

Evaluación de los niveles de plomo y cadmio y rendimiento sensorial en marcas comerciales de café (*Coffea arabica*) de Jaén, Perú

Evaluation of lead and cadmium levels and sensory performance in commercial coffee brands (*Coffea arabica*) from Jaen, Peru

James Tirado Lara ^{1,2}, Andrea Fioreli Velarde Santoyo  ^{1,3}, Adán Díaz Ruiz  ^{1,4}, Sarela García Neyra  ^{1,5}, Karla Edith Contreras Roque  ^{1,6}.

¹Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú. ²✉ james_tirado@unj.edu.pe; ³✉ andrea.velarde@unj.edu.pe; ⁴✉ adiaizr@unj.edu.pe;
⁵✉ sarela.garcia@est.unj.edu.pe; ⁶✉ karla.contreras@est.unj.edu.pe



<https://doi.org/10.15446/acag.v73n2.117221>

2024 | 73-2 p 167-176 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2024-10-25 Acep.: 2025-05-21

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo y cadmio y el rendimiento sensorial de 20 marcas de café de Jaén, Perú, en 3 presentaciones: tostado molido, borra y esencia. Estos niveles se determinaron por espectrofotometría de absorción y el rendimiento sensorial a través de catadores certificados. Se realizó un análisis de varianza para detectar diferencias significativas entre grupos y la prueba de Tukey cuando se encontraron diferencias. Los niveles se compararon con los límites de la Unión Europea ($Pb < 1.0 \text{ mg/kg}$, $Cd < 0.05 \text{ mg/kg}$). Los resultados revelaron que los niveles de plomo (Pb) y cadmio (Cd) no superaron los límites máximos permisibles (LMP) en ninguna de las muestras. La prueba inferencial indicó que la concentración de estos metales en la esencia de café es significativamente menor comparada con el café tostado molido y la borra. En cuanto a la calidad sensorial, la mayoría de las marcas evaluadas superaron el 80% de rendimiento. Esta investigación proporciona evidencia sobre la seguridad y calidad del café comercializado en Jaén, lo que respalda su reputación en el mercado nacional e internacional.

Palabras clave: borra, calidad, café, esencia, metales pesados, tostado molido.

Abstract

This research aimed to determine the levels of lead and cadmium, and as well as the sensory performance of 20 coffee brands from Jaén, Peru, in three presentations: ground roasted, spent grounds, and essence. Lead and cadmium levels were determined by absorption spectrophotometry and sensory performance through certified tasters. Analysis of variance was performed to detect significant differences between groups, and Tukey's test was applied used when such differences were found. The established levels were compared with the maximum permissible limits (MPLs) set by the European Union ($Pb < 1.0 \text{ mg/kg}$, $Cd < 0.05 \text{ mg/kg}$). The results revealed that Pb and Cd levels were below the MPLs samples. The inferential test indicated that the concentration of these metals in the essence was significantly lower than in ground roasted coffee and spent grounds. Regarding sensory quality, most of the brands evaluated exceeded 80% performance. This research provides evidence of the safety and quality of coffee marketed in Jaén, supporting its reputation in the national and international market.

Keywords: Coffee, coffee grounds, essence, ground roasted, heavy metals, quality.

Introducción

En Perú, el consumo anual de café alcanza 1.4 kilos per cápita, los cuales están distribuidos en 900 gramos de producción nacional y 500 gramos de importación, principalmente solubles. El café destaca como un producto crucial en la canasta exportadora peruana (León, 2023). Desde 2021, las exportaciones de café y sus derivados superaron los US\$ 764 000 000; Europa fue el principal destino. De los 20 000 000 de consumidores de café en el país, entre 70 000 y 100 000 son entusiastas que buscan variedades de alta calidad en diferentes presentaciones (Junta Nacional del Café, 2021).

Dada la importancia económica y cultural del café en Perú, es fundamental garantizar su calidad y seguridad para el consumo humano y la preservación del medio ambiente. La calidad del café exige que esté libre de contaminantes como metales pesados, un aspecto que las políticas ambientales actuales cuestionan en todas las etapas de producción y procesamiento (Guadalupe et al., 2023). Los mismos investigadores señalan que, la contaminación por metales pesados durante el cultivo o procesamiento del café puede comprometer la inocuidad de sus granos y de la bebida resultante.

Por otro lado, las plantas de café absorben los metales del suelo, almacenándolos en sus raíces y transportándolos a brotes y granos, lo que causa graves consecuencias para la salud de los consumidores, incluyendo deficiencias neurológicas y hepáticas (Balali-Mood et al., 2021), así como mutagénesis, teratogénesis, cáncer y embriotoxicosis (Winiarska-Mieczan et al., 2021). Esta contaminación por metales pesados representa una seria amenaza para la biodiversidad en las regiones productoras de café (Guadalupe et al., 2023).

Además de ello, la calidad sensorial u organoléptica del café es un atributo distintivo que lo posiciona favorablemente a nivel mundial. El café acumula naturalmente metales esenciales como K, Mg, Ca, Na, Mn, Fe, Cu, Zn y Co (Adler et al, 2019), pero también puede contener metales pesados como cadmio y plomo, que pueden aparecer durante los procesos de fabricación (Stroheker et al., 2019).

Estos metales pesados al ser absorbidos por el tracto digestivo, se acumulan gradualmente en los tejidos, incluso en dosis bajas y provocan efectos nocivos (Nordberg et al., 2014). Ante esta preocupante situación, y con el fin de proteger a los consumidores, diversos organismos internacionales han establecido límites máximos permisibles para metales pesados en alimentos. Estas regulaciones se encuentran en normativas de la Unión Europea, Reglamento (CE) nº 1881/2006, en el Reglamento Técnico Mercosur y en las normas internacionales de los Alimentos (Codex Alimentarius).

A pesar de las normas establecidas, Winiarska-Mieczan et al. (2023) mencionan que, el riesgo de enfermedades relacionadas con la exposición crónica al Cd y Pb por consumo de café es bajo. Sin embargo, recomiendan prestar especial atención al Pb, ya que, su ingesta puede superar los niveles seguros para el consumidor.

La investigación de metales pesados en el café de alta calidad producido en Jaén es fundamental debido a su importancia comercial y la necesidad de proteger la salud del consumidor. Estudiar simultáneamente el rendimiento de taza y los niveles de metales pesados proporcionará información valiosa para el desarrollo de la industria cafetalera local. Estos esfuerzos no solo fomentarán la producción de un café de calidad superior, sino que también promoverán el consumo de un producto inocuo.

A partir de ello, la presente investigación planteó la hipótesis que el café tostado molido de 20 marcas comerciales de la provincia de Jaén contienen niveles de Pb y Cd que superan los LMP y que tienen un rendimiento sensorial de 80%. Los objetivos fueron cuantificar las concentraciones de Pb y Cd en café tostado molido, borra y esencia de 20 marcas comerciales locales; determinar el rendimiento sensorial de estas mismas marcas de café y comparar los niveles de Pb y Cd detectados en las muestras analizadas con los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea (Pb = 1.0 mg/kg; Cd= 0.05 mg/kg).

Materiales y métodos

Se recolectaron muestras de 20 marcas comerciales de café tostado molido (molienda media, tostado medio) de cooperativas, mercados y cafeterías de Jaén, adquiriendo 3 envases por marca y registrando lote y fecha de vencimiento. Para cada marca de café, se extrajeron 3 submuestras de 10 g por envase, destinadas tanto al análisis de rendimiento sensorial como al de metales pesados. La evaluación del rendimiento sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de catación de la Cooperativa Norcafe, situado en el sector Linderos, ruta 9, entre Jaén y San Ignacio. El análisis de metales pesados se realizó en el laboratorio del Centro de Análisis Espectrofotométrico de la Universidad Nacional de Jaén, Yanuyacu, Perú.

Análisis sensorial por catación

La evaluación sensorial se realizó con 2 catadores Q Grader certificados, siguiendo la NTP 209.028:2015 y la metodología SCA. Se evaluaron parámetros como aroma, sabor, acidez, cuerpo, dulzor, taza limpia y puntaje del catador. Las evaluaciones fueron individuales y en horarios distintos para evitar influencias mutuas. Se utilizaron 8.25 g de café tostado molido por cada 150 ml de agua en 100 pírex. El proceso incluyó la evaluación de fragancia en seco;

adicción de agua a 93-95°C, reposo por 3 minutos; ruptura de la costra para evaluar el aroma; aspiración y expulsión de la bebida con cucharas de catación y el registro en formatos de evaluación. Este proceso de catación duró aproximadamente 30 minutos.

Extracción de esencia y borra de café

La extracción de la esencia de café se realizó mediante el método de prensa francesa de 350 ml, empleando agua purificada por ósmosis inversa para garantizar la calidad de los análisis. Para cada marca, se utilizaron 7.5 g de café de molienda gruesa y tostado medio, a los que se añadieron 120 ml de agua a 92 °C. La mezcla se dejó reposar durante 3 minutos. Finalmente, se presionó el émbolo para obtener la esencia y separar la borra.

Análisis de metales pesados

El análisis de Cd y Pb se realizó mediante el siguiente protocolo: para café tostado molido y borra se pesaron 0.5 g de muestra en tubos de teflón; se añadieron 5 ml de ácido nítrico y 2 ml de peróxido de hidrógeno; se realizó la digestión en microondas 420 W por 5:30 min, luego 350 W por 9:30 min, alcanzando 70°C. finalmente se hizo el enfriamiento, filtrado y dilución.

Para esencia de café (según NOM-117-SSA 1-1994): se midieron 0.5 ml de esencia en tubos de teflón; se añadieron 2 ml de ácido nítrico y 6 ml de peróxido de hidrógeno, la digestión se realizó en microondas a 200 W por 15 min, alcanzando 55°C y, finalmente, se hizo el filtrado y la dilución. Las muestras preparadas se analizaron en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Agilent Technologies 4100 MP-AES. Para ambos elementos, se verificó la curva de calibración, asegurando un coeficiente de correlación $R^2 \leq 0.99$. Se utilizó agua ultrapura como blanco y se realizaron lecturas de control cada 10 muestras para mantener la precisión del análisis.

Diseño de la investigación

Se empleó un diseño en bloques completamente al azar con arreglo factorial 20A x 3B y 3 repeticiones para evaluar las diferencias significativas entre las etapas del café. El factor A correspondió a las marcas de café, mientras que el factor B representó las etapas de postcosecha (tostado, borra y bebida). Este diseño permitió analizar la interacción entre las marcas y las etapas de procesamiento del café.

Análisis de datos

El análisis estadístico incluyó estadística descriptiva no experimental, con medidas de tendencia central y dispersión, y pruebas de hipótesis con significancia de 0.05. Para evaluar la concentración de Cd y Pb en café tostado molido, borra y esencia, se

calcularon mediana y media aritmética. Se realizó ANOVA para detectar diferencias significativas entre grupos, aplicando la prueba de Tukey (0.05) cuando se encontraron diferencias. Los resultados se compararon con los límites de la Unión Europea (Pb < 1.0 mg/kg, Cd < 0.05 mg/kg) para aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Resultados

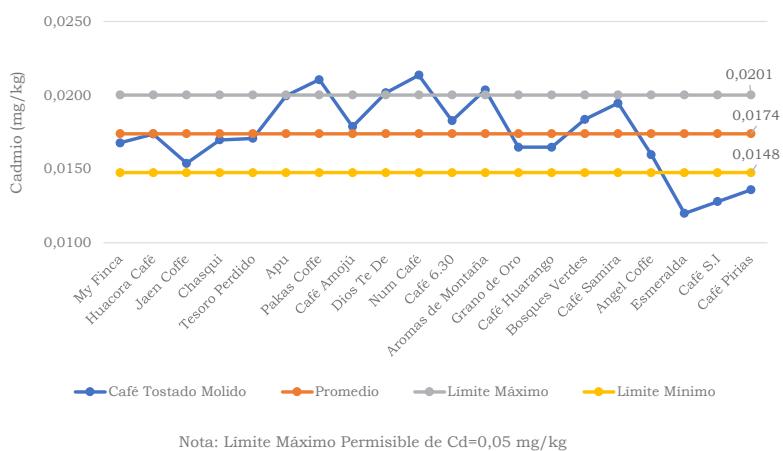
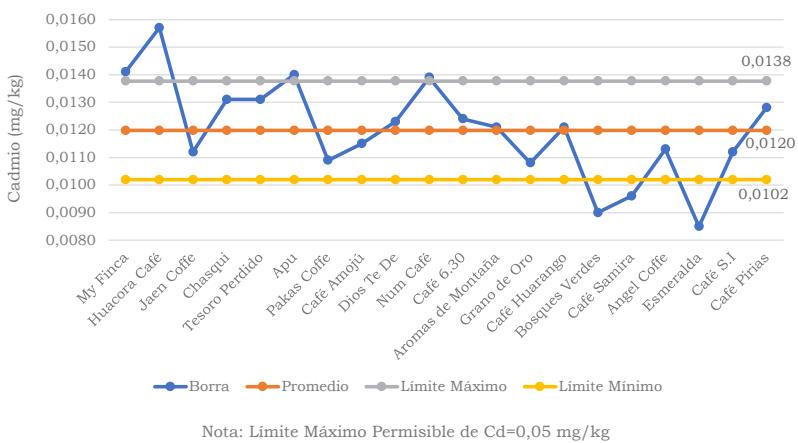
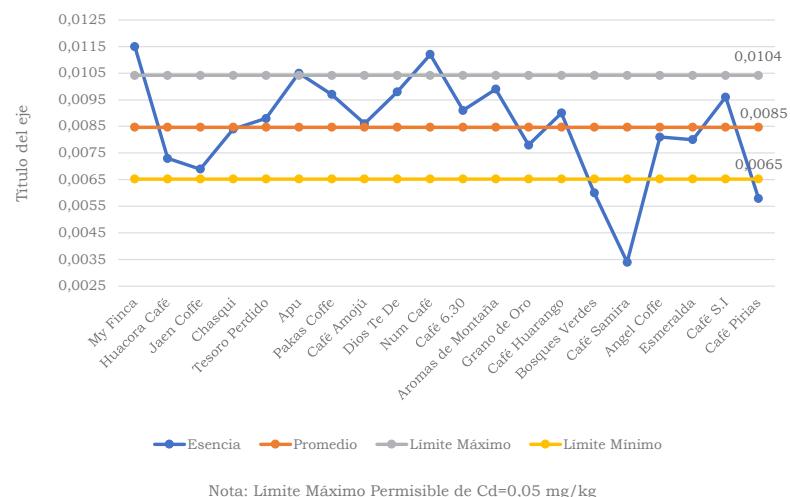
Contenido de cadmio (Cd)

En esta sección de resultados, las marcas de café se representarán con las siguientes siglas: Num Café (NCA), Pakas Coffe (PKC), Aromas de Montaña (ADM), Dios te Dé (DTD), APU, Café Samiria (CSM), Bosques Verdes (BOV), Café 6.30 (C63), Café Amoju (CAM), Huacora Café (HUA), Tesoro Perdido (TPE), Chasqui (CHA), My Fincá (MyF), Café Huarango (CAH), Grano de Oro (GOR), Ángel Coffe (ANC), Jaén Coffe (JAE), Café Pirias (CPI) Café S.I (CSI) y Esmeralda (ESM). El análisis de Cd en 20 marcas de café se realizó en 3 formas: tostado molido, borra y esencia. El café tostado molido presentó los niveles más altos (valor medio = 0.017 y mediana = 0.0173), seguido por la borra (media = 0.012 y mediana = 0.0121), mientras que la esencia mostró las concentraciones más bajas (media = 0.0085 y mediana = 0.0087).

En cuanto al café tostado molido (Figura 1), la marca NCA mostró la mayor concentración de Cd con 0.0214 ppm, mientras que ESM registró la menor con 0.0120 ppm. Para la borra (Figura 2), HUA presentó el contenido más alto de Cd (0.0157 ppm), en contraste con ESM, que nuevamente mostró la concentración más baja (0.0085 ppm). En cuanto a la esencia (Figura 3), MyF y NCA exhibieron los niveles más elevados de Cd, mientras que CSM registró la concentración más baja con 0.0034 ppm.

El valor promedio en tostado molido para Cd fue de 0.0174 ppm, el límite máximo de 0.020 y el límite mínimo de 0.015. La marca PKC y NCA superaron el límite máximo, mientras que, las marcas ESM y CPI se encontraron por debajo del valor mínimo. En el caso de borra de café, el valor promedio de Cd fue de 0.012 ppm, el límite máximo de 0.014 y el límite mínimo de 0.0102. Las marcas BOV, CSM y ESM estuvieron por debajo del límite mínimo, mientras que, MYF y HUA pasaron del límite máximo. Para esencia de café, el valor promedio fue de 0.0085 ppm, el límite máximo de 0.0105 y el límite mínimo de 0.0065. Algunas marcas excedieron el valor medio, tales como MyF y NCA, mientras que BOV, CSM y CPI se situaron por debajo del límite mínimo.

Por su parte, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que existen diferencias significativas en cuanto al nivel de Cd (Tabla 1) en las diferentes marcas de café, así como en cada etapa (tostado molido, borra y esencia).

**Figura 1.** Concentración de cadmio (Cd) en 20 marcas de café (tostado molido)**Figura 2.** Concentración de cadmio (Cd) en 20 marcas de café (borra)**Figura 3.** Concentración de cadmio (Cd) en 20 marcas de café (esencia)

La prueba de Tukey (Tabla 2) reveló que la marca NCA presentó la mayor concentración de Cd, superando a las demás marcas evaluadas. CSM, en esencia, mostró la concentración más baja de Cd

entre todas las marcas analizadas, lo que sugiere que la presencia de este metal en la bebida preparada con este café sería mínima.

Tabla 1. ANOVA ($p=0.05$) del nivel de cadmio en 20 marcas de café molido, borra y esencia

FV	SC	GL	CM	F observado	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.000017	2	0.0000008	0.1620	3.073	4.796
Tratamientos	0.0032346	59	0.0000548	10.7401 **	1.437	1.671
Factor A (marca de Café)	0.0004245	19	0.0000223	4.3766 **	1.681	2.068
Factor B (etapa de postcosecha)	0.0024428	2	0.0012214	239.2716 **	3.630	4.796
Interacción A x B	0.0003673	38	0.0000097	1.8938 **	1.520	1.786
Error	0.0006023	118	0.0000051			
Total	0.0038	179				
	% CV =	17.89			** Altamente significativo	

Tabla 2. Prueba de Tukey ($p=0.05$) del nivel de Cd en 20 marcas de café tostado molido, borra y esencia

Nº	Marca	Promedio		
		Tostado molido	Borra	Esencia
1	NCA	0.0214 ^a	0.0139 ^{bcdghijklm}	0.0112 ^{ghijklmn}
2	PKC	00211 ^a	0.0109 ^{fghijklmn}	0.0097 ^{ijklmnop}
3	ADM	0.0204 ^{ab}	0.0121 ^{efghijklmn}	0.0099 ^{hijklmnop}
4	DTD	0.0202 ^{ab}	0.0123 ^{efghijklmn}	0.0098 ^{hijklmnop}
5	APU	0.0200 ^{abc}	0.0140 ^{bcdghijklm}	0.0105 ^{ghijklmn}
6	CSM	0.0195 ^{abcd}	0.0096 ^{ijklmnop}	0.0034 ^p
7	BOV	0.0184 ^{abcde}	0.0090 ^{ijklmnop}	0.0060 ^{nop}
8	C63	0.0183 ^{abcde}	0.0124 ^{efghijklmn}	0.0091 ^{ijklmnop}
9	CAM	0.0179 ^{abcdef}	0.0115 ^{efghijklmn}	0.0086 ^{klmnop}
10	HUA	0.0174 ^{abcdefg}	0.0157 ^{abcddefghijk}	0.0073 ^{mnop}
11	TPE	0.0171 ^{abcdefg}	0.0131 ^{defghijklmn}	0.0088 ^{klmnop}
12	CHA	0.0170 ^{abcdefg}	0.0131 ^{defghijklmn}	0.0084 ^{lmnop}
13	MyF	0.0168 ^{abcdefgh}	0.0141 ^{bcdghijklm}	0.0115 ^{efghijklmn}
14	CAH	0.0165 ^{abcdefghi}	0.0121 ^{efghijklmn}	0.0090 ^{ijklmnop}
15	GOR	0.0165 ^{abcdefghi}	0.0108 ^{fgijklmn}	0.0078 ^{mnop}
16	ANC	0.0160 ^{abcdefghij}	0.0113 ^{fghijklmn}	0.0081 ^{mnop}
17	JAE	0.0154 ^{abcdefgijkl}	0.0112 ^{fghijklmn}	0.0069 ^{mnop}
18	CPI	0.0136 ^{cdefghijklm}	0.0128 ^{defghijklmn}	0.0058 ^{op}
19	CSI	0.0128 ^{ddefghijklmn}	0.0112 ^{fghijklmn}	0.0096 ^{ijklmnop}
20	ESM	0.0120 ^{efghijklmn}	0.0085 ^{klmnop}	0.0080 ^{mnop}

Nota: LMP de Cd = 0.05 mg/kg

Contenido de plomo (Pb)

El café tostado molido (Figura 4) presentó los niveles más altos de Pb (media = 0.2007 y mediana = 0.2017), seguido por la borra de café con niveles intermedios (media = 0.0564 y mediana = 0.0415), mientras que, la esencia mostró las concentraciones más bajas (media = 0.0062 y mediana = 0.0019).

En la cantidad de Pb en café tostado molido (Figura 4), CAH registró el mayor contenido de Pb (0.2433 ppm), mientras que CHA mostró la menor concentración. Para la borra (Figura 5), PKC presentó el valor más alto (0.173 ppm) y CSM el más bajo (0.014 ppm). En la esencia (Figura 6), TPE tuvo la mayor concentración (0.053 ppm), mientras que DTD mostró la menor (0.0004 ppm).

El valor promedio en café tostado molido para Pb fue de 0.2007 ppm, el límite máximo de 0.2242 y el límite mínimo de 0.1771. La marca CHA estuvo por debajo del valor mínimo, en contraste, la marca CAH destaca por estar encima del valor máximo, en relación con la media muestral. En cuanto a borra de café, el promedio para Pb fue de 0.0564 ppm, el límite máximo de 0.0976 y el límite mínimo de 0.0153. Sólo la marca PKC destaca por superar el límite máximo. Así mismo, la esencia de café, presentó como valor promedio de 0.0062 ppm, el límite máximo de 0.0179 y el límite mínimo de -0.0055. La marca TPE sobresale del límite máximo, mientras que las demás marcas se mantienen dentro del promedio.

La prueba de ANOVA reveló diferencias significativas en los niveles de Pb entre las distintas marcas de café analizadas (Tabla 3), en sus 3 presentaciones, lo cual indica que la concentración de Pb varía significativamente en cada etapa del procesamiento del café.

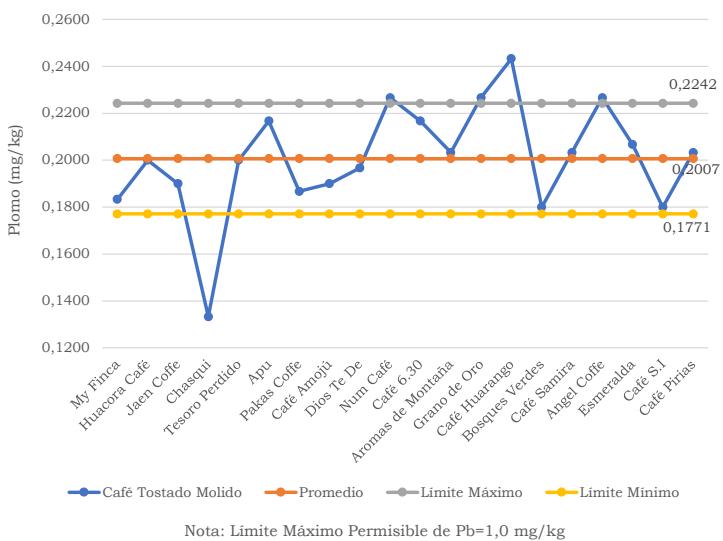
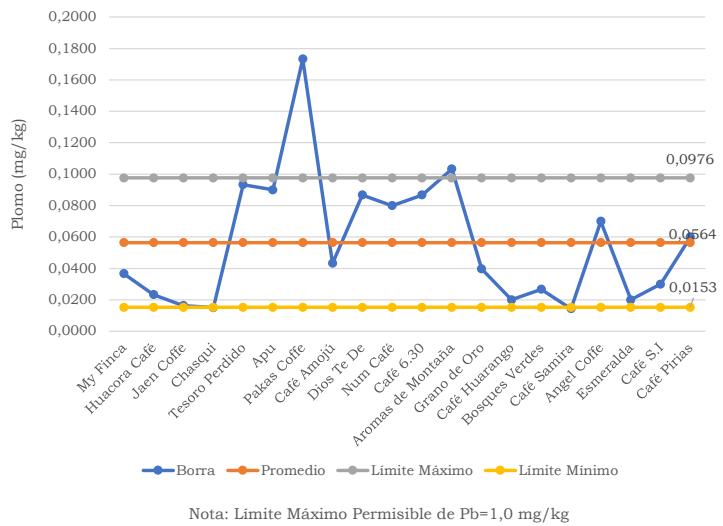
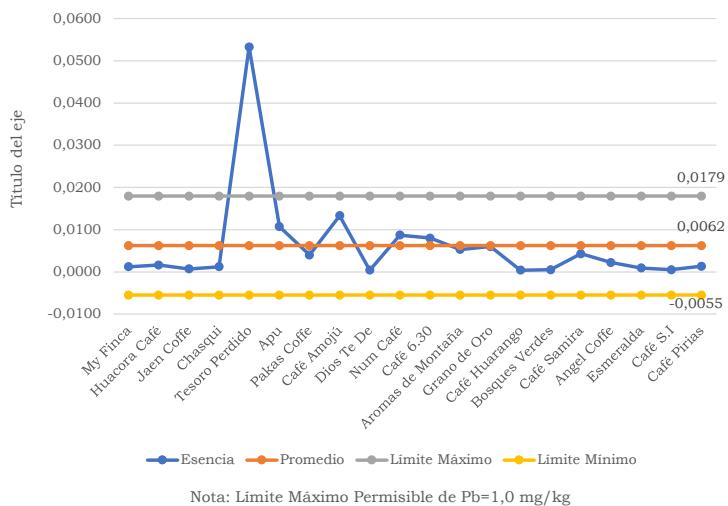
**Figura 4.** Concentración de plomo (Pb) en 20 marcas de café (tostado molido).**Figura 5.** Concentración de plomo (Pb) en 20 marcas de café (borra)**Figura 6.** Concentración de plomo (Pb) en 20 marcas de café (esencia)

Tabla 3. ANOVA ($p=0.05$) del nivel de plomo (Pb) en 20 marcas de café molido, borra y esencia

FV	SC	GL	CM	F observado	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.0023406	2	0.0011703	1.1618	3.073	4.796
Tratamientos	1.3587246	59	0.0230292	22.8613 **	1.437	1.671
Factor A (marca de Café)	0.0577118	19	0.0030375	3.0153 **	1.681	2.068
Factor B (etapa de poscosecha)	1.2226175	2	0.6113088	606.8513 **	3.630	4.796
Interacción A x B	0.0783952	38	0.0020630	2.0480 **	1.520	1.786
Error	0.1188667	118	0.0010073			
Total	1.4776	179				
	% CV =		36.16			

Asimismo, para el Pb, la prueba de Tukey indicó que la marca CAH de café tostado molido superó estadísticamente a las demás marcas en la concentración de Pb (Tabla 4). Tal como sucede en el nivel de Cd, la esencia presentó niveles más bajos de Pb.

Prueba de hipótesis ($p \geq 0.05$)

En la Tabla 5 se muestran los valores observados de la hipótesis o LMP para cada metal y por cada presentación de café (molido, borra o esencia). Tanto para Cd como para Pb los valores observados fueron inferiores al valor tabular, lo cual rechaza la hipótesis planteada (LMP de 0.05 mg/kg para Cd y 1.0 mg/kg para Pb). Esto indicaría que, los cafés que se comercializan en los mercados y cafeterías de Jaén en las diferentes marcas estudiadas son de excelente calidad.

Rendimiento sensorial de las marcas de café

En cuanto a la evaluación sensorial, la marca NCA obtuvo el mejor puntaje (84) en taza para ambos catadores, mientras que APU registró el menor puntaje con 68 y 79 puntos, seguida por CSM y HUA (Tabla 6). La mayoría de las marcas superaron el 80% de calidad en taza, lo que los clasifica como cafés premium muy buenos según el protocolo de puntuación Q Grader de la SCA. Sin embargo, APU con un rendimiento de calidad del 73.5%, se considera como café no especial.

Discusión

La presencia de Pb y Cd en las diferentes presentaciones (tostado molido, borra y esencia) de las 20 marcas comerciales de café analizadas no supera los LMP, lo que sugiere una excelente calidad y aptitud para el consumo; estos resultados son similares a otros estudios. Por otra parte, Semen et al. (2017) y Adler et al. (2019) observaron que los contenidos de metales

Tabla 4. Prueba de Tukey ($p=0.05$) del nivel de plomo (Pb) en 20 marcas de café tostado molido, borra y esencia.

Nº	Marca	*Promedio		
		Tostado molido	Borra	Esencia
1	CAH	0.2433 ^a	0.0200 ^d	0.0004 ^d
2	ANC	0.2267 ^{ab}	0.0700 ^{cd}	0.0022 ^d
3	GOR	0.2267 ^{ab}	0.0397 ^d	0.0060 ^d
4	NCA	0.2267 ^{ab}	0.0800 ^{cd}	0.0087 ^d
5	C63	0.2167 ^{ab}	0.0867 ^{cd}	0.0080 ^d
6	APU	0.2167 ^{ab}	0.0900 ^{cd}	0.0107 ^d
7	ESM	0.2067 ^{ab}	0.0200 ^d	0.0009 ^d
8	CPI	0.2033 ^{ab}	0.0600 ^{cd}	0.0013 ^d
9	CSM	0.2033 ^{ab}	0.0143 ^d	0.0043 ^d
10	ADM	0.2033 ^{ab}	0.1033 ^{cd}	0.0053 ^d
11	TPE	0.2000 ^{ab}	0.0933 ^{cd}	0.0533 ^{cd}
12	HUA	0.2000 ^{ab}	0.0233 ^d	0.0016 ^d
13	DTD	0.1967 ^{ab}	0.0867 ^{cd}	0.0004 ^d
14	CAM	0.1900 ^{ab}	0.0433 ^d	0.0133 ^d
15	JAE	0.1900 ^{ab}	0.0163 ^d	0.0007 ^d
16	PKC	0.1867 ^{ab}	0.1733 ^{ab}	0.0040 ^d
17	MyF	0.1833 ^{ab}	0.0367 ^d	0.0012 ^d
18	CSI	0.1800 ^{ab}	0.0300 ^d	0.0005 ^d
19	BOV	0.1800 ^{ab}	0.0267 ^d	0.0005 ^d
20	CHA	0.1333 ^{bc}	0.0150 ^d	0.0012 ^d

LMP de Pb = 1.0 mg/kg

Tabla 5. Prueba de hipótesis de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en 20 marcas de café.

Marca de café	Cadmio			Plomo		
	Café tostado molido	Borra	Esencia	Café tostado molido	Borra	Esencia
My Finca	0.0168	0.0141	0.0115	0.1833	0.0367	0.0012
Huacora Café	0.0174	0.0157	0.0073	0.2000	0.0233	0.0016
Jaén Coffe	0.0154	0.0112	0.0069	0.1900	0.0163	0.0007
Chasqui	0.0170	0.0131	0.0084	0.1333	0.0150	0.0012
Tesoro Perdido	0.0171	0.0131	0.0088	0.2000	0.0933	0.0533
Apu	0.0200	0.0140	0.0105	0.2167	0.0900	0.0107
Pakas Coffe	0.0211	0.0109	0.0097	0.1867	0.1733	0.0040
Café Amojú	0.0179	0.0115	0.0086	0.1900	0.0433	0.0133
Dios Te De	0.0202	0.0123	0.0098	0.1967	0.0867	0.0004
Num Café	0.0214	0.0139	0.0112	0.2267	0.0800	0.0087
Café 6.30	0.0183	0.0124	0.0091	0.2167	0.0867	0.0080
Aromas de Montaña	0.0204	0.0121	0.0099	0.2033	0.1033	0.0053
Grano de Oro	0.0165	0.0108	0.0078	0.2267	0.0397	0.0060
Café Huarango	0.0165	0.0121	0.0090	0.2433	0.0200	0.0004
Bosques Verdes	0.0184	0.0090	0.0060	0.1800	0.0267	0.0005
Café Samira	0.0195	0.0096	0.0034	0.2033	0.0143	0.0043
Angel Coffe	0.0160	0.0113	0.0081	0.2267	0.0700	0.0022
Esmeralda	0.0120	0.0085	0.0080	0.2067	0.0200	0.0009
Café S.I	0.0128	0.0112	0.0096	0.1800	0.0300	0.0005
Café Pirias	0.0136	0.0128	0.0058	0.2033	0.0600	0.0013
Mediana	0.0173	0.0121	0.0087	0.2017	0.0415	0.0019
Media aritmética	0.0174	0.0120	0.0085	0.2007	0.0564	0.0062
Varianza	0.000007	0.000003	0.000004	0.00055	0.00169	0.00013
Desviación estándar	0.0026	0.0018	0.0019	0.0236	0.0412	0.0117
Error estándar	0.0006	0.0004	0.0004	0.0053	0.0092	0.0026
Valor de la hipótesis observado	-55.1398	-95.1189	-95.5800	-151.662	-102.49	-379.22
Valor tabular de la hipótesis (p=0.05, gl=19)	1.729					

Nota. nivel de significancia (0.05)

pesados no superaban los LMP. A su vez, Massoud et al. (2022) registraron niveles de metales pesados y otros elementos en el café tostado disponible en los mercados de Irán y Turquía, pero dentro de límites seguros. En Brasil, Teixeira et al. (2018) reportaron que los contenidos de Cd en las muestras de café tostado molido no excedieron el límite establecido por la legislación brasileña. Por su parte, Berego et al. (2023) encontraron que, a pesar de registrar concentraciones de Cd superiores a las permitidas para suelos agrícolas, no existe ningún peligro para la salud relacionado con el uso de granos de café.

En contraste, Amin et al. (2024), en Arabia Saudita, registraron que el contenido de Pb en diferentes tipos de café fue más alto que otros metales evaluados, pues oscila entre 0.521 y 0.832 µg/g. Esto podría ser preocupante si se acumula en

el cuerpo, por lo que recomendaron mejorar las prácticas de almacenamiento y procesamiento para minimizar estos riesgos. En cuanto a café instantáneo, Winiarska-Mieczan et al. (2023) encontraron que el Pb representa un mayor riesgo que el Cd, especialmente en bebidas con mayor peso por porción como el cappuccino. El consumo moderado de café instantáneo y sus sustitutos es generalmente seguro en términos de exposición a Cd y Pb, pero los autores recomiendan el monitoreo regular debido a la capacidad de acumulación de estos metales en el organismo.

Pokorska-Niewiada et al. (2024) indicaron que el consumo de una taza de café proporciona pequeñas cantidades de Cd y Pb. Por su parte, Várady et al. (2024) mencionaron que, el método de procesamiento puede afectar el contenido de metales pesados en los

Tabla 6. Puntaje de calidad sensorial por catadores Q Grader según la SCA.

Marca de café	Catador 1	Catador 2
MyF	80.5	82.3
HUA	78	79
JAE	79	81
CHA	80	79
TPE	81	81
APU	68	79
PKC	82	83.3
CAM	80	82.8
DTD	83	83
NCA	84	84
C63	85	82.3
ADM	80	82.5
GOR	80	80.5
CAH	83.8	82.8
BOV	83.3	79
CSM	78	81
ANC	83.8	81.5
ESM	83	80
CSI	82	82.8
CPI	82.5	83.3
Media	80.838	81.488
Mediana	81.50	81.88

cafés de especialidad verdes y tostados, por lo que recomiendan el monitoreo del proceso, aunque el tostado posterior puede reducir sustancialmente su contenido en algunos casos.

Rahimi *et al.* (2024) determinaron la siguiente clasificación de la concentración de metales pesados en diferentes cafés: Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd en polvo; Fe > Cu > Zn > Ni en molido; Fe > Zn > Ni > Cu > Pb > Cd en procesado e infusión y Fe > Zn > Ni > Cs > Pb en grano. Los autores concluyeron también que, los consumidores de algunos países no corrían riesgos debido a la ingestión de estos metales a través del café y el consumo de productos a base de café.

Así mismo, Guadalupe *et al.* (2023) investigaron el riesgo de la presencia de diversos metales pesados para el consumidor, incluyendo Cd y Pb, en 5 variedades de café de 5 regiones peruanas. Los resultados por región mostraron diferencias en las que la región San Martín presentó los mayores valores de Pb sin embargo estuvieron por debajo de los LMP. Para Pb indicaron que no era probable que se produjera un efecto adverso para la salud.

Así mismo, Tezotto, *et al.* (2012) aportaron también que, las plantas de café son altamente tolerantes a

metales pesados como Cd, incluso con dosis altas. En su estudio presentaron que ocurre poco transporte de estos metales a los granos de café, que es la parte consumida por los humanos.

Referente a este estudio, el hecho de que los niveles de metales pesados no superen los LMP sugiere que los productores de café en Jaén implementan buenas prácticas agrícolas, lo cual minimiza la contaminación antropogénica. Esto contribuye a la reputación del café de Jaén como uno de los mejores del mundo (Agencia Agraria de Noticias, 2023).

La mayoría de las 20 marcas de café comercializadas en Jaén, provenientes de diversas zonas cafetaleras de la provincia, alcanzaron valores superiores al 80% en calidad sensorial. Estos resultados coinciden con los estudios de Santacruz *et al.* (2020) quienes también reportaron valores por encima del 80% en cafés producidos en Jaén.

Aunque la marca Apu obtuvo un valor inferior al 80%, esto no necesariamente indica baja calidad. La disminución en la calidad de taza podría deberse al tipo y tiempo de tostado empleado por la empresa Cenfrocafé, posiblemente un tueste medio oscuro que puede generar notas más amargas. Los niveles de Cd y Pb en café tostado molido, borra y esencia de las 20 marcas analizadas no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea (Pb < 1.0 mg/kg y Cd < 0.05 mg/kg). Esto demuestra un cumplimiento satisfactorio de los estándares de seguridad alimentaria, indicando que estas marcas no representan un riesgo significativo para la salud de los consumidores.

Conclusiones

Los niveles de plomo y cadmio en las 20 marcas de café analizadas no superaron los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea (Pb = 1.0 mg/kg; Cd= 0.05 mg/kg), lo que indica que son seguros para el consumo.

Se observan diferencias en las concentraciones de metales pesados según el tipo de presentación del café (molido, borra y esencia), dentro de las cuales, generalmente, las más altas estuvieron en el café molido y la borra, y menores en la esencia; ello indica que, el método de procesamiento puede afectar el contenido de metales pesados en el café.

La mayoría de las marcas de café comercializadas en Jaén alcanzaron valores superiores al 80% en calidad sensorial, lo que las clasifica como café premium según el protocolo SCA.

Los bajos niveles de metales pesados que fueron de 0.0174 a 0.0085 de Cd y de 0.2007 a 0.0062 en Pb, al no superar los LMP contribuyen a la buena reputación de las diferentes marcas de café comercializadas en Jaén.

Referencias

- Adler, G.; Nędzarek, A. y Tórz, A. (2019). Concentrations of selected metals (NA, K, CA, MG, FE, CU, ZN, AL, NI, PB, CD) in coffee. *Slovenian Journal of Public Health*, 58(4), 187-193. <https://doi.org/10.2478/sjph-2019-0024>
- Agencia Agraria de Noticias. (2023, noviembre 6). El mejor café del Perú es del productor cajamarquino Yoniser Mego Silva. *Agraria.pe*. <https://agraria.pe/noticias/el-mejor-cafe-del-peru-es-del-productor-cajamarquino-yoniser-33730>
- Amin, M.M.; Chang, S.K.; Ashraf, M.W. y Andrews, K. (2024). Heavy metal and mycotoxin-producing fungi contamination of coffee consumed in Saudi Arabia. *Food Chemistry Advances*, 5, 100798. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100798>
- Balali-Mood, M.; Naseri, K.; Tahergorabi, Z.; Khazdair, M.R. y Sadeghi, M. (2021). Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Frontiers in Pharmacology*, 12: 643972, 1-19. <http://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>
- Berego Y.S.; Sota S.S.; Ulsido M. y Beyene E.M. (2023). The contents of essential and toxic metals in coffee beans and soil in Dale Woreda, Sidama Regional State, Southern Ethiopia. *PeerJ* 11:e14789. <https://doi.org/10.7717/peerj.14789>
- Guadalupe, G.A.; Chávez, S.G.; Arellanos, E. y Doménech, E. (2023). Probabilistic risk characterization of heavy metals in peruvian coffee: implications of variety, region and processing. *Foods*, 12(20), 2-13. <https://doi.org/10.3390/foods12173254>
- Junta Nacional del Café. (2021, enero 31). Producción y exportaciones de café apuntan a ser mejores durante el 2021. <https://juntadelcafe.org.pe/produccion-y-exportaciones-de-cafe-apuntan-a-ser-mejores-durante-el-2021>
- León, J. C. (2023, septiembre 18). El Perú de hoy consume un 70% más de café que hace 10 años. *Agraria.pe*. <https://agraria.pe/noticias/el-peru-de-hoy-consume-un-70-mas-de-cafe-que-hace-10-anos-34026>
- Massoud, R.; MirMohammadMakki, F.S.; MirMohammad Makki, S.F.; MirMohammadMakki, N.S. y Massoud, A. (2022). Evaluation of heavy metals in roasted coffee powder in Iran and Turkey. *Coffee Science*, 17, e172013. <https://doi.org/10.25186/v17i.2013>
- Nordberg, G. F.; Fowler, B. A. y Nordberg, M. (Eds.). (2014). *Handbook on the toxicology of metals* (4th ed.). Academic Press.
- Pokorska-Niewiada, K.; Scheffler A.; Przedpełska L. y Witczak A. (2024). Tracking trace elements found in coffee and infusions of commercially available coffee products marketed in Poland. *Foods*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/foods13142212>
- Rahimi, A.; Talebi-Ghane, E.; Heshmati, A.; Ranjbar, A. y Mehri, F. (2024). Content of potentially toxic elements (PTEs) in coffee and coffee-based products: a meta-analysis study, Systematic review, and health risk assessment. *Drug and Chemical Toxicology*, 47(3), 356-364. <https://doi.org/10.1080/01480545.2023.2193354>
- Santacruz, R.; Tirado, J. y Minchán, H. (2020). Perfil sensorial de cuatro variedades de café (*Coffea arabica* L) cultivados en diferentes altitudes del distrito de San José del Alto-Jaén. *Pakamuros*, 8 (3), 92-104. <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/108/107>
- Şemen, S.; Mercan, S.; Yayla, M. y Açıkkol, M. (2017). Elemental composition of green coffee and its contribution to dietary intake. *Food Chemistry*, 215, 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.176>
- Stroheker, T.; Chung, Y. J.; Scholz, G. y Mazzatorta, P. (2019). A global approach for prioritizing chemical contaminants in raw materials of food for infants and young children. *Food Control*, 105, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.05.024>
- Teixeira P.; Regina P. y Queiroz M. (2018). Quality of commercial coffees: heavy metal and ash contents. *Hindawi Journal of Food Quality*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2018/5908463>
- Tezotto, T.; Laércio J.; Antunes R.; Ferracciú L. y Mazzafera, P. (2012). Coffee is highly tolerant to cadmium, nickel and zinc: plant and soil nutritional status, metal distribution and bean yield. *Field Crops Research*, 125, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.08.012>
- Várady, M.; Boržíková, J. y Popelka, P. (2024). Effect of processing method (natural, washed, honey, fermentation, maceration) on the availability of heavy metals in specialty coffee. *Helijon*, 10 (3), e25563. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2024.e25563>
- Winiarska-Mieczan, A.; Kwiatkowska, K.; Kwiecień, M. y Zaricka, E. (2021). Assessment of the risk of exposure to cadmium and lead as a result of the consumption of coffee infusions. *Biological Trace Element Research*, 199, 2420-2428. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02332-3>
- Winiarska-Mieczan, A.; Jachimowicz, K.; Kislova, S.; Kwiecień, M.; Zasadna, Z. y Yanovych, D. (2023). Cadmium and lead concentration in drinking instant coffee, instant coffee drinks and coffee substitutes: safety and health risk assessment. *Biological Trace Element Research*, 201, 425-435. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03129-2>