres Mamani

Presidenta



Ms. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jerí

Secretario



Dr. Meregildo Silva Ramírez

Vocal



ANEXO 3-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EFEECTO DEL DEFECTO FÍSICO EN LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE
Y FENÓLEOS TOTALES DE CAFÉ ARÁBICA

presentada por el estudiante ()/egresado (x) JESÚS GIORIOSE CALDERÓN MEDINA

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AERONAUTICA

con correo electrónico institucional 031040A042@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 17 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 19 de mayo del 2022

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....



ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 31 de mayo del año 2022, siendo las 10:00 horas, el aspirante: Jesús Glorioso Calderón Medina, defiende en sesión pública presencial (X) / a distancia () la Tesis titulada: Efecto del defecto físico en la actividad antioxidante y fenoles totales de café arábica

_____ , teniendo como asesor a Ms. Segundo Giraldo Chávez Quiñano, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Elena Victoria Torres Mamani

Secretario: Armstrong Barnard Fernández Jari

Vocal: Meregilda Silva Ramírez

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X)

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 10:45 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....

ÍNDICE GENERAL

DATOS DE ASESOR:	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	vi
VISTO BUENO DEL COASESOR DE TESIS	vii
JURADO EVALUADOR DE TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TESIS	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	x
ÍNDICE GENERAL	xi
INDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Obtención de material	19
2.2. Preparación de los extractos	19
2.3. Determinación de compuesto bioactivos	19

a) Actividad antioxidante.....	19
b) Fenoles totales.....	21
2.4. Análisis de datos	21
III. RESULTADOS	22
IV. DISCUSIÓN	27
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS.....	36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de Antioxidantes y Polifenoles totales en infusiones de Café	22
Tabla 2. Técnicas de captura de radical libre DPPH y ABTS para determinar la actividad antioxidante de infusiones de café	36
Tabla 3. Datos estadísticos del SPSS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Captura del radical libre DPPH por infusiones de café a distintas dosis de defectos	23
Figura 2. Captura del radical libre DPPH por infusiones de café con distintos tipos de defectos	24
Figura 3. Captura del radical libre ABTS por infusiones de café con distintos tipos de defectos.	25
Figura 4. Contenido fenólico total de las infusiones de café con distintos tipos de defectos.	26
Figura 5. Muestra de café con defectos a estudiar.	52
Figura 6. Pesado de la muestra de café.	52
Figura 7. Tostado de muestras de café.	53
Figura 8. Enfriado de muestras de café.	53
Figura 9. Molido de muestras de café.	54
Figura 10. Prueba de capacidad antioxidante mediante radical libre DPPH	54

RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de los defectos físicos del café sobre la actividad antioxidante y compuestos fenólicos en las infusiones de café. Para ello, se trabajó con la variedad de café Catimor, provenientes de la provincia de Cuzco, Perú. Las muestras fueron dosificadas con seis tipos de defectos y tostadas en un tostador de convención durante nueve minutos a 170 °C. Se determinó el contenido de polifenoles mediante el método Folin Ciocalteu y la actividad antioxidante con las técnicas de captura de los radicales libres 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH), y 2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico (ABTS·+)). Se encontró que los antioxidantes se ven afectados con mayor intensidad por el defecto agrio, sin embargo, el grado de defecto no tiene ningún impacto, al menos para la técnica DPPH. La técnica de ABTS mostró que el defecto grano negro es el que más afecta los antioxidantes de las infusiones, y de manera general el grado de defecto tiene un impacto. Las infusiones con defecto broca leve presentan mayor contenido fenólico total en comparación con broca severa, que manifiesta valores bajos. En conclusión, los defectos físicos en los granos de café si tienen un impacto sobre los compuestos bioactivos de las infusiones de café.

Palabras clave: Catimor, compuestos bioactivos, grano defectuoso, grado de defecto.

ABSTRACT

The objective was to determine the effect of the physical defects of coffee on the antioxidant activity and phenolic compounds in coffee infusions. For this purpose, we worked with the Catimor coffee variety from the province of Cuzco, Peru. The samples were dosed with six types of defects and roasted in a convention roaster for nine minutes at 170 °C. Polyphenol content was determined by the Folin Ciocalteu method and antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), and 2,2-azino-bis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS-+) free radical scavenging techniques. Antioxidants were found to be more strongly affected by the sour defect, however, the degree of defect had no impact, at least for the DPPH technique. The ABTS technique showed that the black bean defect affects the antioxidants of the infusions the most, and generally the degree of defect has an impact. The infusions with a mild black kernel defect showed higher total phenolic content compared to severe black kernel defect, which showed low values. In conclusion, physical defects in coffee beans do have an impact on the bioactive compounds of coffee beverages.

Keywords: Catimor, bioactive compounds, defective grain, degree of defect.

I. INTRODUCCIÓN

El café es la segunda bebida más consumida en el mundo después del agua. Su comercialización supera los 3 millones con un consumo diario de dos mil millones de tazas por día (Butt & Sultan, 2011; International Coffee Organization, 2020). Durante las últimas décadas el consumo de café se ha incrementado entre 1 a 2 %, esto ha generado que la demanda de cafés especiales y de alta calidad se incremente de forma exponencial (Bhumiratana et al., 2011). Actualmente se cultiva en 80 países del mundo, y es la principal fuente económica de varios países en desarrollo. *Coffea arabica* (Arábica) y *Coffea canephora* (Robusta), son las especies de mayor producción en el mundo. En el Perú solo se cultiva Arábica en la selva central y norte, con aproximadamente 224 000 caficultores, lo que representaría el 9 % del PBI. Por tal motivo, es una de las actividades agrícolas más importantes, pues, además, es el sustento de la mayoría de familias rurales (Díaz-Vargas & Willems, 2017; ITC, 2012; Vargas et al., 2021).

La calidad del café es un factor muy importante que determina su valor comercial y características sensoriales (Farah et al., 2006). Evaluar la calidad del café involucra varios criterios que incluyen: tamaño del grano, color, forma, método de procesamiento, potencial de tueste y la presencia de granos con defectos físicos (Franca et al., 2005; ITC, 2011; Steen et al., 2017; Sridevi & Giridhar, 2013). La presencia de granos de café con defectos físicos puede ocurrir por varios motivos, desde factores genéticos y fisiológicos, mala fertilización, problemas de plagas y enfermedades, mal proceso de poscosecha e incluso factores medioambientales como la sequía y heladas (Franca et al., 2005; Oliveira et al., 2006).

Los granos defectuosos pueden alcanzar hasta el 20 % de la producción de café en Brasil, y al no ser aptos para exportación se destinan al mercado interno (Kalschne et al., 2018). Los más comunes son los granos ácidos, provocados por una sobrefermentación o mal desarrollo del fruto por escases de agua; los granos negros, pueden derivar de cerezos demasiado maduras o muertos; los granos inmaduros producto de una cosecha temprano y los granos perforados se debe a los insectos perforadores, que afectan negativamente la calidad de la bebida (Franca et al., 2005; Oliveira et al., 2006; Toci & Farah, 2008). El defecto más perjudicial tonta para la calidad en taza como para la salud de los

consumidores es el grano negro, debido a la presencia de ocratoxina A (Farah, 2012). De acuerdo a las normas de la Asociación de Cafés Especiales (SCA) los defectos se clasifican por categorías. Los granos negros completos, ácidos y dañados por insectos están en la categoría 1; los granos inmaduros, marchitos y flotantes pertenecen a la categoría 2 (SCA, 2018).

El consumo habitual de café está asociado con una reducción de padecer enfermedades neurodegenerativas y depresión, ya que contiene una gran variedad de compuestos biológicamente activos como los alcaloides (cafeína, teobromina), polifenoles (flavonoides, ácido clorogénico, cumarinas), aminoácidos, proteínas, carbohidratos y lípidos (Nkondjock, 2009; Pérez-Míguez et al., 2020; Rodríguez-Artalejo & López-García, 2018). El café es una fuente importante de antioxidantes para el organismo, y esto se ve reflejado en la literatura que con pruebas experimentales se ha demostrado que los antioxidantes del café pueden proteger las estructuras del ADN de las células de la oxidación (Tomac et al., 2020).

Todas las partes del cerezo del café poseen compuestos bioactivos, lo que podrían utilizarse como ingredientes de dietas con características nutracéuticas (del Pozo et al., 2020; Kwak et al., 2017; Nzekoue et al., 2020). Además, la borra que queda después de la extracción del café también es fuente potencial de compuestos bioactivos, que fácilmente podrían utilizarse para la elaboración de productos (Balzano et al., 2020; Salamat et al., 2019; Severini et al., 2020) En la industria de café la evaluación sensorial es una herramienta crucial para determinar la calidad de consumo de café, mediante el protocolo de 'catación de café' del SCA (Di Donfrancesco et al., 2014; Sittipod et al., 2019). Los especialistas se centran en evaluar el aroma, sabor y cuerpo de las bebidas, sin embargo, no hay información previa en la literatura que estudie el potencial bioactivo como factor para determinar la calidad de los granos de café.

Situado en este contexto, la presente investigación evaluó el efecto que tienen los defectos físicos en los compuestos bioactivos de infusiones de café. Bajo los siguientes objetivos, i) determinar la actividad antioxidante en infusiones de café dosificadas con defectos físicos y el impacto del grado de defecto; ii) determinar el contenido de polifenoles en infusiones de café dosificadas con defectos físicos y el impacto del grado de defecto.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Obtención de material

Se trabajó con la variedad de café Catimor, provenientes de la provincia de Cuzco, Perú. El café de especialidad (oro verde), variedad Catimor 86 puntos según los protocolos SCA (SCA, 2016), fue proveído por La Escuela de Excelencia de Café de la región Cusco, en Perú. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal (FISIOBVEG), Área Control de Calidad de Café de la UNTRM; donde se siguieron los protocolos de recepción de muestras.

Para obtener los defectos de café, se seleccionaron seis tipos de defectos físicos de café según SCA (granos parcialmente agrios, granos cereza, broca leve, broca severa, granos mordidos y granos negros) de una muestra de café convencional de la misma variedad. En seguida, se adicionó a la muestra de café especial a cuatro dosis distintas (2, 4, 6 y 8%); luego, se sometió a un proceso de tostado medio (170°C/9 min) en un tostador de convección (IMSA, Perú) y se llevó a un proceso de molienda fina en un molino de café (BUNN, USA), para posteriormente ser usada en la preparación de los extractos.

2.2. Preparación de los extractos

Para la preparación de los extractos de café se utilizó 10 g de café molido en 180 ml agua caliente (92 ± 3 °C), con un tiempo de extracción de 5 minutos. Posteriormente, se filtró en una bomba de vacío doble filtro (membrana PDFV 45 μm + filtro Whatman N° 40), se envasó en tubo Falcon de 15 mL y se llevó a refrigeración hasta su análisis.

2.3. Determinación de compuesto bioactivos

a) Actividad antioxidante

La actividad antioxidante será determinada por dos técnicas; 1) la primera mediante la captación del radical libre 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH), basada en la técnica desarrollada por Brand-Williams et al. (1995) y adaptada por Çelik & Gökmen (2018) para actividad antioxidante en café. Se pesaron 20 mg de DPPH

por litro de metanol, para obtener una absorbancia de aproximadamente 0,70. Se uso 3,0 ml de solución metanólica de DPPH y se colocó en las cubetas de cuarzo para medir la absorbancia inicial de DPPH (A0) a una longitud de onda de 516 nm. Luego, se tomó una alícuota de 77 µL de extracto de muestra y se colocó en la cubeta que contenía la solución DPPH, y se agitó. Las cubetas se dejaron en la oscuridad durante 10 minutos y luego se midió la absorbancia final (At).

La disminución de la absorbancia de la solución resultante se midió a una absorbancia 516 nm en un espectrómetro UV / VIS. Todos los experimentos se realizaron por triplicado y se informaron los valores medios. La capacidad de barrido se calculó utilizando la siguiente ecuación, y se expresa como la inhibición de DPPH:

$$\% \text{ de inhibición de DPPH} = \frac{(A0 - AS) - (AT - AS)}{(A0 - AS)} \times 100$$

A0: Absorbancia de la solución DPPH, AS: Absorbancia de metanol, AT: Absorbancia de la muestra.

La segunda técnica de captación del radical 2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico (ABTS·+) empleada y descrita por Del Castillo et al. (2002), para todos se empleó el estándar Trolox y los valores fueron expresados en mMol Trolox equivalente/Litro de extracto. Para generar el catión ABTS·+ se pesaron 19.2 mg de ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) y se disolvió en 5 mL de agua destilada para obtener una concentración de 7 mM. Luego se le adiciona 88 µL de Persulfato de Potasio 140 mM. La solución resultante se homogenizó y se dejó incubar a temperatura ambiente (25°C±1) en oscuridad por 16 horas. Una vez generado el radical ABTS·+, se procede a ajustar con metanol hasta obtener una absorbancia de 0.7 ± 0.1 a 754 nm. Para el análisis de la muestra se utilizó 3,0 mL de solución de ABTS. +, y se le adiciona 77 µL del extracto acuoso de café, se agitó vigorosamente haciendo uso de un vórtex. Inmediatamente se hizo una lectura en un espectrofotómetro UV/VIS a 754 nm. La curva de calibración se construyó con Trolox en un rango de 0 a 1.0 mM.

b) Fenoles totales

Se determina el contenido de polifenoles totales mediante la técnica de Folin Ciocalteu, siguiendo el procedimiento descrito por Çelik & Gökmen (2018). Se usó ácido gálico como estándar donde se pesó 10 mg de ácido gálico y se diluyó con agua ultra pura hasta un volumen de 100 mL para preparar la solución madre. Esta solución se utilizó en la preparación de la curva de calibración dentro del rango de 0 - 16 mg/L. de ácido gálico. Los extractos de la muestra (25 uL) diluido en 475 uL de agua ultra pura se depositaron en tubos de ensayo, luego se agregó 2,5 ml de reactivo de Folin-Ciocalteu diluido con agua destilada (1: 10 v / v) y 2 ml de Na₂CO₃ (solución acuosa al 20%). Los tubos de ensayo se dejan durante 5 minutos en estufa a 50 °C para desarrollar el complejo azul. Todas las muestras se prepararon por triplicado. Las medidas de absorbancia fueron proporcionadas por un espectrofotómetro UV / VIS a una longitud de onda de 765 nm.

2.4. Análisis de datos

Todos los experimentos se realizarán por triplicado, y los datos para cada compuesto, se determinarán diferencias significativas entre técnicas de conservación mediante variación unidireccional (ANOVA). Para ver las diferencias del impacto las técnicas de conservación entre las muestras, se aplicará la prueba Tukey con un nivel de significancia de 95%. Se aplicará análisis de los componentes principales (PCA) para describir el impacto global de los tratamientos aplicados de los dos subproductos en evaluación. El análisis estadístico se realizará con InfoStat versión 2018.

III. RESULTADOS

Tabla 1. Contenido de Antioxidantes y Polifenoles totales en infusiones de Café

Defecto	% Defecto	DPPH (mmol TE/L)	ABTS (mmol TE/L)	Fenoles FT (AGE mg/g muestra)
BROCA LEVE	2	5.770±38D	3.965±149.319 A	3566.244±294.17A
BROCA LEVE	4	5.814±31D	3.883±181.19A	3739.306±129.18A
BROCA LEVE	6	5.813±26D	3.595±186.55A	3354.816±225.52A
BROCA LEVE	8	5.800±32D	3.362±344.20A	3042.163±106.16A
CEREZO	2	5.816±36C	3.312±155.52C	387.877±374.55D
CEREZO	4	5.833±17C	3.164±205.34C	2954±268.57D
CEREZO	6	5.838±6C	3.043±65.778C	2747.061±165.67D
CEREZO	8	5.841±9C	2.927±95.386C	2652.367±198.97D
AGRIO	2	5.522±21E	3.500±103.96A	3388.693±158.15B
AGRIO	4	5.506±14E	3.012±94.112A	3291.551±246.24B
AGRIO	6	5.500±43E	3.074±185.89A	3067.469±101.55B
AGRIO	8	5.534±20E	2.933±129.79A	2983.795±348.70B
GRANO MORDIDO	2	5.914±7A	3.978±173.12B	2843.387±300.12B
GRANO MORDIDO	4	5.914±14A	3.873±182.19B	3136.448±351.52B
GRANO MORDIDO	6	5.900±14A	3.770±195.05B	3068.285±96.46B
GRANO MORDIDO	8	5.901±18A	3.637±127.40B	2648.285±141.30B
BROCA SEVERA	2	5.914±18B	3.855±238.22C	3163.387±144.68D

BROCA SEVERA	4	5.881±12B	3.500±217.00C	2759.306±180.57D
BROCA SEVERA	6	5.858±30B	3.491±140.46C	2758.081±154.66D
BROCA SEVERA	8	5.887±15B	3.269±460.76C	2882.571±122.58D
GRANO NEGRO	2	5.916±12B	2.425±477.84D	3029.510±150.41C
GRANO NEGRO	4	5.908±8B	2.799±134.91D	3054.408±203.39C
GRANO NEGRO	6	5.871±18B	2.944±137.04D	3238.489±251.41C
GRANO NEGRO	8	5.866±10B	2.995±422.66D	2965.836±207.25C

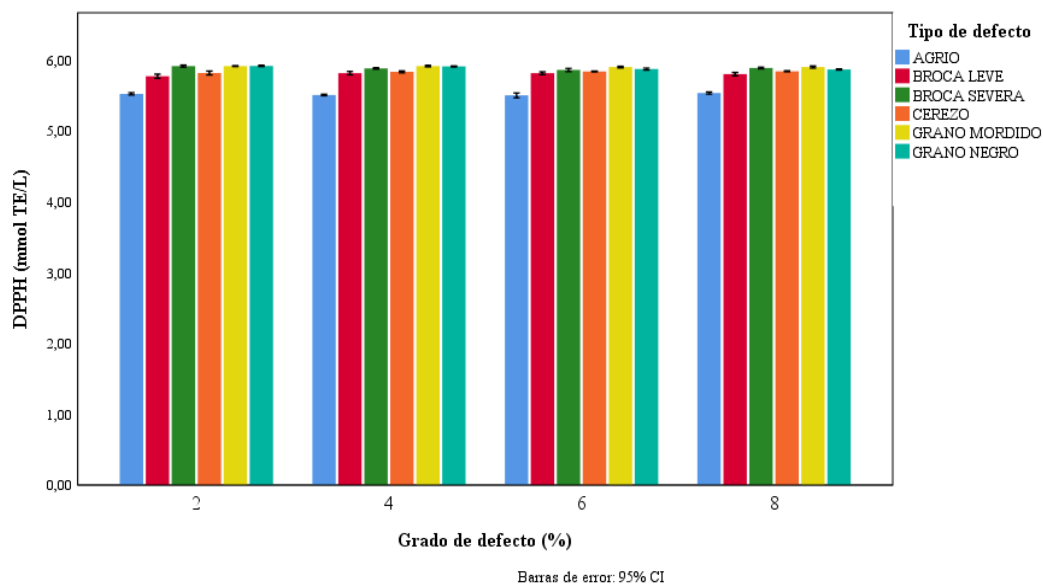


Figura 1. Captura del radical libre DPPH por infusiones de café a distintas dosis de defectos

La figura 1, muestra que el tipo de defecto agrio afecta en mayor medida la captura de radicales libres para las infusiones de café, y esta tendencia se repite en todas las dosis

evaluadas.

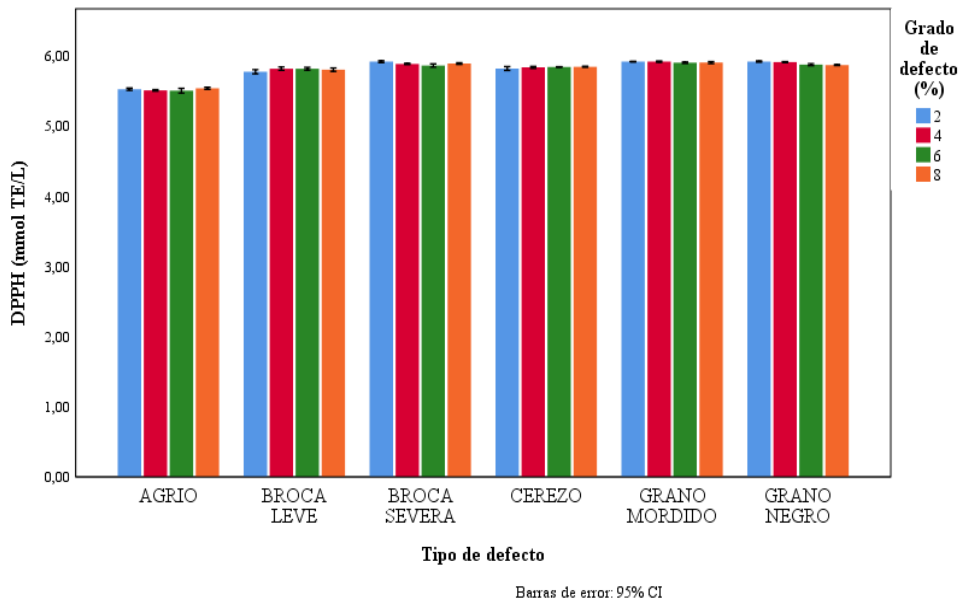


Figura 2. Captura del radical libre DPPH por infusiones de café con distintos tipos de defectos

La figura 2 confirma que el tipo de defecto agrio afecta de forma negativa la actividad antioxidante de las infusiones de café. También, se aprecia que el grado de defecto no tiene efecto sobre la captura de radicales libres DPPH para ningún defecto estudiado

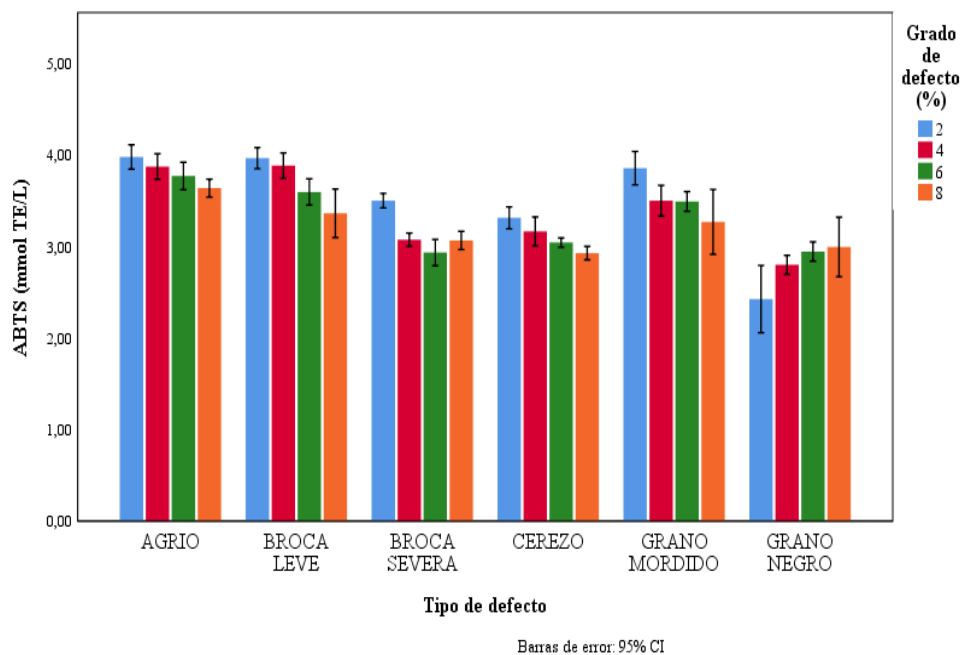


Figura 3. Captura del radical libre ABTS por infusiones de café con distintos tipos de defectos.

Las infusiones de café que capturan el radical libre ABTS con mayor eficiencia son las que contienen el tipo de defecto agrio, broca leve y grano mordido. De este último es de esperar, ya que es el defecto que menor daño puede producir. Las infusiones que contienen defectos de grano negro presentan menor actividad antioxidante, además, aquí se aprecia un fenómeno particular, ya que al incrementar el grado de defecto también se incrementa la actividad antioxidante. Este fenómeno es totalmente a la inversa en los demás defectos, puesto que, al incrementar la dosis de defecto la actividad antioxidante de las infusiones de café disminuye.

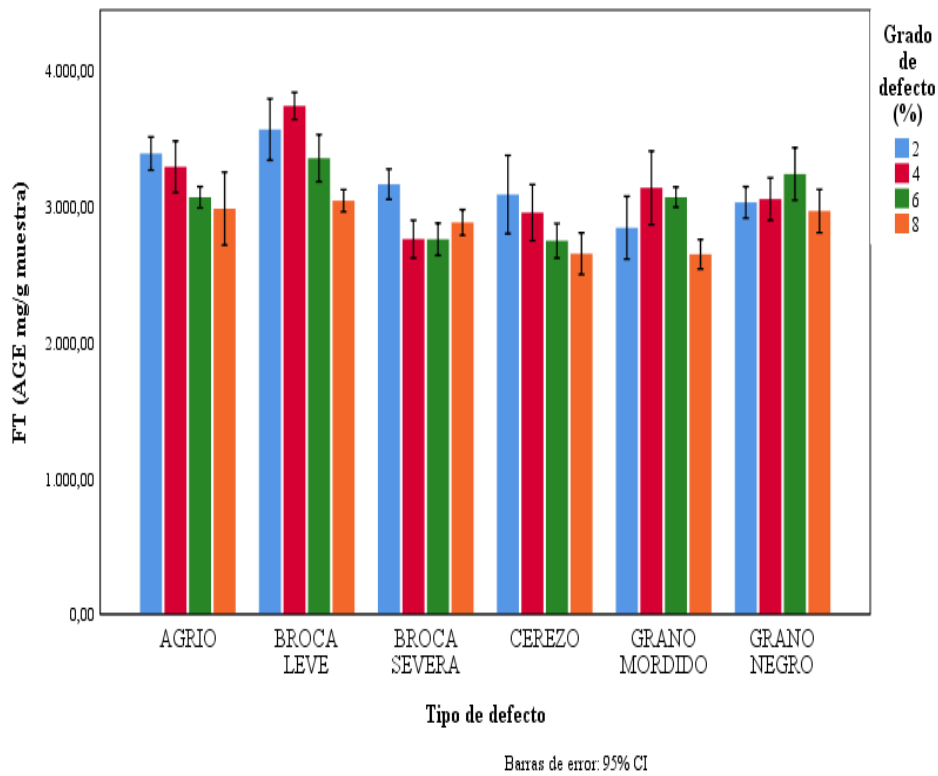


Figura 4. Contenido fenólico total de las infusiones de café con distintos tipos de defectos.

La figura 4 muestra que el grado de defecto tiene efecto en el contenido de fenoles totales para todos los tipos de defectos estudiados. El defecto broca leve es el que presenta mayor contenido fenólico total, y aparentemente el defecto broca severa presenta los valores más bajos.

IV. DISCUSIÓN

Conforme a sido demostrado en trabajos previos, la presencia de granos defectuosos, degradan significativamente la calidad sensorial del café tostado (Kalschne et al., 2018; Toci & Farah, 2008). Las infusiones de café con granos agrios afectan negativamente la captura de radicales libres de las infusiones de café; debido a que la sola presencia de estos defectos significa un peligro, puesto que estos granos son propensos al crecimiento de microorganismos que son dañinos para la salud (Silva et al., 2000).

Los granos de café, es bien conocido que tienen alta capacidad antioxidante, y el proceso de tostado ligero desarrolla su máxima disponibilidad de antioxidantes, puesto que se da la liberación de polifenoles unidos de las células vegetales del grano; sin embargo, un tueste adicional disminuye las propiedades antioxidantes de los granos de café (Cho et al., 2014a). A esto se suma la presencia de granos defectuosos, que al ser sometidos a un tueste medio a oscuro tienden a sufrir quemaduras y por lo tanto genera una drástica caída de la composición de antioxidantes que posteriormente se ve reflejado en la bebida de café.

Por otro lado, los resultados en cuanto a la captura de los radicales libres según la técnica de análisis de antioxidantes; se tienen que la técnica DPPH, no muestran diferencias variables en cuanto al tipo y grado de defecto físico del café. Sin embargo, en cuanto al análisis con la técnica ABTS, si se aprecia que el grado de defecto físico del café disminuye la actividad antioxidante. Estos resultados, tal y como lo refiere At Apak et al. (2016), pueden deberse a factores como la luz solar que afecta negativamente a los radicales DPPH; mientras que, el ABTS es más estable a estas condiciones.

Estudios recientes refieren que los resultados de actividad antioxidante a través de la técnica ABTS, está asociado a la presencia de potentes compuestos secuestrantes de este radical en la materia vegetal (Tian & Schaich, 2013). A diferencia de DPPH, el ABTS permite la detección tanto de moléculas que tienen afinidad por los lípidos y el agua (Dong et al., 2015). Lo que permite entender el comportamiento de la actividad antioxidante de las muestras evaluadas en este estudio, mejor expresadas por la técnica ABTS. Ante ello, es preciso mencionar que el proceso de tostado medio aplicado permitió

que los granos pequeños de defectos físicos de café se quemen a este nivel de tueste y consecuentemente, desprendan los lípidos presentes en los granos y solapen la captación de los radicales libres que no pudieron ser expresados con la técnica DPPH.

La composición fenólica de los granos de café, se ven afectadas por su forma de cultivo, orgánico o convencional; estudios refieren que un café orgánico contiene más ácidos clorogénicos (principal ácido fenólico) y por lo tanto mayor capacidad antioxidante (Merecz et al., 2018). Además, para Muzykiewicz-Szymańska et al. (2021), el origen geográfico es un factor importante que tiene que ver con el contenido de fenoles en una bebida de café. Sumado a ello, una vez más el tostado de los granos de café está demostrado que influye de en una cierta medida de forma negativa tanto en el contenido de polifenoles (Liczbiński & Bukowska, 2022); en especial se atribuye al tiempo y a la temperatura como parámetros clave que determina el contenido de compuestos fenólicos en los granos de café (Górecki & Hallmann, 2020; Król et al., 2020). A menor grado de tueste mayor contenido de compuestos fenólicos (Vignoli et al., 2014); en tanto menor degradación de los ácidos clorogénicos (Somporn et al., 2011).

Los resultados reportados refieren una vez más que el tipo y grado de defecto físico de café son importantes tomar en cuenta a la hora de realizar una infusión de café, puesto que puede reflejarse en bajas proporciones de polifenoles totales presentes en la bebida. Las variaciones a su vez pueden deberse a factores la temperatura del agua a la técnica de elaboración, tal como refiere Muzykiewicz-Szymańska et al. (2021), resulta que en su estudio demostraron que repercuten en el contenido de polifenoles y cafeína de las bebidas de café; y Górecki & Hallmann (2020), a su vez valora los tres primeros minutos de preparación del café como punto crítico en la extracción de mayor contenido de cafeína (compuesto fenólico de importancia). Los compuestos fenólicos brindan sabor al café y se les atribuye beneficios de importancia para la salud del consumidor como actividades antioxidantes y antimicrobianas (Bhattacharjee & Datta, 2015; Zhou et al., 2012). Sin embargo, la presencia de granos de café con defectos físicos tiene un efecto directo en el sabor del café, atributo de calidad más importante valorado por el consumidor (Mancha et al., 2008). Además, está claro su efecto negativo en la actividad antioxidante y polifenoles totales en la bebida del café tal como lo confirman los resultados reportados en este estudio.

V. CONCLUSIONES

Mediante la técnica del radical libre DPPH se pudo apreciar que las infusiones de café con el tipo de defecto agrio son los que presentan los porcentajes más bajos de antioxidantes, respecto a los demás defectos que se mantienen aparentemente iguales. Además, de manera general el grado de defecto parece no tener efecto sobre la actividad antioxidante.

En la técnica del radical libre ABTS las infusiones de café con los defectos broca severa y grano negro muestran los niveles más bajos de antioxidantes, también se evidencia que a mayor grado de defecto los niveles de antioxidantes disminuyen.

Mediante la técnica de Folin Ciocalteu se encontró que el contenido de fenoles totales se ve afectado tanto por el tipo como por el grado de defecto físico que presentan las infusiones de café. El defecto broca severa presenta los niveles más bajos de fenoles, frente al defecto broca leve que tiene valores más altos.

VI. RECOMENDACIONES

En base a lo encontrado en el presente trabajo de investigación se recomienda:

Para definir mejor las dosis de adición de defectos físicos de café debe ejecutarse experimentos de optimización.

Evaluar rangos más amplios de dosis de defectos de café para determinar con mayor claridad el impacto sobre los compuestos bioactivos en infusiones de café.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balzano, M., Loizzo, M. R., Tundis, R., Lucci, P., Nunez, O., Fiorini, D., Giardinieri, A., Frega, N. G., & Pacetti, D. (2020). Spent espresso coffee grounds as a source of anti-proliferative and antioxidant compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59(June 2019), 102254. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102254>
- Bhattacharjee, A., & Datta, A. (2015). Mechanism of antiglycating properties of syringic and chlorogenic acids in in vitro glycation system. In *Food Research International* (Vol. 77, pp. 540–548). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.025>
- Bhumiratana, N., Adhikari, K., & Chambers, E. (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2185–2192. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittel-Wissenschaft Technologie*, 28, 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Butt, M. S., & Sultan, M. T. (2011). Coffee and its consumption: Benefits and risks. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(4), 363–373. <https://doi.org/10.1080/10408390903586412>
- Çelik, E. E., & Gökmen, V. (2018). A study on interactions between the insoluble fractions of different coffee infusions and major cocoa free antioxidants and different coffee infusions and dark chocolate. *Food Chemistry*, 255(February), 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.048>
- Del Castillo, M. D., Ames, J. M., & Gordon, M. H. (2002). Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3698–3703. <https://doi.org/10.1021/jf011702q>
- Del Pozo, C., Bartrolí, J., Alier, S., Puy, N., & Fàbregas, E. (2020). Production of antioxidants and other value-added compounds from coffee silverskin via pyrolysis under a biorefinery approach. *Waste Management*, 109, 19–27.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.044>

- Di Donfrancesco, B., Gutierrez Guzman, N., & Chambers, E. (2014). Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 29(4), 301–311. <https://doi.org/10.1111/joss.12104>
- Díaz-Vargas, C., & Willems, M. C. (2017). Línea de base del sector café en el Perú. Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo (PNUD).
- Farah, A. (2012). Coffee constituents.
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S., & Trugo, L. C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98(2), 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>
- Franca, A. S., Oliveira, L. S., Mendonça, J. C. F., & Silva, X. A. (2005). Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. *Food Chemistry*, 90(1–2), 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.028>
- Górecki, M., & Hallmann, E. (2020). The antioxidant content of coffee and its in vitro activity as an effect of its production method and roasting and brewing time. *Antioxidants*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/antiox9040308>
- International Coffee Organization. (2020). Estadísticas del comercio. Web Page.
- ITC. (2011). The Coffee Exporter's Guide (Third).
- ITC. (2012). The Coffee Exporters's Guide. <https://bootcoffee.com/wp-content/uploads/2014/10/Coffee-Exporters-Guide-2012.pdf>
- Kalschne, D. L., Viegas, M. C., De Conti, A. J., Corso, M. P., & Benassi, M. de T. (2018). Steam pressure treatment of defective *Coffea canephora* beans improves the volatile profile and sensory acceptance of roasted coffee blends. *Food Research International*, 105(August 2017), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.017>
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A., & Hallmann, E. (2020). The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. *European Food Research and*

Technology, 246(1), 33–39. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03388-9>

- Kwak, H. S., Ji, S., & Jeong, Y. (2017). The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content. *Food Control*, 71, 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>
- Liczbiński, P., & Bukowska, B. (2022). Tea and coffee polyphenols and their biological properties based on the latest in vitro investigations. *Industrial Crops and Products*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114265>
- Mancha, P. D. C., Franca, A. S., Oliveira, L. S., & Augusti, R. (2008). Discrimination between defective and non-defective Brazilian coffee beans by their volatile profile. *Food Chemistry*, 106, 787–796. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.019>
- Merecz, A., Marusińska, A., & Karwowski, B. T. (2018). The content of biologically active substances and antioxidant activity in coffee depending on brewing method. *Polish Journal of Natural Sciences*, 33(2), 267–284. [http://www.uwm.edu.pl/wydawnictwo/uploads/documents/czytelnia/natural_science/Polish Journal 33-2.pdf#page=73](http://www.uwm.edu.pl/wydawnictwo/uploads/documents/czytelnia/natural_science/Polish%20Journal%2033-2.pdf#page=73)
- Muzykiewicz-Szymańska, A., Nowak, A., Wira, D., & Klimowicz, A. (2021). The Effect of Brewing Process Parameters on Antioxidant Activity and Caffeine Content in Infusions of Roasted and Unroasted Arabica Coffee Beans Originated from Different Countries. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(12). <https://doi.org/10.3390/molecules26123681>
- Nkondjock, A. (2009). Coffee consumption and the risk of cancer: An overview. *Cancer Letters*, 277(2), 121–125. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2008.08.022>
- Nzekoue, F. K., Angeloni, S., Navarini, L., Angeloni, C., Freschi, M., Hrelia, S., Vitali, L. A., Sagratini, G., Vittori, S., & Caprioli, G. (2020). Coffee silverskin extracts: Quantification of 30 bioactive compounds by a new HPLC-MS/MS method and evaluation of their antioxidant and antibacterial activities. *Food Research International*, 133(September 2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109128>

- Oliveira, L. S., Franca, A. S., Mendonça, J. C. F., & Barros-Júnior, M. C. (2006). Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. *LWT - Food Science and Technology*, 39(3), 235–239. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.01.011>
- Pérez-Míguez, R., Castro-Puyana, M., Sánchez-López, E., Plaza, M., & Marina, M. L. (2020). Approach to Evaluate Coffee Roasting Process : Contributing to an Integrated. *Molecules*.
- Rodríguez-Artalejo, F., & López-García, E. (2018). Coffee Consumption and Cardiovascular Disease: A Condensed Review of Epidemiological Evidence and Mechanisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(21), 5257–5263. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04506>
- Salamat, S., Sharif, S. S., Nazary-Vanani, A., Kord-Varkaneh, H., Clark, C. C. T., & Mohammadshahi, M. (2019). The effect of green coffee extract supplementation on serum oxidized LDL cholesterol and total antioxidant capacity in patients with dyslipidemia: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *European Journal of Integrative Medicine*, 28(May), 109–113. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.05.001>
- SCA, S. coffee association research center S. C. A. (SCA). (2018). The washed Arabica green coffee defect guide.
- Severini, C., Caporizzi, R., Fiore, A. G., Ricci, I., Onur, O. M., & Derossi, A. (2020). Reuse of spent espresso coffee as sustainable source of fibre and antioxidants. A map on functional, microstructure and sensory effects of novel enriched muffins. *Lwt*, 119(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108877>
- Sittipod, S., Schwartz, E., Paravisini, L., & Peterson, D. G. (2019). Identification of flavor modulating compounds that positively impact coffee quality. *Food Chemistry*, 301, 125250. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125250>
- Sridevi, V., & Giridhar, P. (2013). Influence of Altitude Variation on Trigonelline Content during Ontogeny of *Coffea Canephora* Fruit. *Journal of Food Studies*, 2(1). <https://doi.org/10.5296/jfs.v2i1.3747>

- Steen, I., Waehrens, S. S., Petersen, M. A., Münchow, M., & Bredie, W. L. P. (2017). Influence of serving temperature on flavour perception and release of Bourbon Caturra coffee. *Food Chemistry*, 219, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.113>
- Toci, A. T., & Farah, A. (2008). Volatile compounds as potential defective coffee beans' markers. *Food Chemistry*, 108(3), 1133–1141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.064>
- Tomac, I., Šeruga, M., & Labuda, J. (2020). Evaluation of antioxidant activity of chlorogenic acids and coffee extracts by an electrochemical DNA-based biosensor. *Food Chemistry*, 325(April), 126787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126787>
- Vargas, R., Fonseca, C., Hareau, G., Ordinola, M., Pradel, W., Robiglio, V., & Suarez, V. (2021). Health crisis and quarantine measures in Peru: Effects on livelihoods of coffee and potato farmers. *Agricultural Systems*, 187, 103033. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103033>
- Zhou, J., Chan, L., & Zhou, S. (2012). Trigonelline: A plant alkaloid with therapeutic potential for diabetes and central nervous system disease. *Current Medicinal Chemistry*, 19, 3523–3531. <https://doi.org/https://doi.org/10.2174/092986712801323171>

ANEXOS

Tabla 2. Técnicas de captura de radical libre DPPH y ABTS para determinar la actividad antioxidante de infusiones de café

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE			DPPH	ABTS
TIPO DE DEFECTO	GRADO DE DEFECTO	% INH	TE mM/L	TE mM/L
BROCA LEVE	2	88,951	5,773	3,867
BROCA LEVE	2	89,371	5,801	3,892
BROCA LEVE	2	89,231	5,792	4,261
BROCA LEVE	2	89,091	5,783	4,089
BROCA LEVE	2	87,832	5,701	3,997
BROCA LEVE	2	89,790	5,828	4,046
BROCA LEVE	2	88,531	5,746	3,794
BROCA LEVE	2	88,392	5,737	3,819
BROCA LEVE	2	88,951	5,773	3,917
BROCA LEVE	4	89,091	5,783	3,788
BROCA LEVE	4	89,930	5,837	3,812
BROCA LEVE	4	90,629	5,883	4,039
BROCA LEVE	4	89,371	5,801	3,800
BROCA LEVE	4	89,371	5,801	4,255
BROCA LEVE	4	89,510	5,810	4,016
BROCA LEVE	4	89,650	5,819	3,745
BROCA LEVE	4	89,091	5,783	3,800
BROCA LEVE	4	89,510	5,810	3,695
BROCA LEVE	6	89,650	5,819	3,831
BROCA LEVE	6	90,070	5,846	3,732
BROCA LEVE	6	90,070	5,846	3,855
BROCA LEVE	6	89,790	5,828	3,529

BROCA LEVE	6	89,371	5,801	3,461
BROCA LEVE	6	89,650	5,819	3,677
BROCA LEVE	6	88,951	5,773	3,314
BROCA LEVE	6	89,091	5,783	3,449
BROCA LEVE	6	89,371	5,801	3,511
BROCA LEVE	8	89,091	5,783	3,123
BROCA LEVE	8	89,231	5,792	3,277
BROCA LEVE	8	89,371	5,801	3,363
BROCA LEVE	8	90,070	5,846	2,945
BROCA LEVE	8	89,650	5,819	3,394
BROCA LEVE	8	90,070	5,846	4,187
BROCA LEVE	8	88,951	5,773	3,252
BROCA LEVE	8	88,671	5,755	3,271
BROCA LEVE	8	89,091	5,783	3,449
CEREZO	2	89,255	5,793	3,529
CEREZO	2	89,112	5,784	3,535
CEREZO	2	88,682	5,756	3,418
CEREZO	2	89,255	5,793	3,209
CEREZO	2	90,115	5,849	3,308
CEREZO	2	90,258	5,858	3,062
CEREZO	2	90,115	5,849	3,271
CEREZO	2	89,685	5,821	3,252
CEREZO	2	89,971	5,840	3,228
CEREZO	4	89,685	5,821	3,160
CEREZO	4	89,828	5,831	3,609
CEREZO	4	89,828	5,831	3,191
CEREZO	4	89,398	5,803	3,117
CEREZO	4	89,685	5,821	3,222
CEREZO	4	89,828	5,831	3,092

CEREZO	4	90,115	5,849	3,154
CEREZO	4	90,258	5,858	3,123
CEREZO	4	90,115	5,849	2,809
CEREZO	6	90,115	5,849	3,006
CEREZO	6	89,828	5,831	3,037
CEREZO	6	89,971	5,840	2,976
CEREZO	6	89,971	5,840	3,123
CEREZO	6	89,971	5,840	3,019
CEREZO	6	89,971	5,840	3,068
CEREZO	6	89,828	5,831	3,160
CEREZO	6	89,828	5,831	3,037
CEREZO	6	89,971	5,840	2,957
CEREZO	8	90,115	5,849	2,889
CEREZO	8	90,258	5,858	2,902
CEREZO	8	89,828	5,831	2,945
CEREZO	8	90,115	5,849	2,834
CEREZO	8	89,971	5,840	2,785
CEREZO	8	89,971	5,840	2,963
CEREZO	8	89,971	5,840	3,092
CEREZO	8	89,828	5,831	2,896
CEREZO	8	89,828	5,831	3,037
AGRIO	2	85,435	5,545	3,683
AGRIO	2	85,435	5,545	3,591
AGRIO	2	84,985	5,515	3,554
AGRIO	2	84,985	5,515	3,498
AGRIO	2	84,685	5,496	3,412
AGRIO	2	85,135	5,525	3,363
AGRIO	2	84,535	5,486	3,541
AGRIO	2	85,435	5,545	3,468

AGRIO	2	85,135	5,525	3,394
AGRIO	4	85,135	5,525	3,197
AGRIO	4	84,835	5,506	3,142
AGRIO	4	84,535	5,486	3,203
AGRIO	4	85,135	5,525	3,105
AGRIO	4	84,835	5,506	2,969
AGRIO	4	84,835	5,506	2,945
AGRIO	4	84,535	5,486	3,062
AGRIO	4	84,835	5,506	3,031
AGRIO	4	84,835	5,506	3,012
AGRIO	6	84,685	5,496	3,209
AGRIO	6	84,535	5,486	3,166
AGRIO	6	84,535	5,486	3,043
AGRIO	6	84,084	5,457	3,006
AGRIO	6	84,084	5,457	2,951
AGRIO	6	84,084	5,457	2,742
AGRIO	6	85,435	5,545	2,797
AGRIO	6	85,736	5,564	2,754
AGRIO	6	85,586	5,555	2,730
AGRIO	8	84,985	5,515	3,246
AGRIO	8	85,435	5,545	3,228
AGRIO	8	85,435	5,545	2,840
AGRIO	8	85,435	5,545	3,099
AGRIO	8	85,586	5,555	3,105
AGRIO	8	85,586	5,555	2,969
AGRIO	8	85,285	5,535	3,000
AGRIO	8	84,835	5,506	3,117
AGRIO	8	84,835	5,506	2,988
GRANO MORDIDO	2	91,291	5,926	3,873

GRANO MORDIDO	2	91,141	5,916	4,119
GRANO MORDIDO	2	91,141	5,916	4,107
GRANO MORDIDO	2	90,991	5,906	4,033
GRANO MORDIDO	2	91,141	5,916	4,181
GRANO MORDIDO	2	90,991	5,906	4,009
GRANO MORDIDO	2	91,141	5,916	3,603
GRANO MORDIDO	2	91,141	5,916	3,898
GRANO MORDIDO	2	90,991	5,906	3,978
GRANO MORDIDO	4	91,141	5,916	3,560
GRANO MORDIDO	4	91,141	5,916	3,898
GRANO MORDIDO	4	91,141	5,916	3,830
GRANO MORDIDO	4	91,291	5,926	3,714
GRANO MORDIDO	4	91,291	5,926	3,880
GRANO MORDIDO	4	91,291	5,926	3,886
GRANO MORDIDO	4	91,141	5,916	3,837
GRANO MORDIDO	4	90,841	5,896	4,052
GRANO MORDIDO	4	90,691	5,887	4,199
GRANO MORDIDO	6	90,991	5,906	3,947
GRANO MORDIDO	6	91,141	5,916	3,873
GRANO MORDIDO	6	91,141	5,916	3,689
GRANO MORDIDO	6	90,991	5,906	3,615
GRANO MORDIDO	6	90,541	5,877	3,603
GRANO MORDIDO	6	90,991	5,906	3,597
GRANO MORDIDO	6	90,841	5,896	4,101
GRANO MORDIDO	6	90,691	5,887	3,572
GRANO MORDIDO	6	90,691	5,887	3,929
GRANO MORDIDO	8	90,691	5,887	3,744
GRANO MORDIDO	8	90,24	5,857	3,757
GRANO MORDIDO	8	90,991	5,906	3,763

GRANO MORDIDO	8	91,141	5,916	3,461
GRANO MORDIDO	8	91,141	5,916	3,541
GRANO MORDIDO	8	90,991	5,906	3,492
GRANO MORDIDO	8	90,991	5,906	3,683
GRANO MORDIDO	8	90,991	5,906	3,535
GRANO MORDIDO	8	90,991	5,906	3,757
BROCA SEVERA	2	90,841	5,896	3,541
BROCA SEVERA	2	90,841	5,896	3,578
BROCA SEVERA	2	90,841	5,896	3,683
BROCA SEVERA	2	90,991	5,906	4,052
BROCA SEVERA	2	91,141	5,916	4,236
BROCA SEVERA	2	90,991	5,906	4,052
BROCA SEVERA	2	91,291	5,926	3,837
BROCA SEVERA	2	91,441	5,935	3,744
BROCA SEVERA	2	91,592	5,945	3,972
BROCA SEVERA	4	90,841	5,896	3,498
BROCA SEVERA	4	90,390	5,867	3,055
BROCA SEVERA	4	90,691	5,887	3,547
BROCA SEVERA	4	90,841	5,896	3,910
BROCA SEVERA	4	90,541	5,877	3,541
BROCA SEVERA	4	90,691	5,887	3,424
BROCA SEVERA	4	90,691	5,887	3,492
BROCA SEVERA	4	90,390	5,867	3,504
BROCA SEVERA	4	90,390	5,867	3,529
BROCA SEVERA	6	90,390	5,867	3,400
BROCA SEVERA	6	90,691	5,887	3,351
BROCA SEVERA	6	90,541	5,877	3,332
BROCA SEVERA	6	90,841	5,896	3,480
BROCA SEVERA	6	90,541	5,877	3,492

BROCA SEVERA	6	90,240	5,857	3,449
BROCA SEVERA	6	89,640	5,818	3,492
BROCA SEVERA	6	89,640	5,818	3,670
BROCA SEVERA	6	89,790	5,828	3,757
BROCA SEVERA	8	90,691	5,887	2,619
BROCA SEVERA	8	90,691	5,887	2,680
BROCA SEVERA	8	90,691	5,887	2,680
BROCA SEVERA	8	90,390	5,867	3,640
BROCA SEVERA	8	90,541	5,877	3,480
BROCA SEVERA	8	90,390	5,867	3,578
BROCA SEVERA	8	90,841	5,896	3,615
BROCA SEVERA	8	90,841	5,896	3,640
BROCA SEVERA	8	91,141	5,916	3,486
GRANO NEGRO	2	90,841	5,896	2,354
GRANO NEGRO	2	91,441	5,935	2,354
GRANO NEGRO	2	91,141	5,916	2,342
GRANO NEGRO	2	90,991	5,906	3,080
GRANO NEGRO	2	90,991	5,906	3,055
GRANO NEGRO	2	91,141	5,916	2,877
GRANO NEGRO	2	91,141	5,916	1,850
GRANO NEGRO	2	91,291	5,926	1,899
GRANO NEGRO	2	91,291	5,926	2,010
GRANO NEGRO	4	90,991	5,906	2,754
GRANO NEGRO	4	90,991	5,906	2,846
GRANO NEGRO	4	90,841	5,896	2,834
GRANO NEGRO	4	90,841	5,896	2,668
GRANO NEGRO	4	91,141	5,916	2,576
GRANO NEGRO	4	90,991	5,906	2,711
GRANO NEGRO	4	91,141	5,916	2,853

GRANO NEGRO	4	91,141	5,916	2,988
GRANO NEGRO	4	91,141	5,916	2,963
GRANO NEGRO	6	90,841	5,896	3,172
GRANO NEGRO	6	90,541	5,877	3,049
GRANO NEGRO	6	90,841	5,896	2,988
GRANO NEGRO	6	90,541	5,877	2,951
GRANO NEGRO	6	90,09	5,848	2,945
GRANO NEGRO	6	90,09	5,848	2,730
GRANO NEGRO	6	90,39	5,867	2,976
GRANO NEGRO	6	90,24	5,857	2,939
GRANO NEGRO	6	90,541	5,877	2,748
GRANO NEGRO	8	90,24	5,857	2,932
GRANO NEGRO	8	90,39	5,867	2,846
GRANO NEGRO	8	90,24	5,857	2,674
GRANO NEGRO	8	90,39	5,867	2,976
GRANO NEGRO	8	90,541	5,877	2,951
GRANO NEGRO	8	90,09	5,848	2,926
GRANO NEGRO	8	90,39	5,867	2,742
GRANO NEGRO	8	90,541	5,877	2,816
GRANO NEGRO	8	90,541	5,877	4,089

Tabla 3. Datos estadísticos del SPSS

Between-Subjects Factors		
		N
Tipo de defecto	AGRIO	36
	BROCA LEVE	36
	BROCA SEVERA	36
	CEREZO	36
	GRANO MORDIDO	36
	GRANO NEGRO	36
Grado de defecto (%)	2	54
	4	54
	6	54
	8	54

Pruebas multivariante^a						
Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1.000	7474252,154 ^b	2.000	191.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.000	7474252,154 ^b	2.000	191.000	0.000
	Traza de Hotelling	78264.420	7474252,154 ^b	2.000	191.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	78264.420	7474252,154 ^b	2.000	191.000	0.000
Defecto	Traza de Pillai	1.581	144.719	10.000	384.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.008	376,483 ^b	10.000	382.000	0.000
	Traza de Hotelling	47.423	901.046	10.000	380.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	45.911	1762,999 ^c	5.000	192.000	0.000
Grado	Traza de Pillai	0.247	9.004	6.000	384.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.761	9,298 ^b	6.000	382.000	0.000
	Traza de Hotelling	0.303	9.591	6.000	380.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	0.263	16,810 ^c	3.000	192.000	0.000
Defecto * Grado	Traza de Pillai	0.702	6.924	30.000	384.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.411	7,138 ^b	30.000	382.000	0.000
	Traza de Hotelling	1.161	7.354	30.000	380.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	0.831	10,635 ^c	15.000	192.000	0.000
a. Diseño : Intersección + Defecto + Grado + Defecto * Grado						
b. Estadístico exacto						
c. El estadístico es un límite superior en F que genera un límite inferior en el nivel de significación.						

Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	DPPH (TE mg/L)	3,967 ^a	23	0.172	353.740	0.000
	ABTS (TE mM/L)	36,588 ^b	23	1.591	30.389	0.000
Intersección	DPPH (TE mg/L)	7278.325	1	7278.325	14925732.571	0.000
	ABTS (TE mM/L)	2422.331	1	2422.331	46274.624	0.000
Defecto	DPPH (TE mg/L)	3.914	5	0.783	1605.162	0.000
	ABTS (TE mM/L)	28.202	5	5.640	107.749	0.000
Grado	DPPH (TE mg/L)	0.005	3	0.002	3.674	0.013
	ABTS (TE mM/L)	2.594	3	0.865	16.516	0.000
Defecto * Grado	DPPH (TE mg/L)	0.048	15	0.003	6.613	0.000
	ABTS (TE mM/L)	5.792	15	0.386	7.377	0.000
Error	DPPH (TE mg/L)	0.094	192	0.000		
	ABTS (TE mM/L)	10.051	192	0.052		
Total	DPPH (TE mg/L)	7282.386	216			
	ABTS (TE mM/L)	2468.970	216			
Total corregido	DPPH (TE mg/L)	4.061	215			
	ABTS (TE mM/L)	46.638	215			

a. R al cuadrado = ,977 (R al cuadrado ajustada = ,974)

b. R al cuadrado = ,784 (R al cuadrado ajustada = ,759)

Pruebas post hoc

Tipo de defecto

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DPPH (TE mg/L)	AGRIO	BROCA LEVE	-,2838*	0.00520	0.000	-0.2988	-0.2688
		BROCA SEVERA	-,3696*	0.00520	0.000	-0.3846	-0.3546
		CEREZO	-,3164*	0.00520	0.000	-0.3314	-0.3014
		GRANO MORDIDO	-,3916*	0.00520	0.000	-0.4066	-0.3766
		GRANO NEGRO	-,3750*	0.00520	0.000	-0.3900	-0.3600
	BROCA LEVE	AGRIO	,2838*	0.00520	0.000	0.2688	0.2988
		BROCA SEVERA	-,0858*	0.00520	0.000	-0.1008	-0.0708
		CEREZO	-,0326*	0.00520	0.000	-0.0476	-0.0176
		GRANO MORDIDO	-,1078*	0.00520	0.000	-0.1227	-0.0928
		GRANO NEGRO	-,0912*	0.00520	0.000	-0.1062	-0.0762
	BROCA SEVERA	AGRIO	,3696*	0.00520	0.000	0.3546	0.3846
		BROCA LEVE	,0858*	0.00520	0.000	0.0708	0.1008
		CEREZO	,0532*	0.00520	0.000	0.0382	0.0682
		GRANO MORDIDO	-,0220*	0.00520	0.001	-0.0370	-0.0070
		GRANO NEGRO	-0.0054	0.00520	0.903	-0.0204	0.0096
	CEREZO	AGRIO	,3164*	0.00520	0.000	0.3014	0.3314

		BROCA LEVE	,0326*	0.00520	0.000	0.0176	0.0476
		BROCA SEVERA	-,0532*	0.00520	0.000	-0.0682	-0.0382
		GRANO MORDIDO	-,0752*	0.00520	0.000	-0.0902	-0.0602
		GRANO NEGRO	-,0586*	0.00520	0.000	-0.0736	-0.0436
	GRANO MORDIDO	AGRIO	,3916*	0.00520	0.000	0.3766	0.4066
		BROCA LEVE	,1078*	0.00520	0.000	0.0928	0.1227
		BROCA SEVERA	,0220*	0.00520	0.001	0.0070	0.0370
		CEREZO	,0752*	0.00520	0.000	0.0602	0.0902
		GRANO NEGRO	,0166*	0.00520	0.021	0.0016	0.0315
	GRANO NEGRO	AGRIO	,3750*	0.00520	0.000	0.3600	0.3900
		BROCA LEVE	,0912*	0.00520	0.000	0.0762	0.1062
		BROCA SEVERA	0.0054	0.00520	0.903	-0.0096	0.0204
		CEREZO	,0586*	0.00520	0.000	0.0436	0.0736
		GRANO MORDIDO	-,0166*	0.00520	0.021	-0.0315	-0.0016
ABTS mM/L)	(TE AGRIO	BROCA LEVE	0.1131	0.05393	0.293	-0.0421	0.2683
		BROCA SEVERA	,6710*	0.05393	0.000	0.5158	0.8263
		CEREZO	,7028*	0.05393	0.000	0.5476	0.8581
		GRANO MORDIDO	,2855*	0.05393	0.000	0.1302	0.4407
		GRANO NEGRO	1,0236*	0.05393	0.000	0.8684	1.1789
		AGRIO	-0.1131	0.05393	0.293	-0.2683	0.0421

BROCA LEVE	BROCA SEVERA	,5579*	0.05393	0.000	0.4027	0.7132
	CEREZO	,5897*	0.05393	0.000	0.4345	0.7450
	GRANO MORDIDO	,1724*	0.05393	0.020	0.0171	0.3276
	GRANO NEGRO	,9106*	0.05393	0.000	0.7553	1.0658
BROCA SEVERA	AGRIO	-,6710*	0.05393	0.000	-0.8263	-0.5158
	BROCA LEVE	-,5579*	0.05393	0.000	-0.7132	-0.4027
	CEREZO	0.0318	0.05393	0.992	-0.1235	0.1870
	GRANO MORDIDO	-,3856*	0.05393	0.000	-0.5408	-0.2303
	GRANO NEGRO	,3526*	0.05393	0.000	0.1974	0.5078
CEREZO	AGRIO	-,7028*	0.05393	0.000	-0.8581	-0.5476
	BROCA LEVE	-,5897*	0.05393	0.000	-0.7450	-0.4345
	BROCA SEVERA	-0.0318	0.05393	0.992	-0.1870	0.1235
	GRANO MORDIDO	-,4174*	0.05393	0.000	-0.5726	-0.2621
	GRANO NEGRO	,3208*	0.05393	0.000	0.1656	0.4761
GRANO MORDIDO	AGRIO	-,2855*	0.05393	0.000	-0.4407	-0.1302
	BROCA LEVE	-,1724*	0.05393	0.020	-0.3276	-0.0171
	BROCA SEVERA	,3856*	0.05393	0.000	0.2303	0.5408
	CEREZO	,4174*	0.05393	0.000	0.2621	0.5726
	GRANO NEGRO	,7382*	0.05393	0.000	0.5829	0.8934
GRANO NEGRO	AGRIO	-1,0236*	0.05393	0.000	-1.1789	-0.8684
	BROCA LEVE	-,9106*	0.05393	0.000	-1.0658	-0.7553

	BROCA SEVERA	-,3526*	0.05393	0.000	-0.5078	-0.1974
	CEREZO	-,3208*	0.05393	0.000	-0.4761	-0.1656
	GRANO MORDIDO	-,7382*	0.05393	0.000	-0.8934	-0.5829

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática (Error) = ,052.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Subconjuntos homogéneos

DPPH (TE mg/L)

HSD Tukey_{a,b}

Tipo de defecto	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
AGRIO	36	5.5154				
BROCA LEVE	36		5.7992			
CEREZO	36			5.8318		
BROCA SEVERA	36				5.8850	
GRANO NEGRO	36				5.8904	
GRANO MORDIDO	36					5.9070
Sig.		1.000	1.000	1.000	0.903	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 36,000.

b. Alfa = .05.

ABTS (TE mM/L)

HSD Tukey_{a,b}

Tipo de defecto	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
GRANO NEGRO	36	2.7912			
CEREZO	36		3.1120		
BROCA SEVERA	36		3.1438		
GRANO MORDIDO	36			3.5293	
BROCA LEVE	36				3.7017
AGRIO	36				3.8148
Sig.		1.000	0.992	1.000	0.293

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,052.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 36,000.

b. Alfa = .05.

Grado de defecto (%)

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DPPH (TE mg/L)	2	4	-0.0006	0.00425	0.999	-0.0116	0.0104
		6	,0119*	0.00425	0.029	0.0009	0.0229
		8	0.0040	0.00425	0.784	-0.0070	0.0150
	4	2	0.0006	0.00425	0.999	-0.0104	0.0116
		6	,0125*	0.00425	0.019	0.0015	0.0235
		8	0.0046	0.00425	0.701	-0.0064	0.0156
	6	2	-,0119*	0.00425	0.029	-0.0229	-0.0009
		4	-,0125*	0.00425	0.019	-0.0235	-0.0015
		8	-0.0079	0.00425	0.248	-0.0189	0.0031
	8	2	-0.0040	0.00425	0.784	-0.0150	0.0070
		4	-0.0046	0.00425	0.701	-0.0156	0.0064
		6	0.0079	0.00425	0.248	-0.0031	0.0189
ABTS (TE mM/L)	2	4	,1236*	0.04403	0.028	0.0095	0.2377
		6	,2098*	0.04403	0.000	0.0957	0.3239
		8	,2966*	0.04403	0.000	0.1825	0.4107
	4	2	-,1236*	0.04403	0.028	-0.2377	-0.0095
		6	0.0862	0.04403	0.208	-0.0279	0.2003
		8	,1730*	0.04403	0.001	0.0589	0.2871
	6	2	-,2098*	0.04403	0.000	-0.3239	-0.0957
		4	-0.0862	0.04403	0.208	-0.2003	0.0279
		8	0.0868	0.04403	0.203	-0.0273	0.2009
	8	2	-,2966*	0.04403	0.000	-0.4107	-0.1825
		4	-,1730*	0.04403	0.001	-0.2871	-0.0589
		6	-0.0868	0.04403	0.203	-0.2009	0.0273

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática (Error) = ,052.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Subconjuntos homogéneos

DPPH (TE mg/L)

HSD Tukey_{a,b}

Grado de defecto (%)	N	Subconjunto	
		1	2
6	54	5.7967	
8	54	5.8047	5.8047
2	54		5.8086
4	54		5.8092
Sig.		0.248	0.701

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 54,000.

b. Alfa = .05.

ABTS (TE mM/L)

HSD Tukey_{a,b}

Grado de defecto (%)	N	Subconjunto		
		1	2	3
8	54	3.2097		
6	54	3.2965	3.2965	
4	54		3.3827	
2	54			3.5063
Sig.		0.203	0.208	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática (Error) = ,052.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 54,000.

b. Alfa = .05.



Figura 5. Muestra de café con defectos a estudiar.



Figura 6. Pesado de la muestra de café.



Figura 7. Tostado de muestras de café



Figura 8. Enfriado de muestras de café



Figura 9. Molido de muestras de café



Figura 10. Prueba de capacidad antioxidante mediante radical libre DPPH