

Evaluación de las Características Fisicoquímicas, Cromatográficas y Actividad Antioxidante del Café Verde Caracolillo y Natural (*Coffea arabica* L.) de Umapata-Cusco



Citación: Urrunaga de Rozas, E. J., Torres Polanco, J., Alosilla Robles, C. S., & Puma Caparo, B. P. (2024). Evaluación de las Características Fisicoquímicas, Cromatográficas y Actividad Antioxidante del Café Verde Caracolillo y Natural (*Coffea arabica* L.) de Umapata-Cusco. Q'EUÑA, 15(2), 16-25.

<https://doi.org/10.51343/rq.v15i2.1570>

Recibido: 15-10-2024

Aceptado: 28-11-2024

Publicado: 23-12-2024



Copyright: © 2024. Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la UNSAAC (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Autor Corresponsal:

Emma Jesús Urrunaga de Rozas
emma.urrunaga@unsaac.edu.pe

Evaluation of the Physicochemical Characteristics, Chromatographics and Antioxidant Activity of Caracolillo and Natural Green Coffee (*Coffea arabica* L.) from Umapata-Cusco

Emma Jesús Urrunaga de Rozas^{1,2} , Juana Graciela Torres Polanco^{1,2} , Carmen Sonia Alosilla Robles¹ , Blas Porfirio Puma Caparo¹ 

¹Dirección de Departamento Académico de Química-Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Av. de la Cultura 733, Cusco-Perú

²Centro de Estudios de Plantas Alimenticias y Medicinales (CEPLAM). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Av. de la Cultura 733, Cusco-Perú

Resumen

El café (*Coffea arabica* L.) es una bebida popular, pero el café peruano enfrenta desafíos que afectan su competitividad en el mercado internacional. Se evaluaron las características fisicoquímicas, cromatográficas y la actividad antioxidante de dos tipos de café verde: el café caracolillo C y el café verde natural N. El café N presenta granos ovalados y alargados, con un surco estrecho y ondulado, mientras que el grano de café C tiene forma esférica. En las pruebas fisicoquímicas se determinaron humedad por gravimetría, C presentó 11,51 % y el N 9,79 %, por potenciometría el pH del C fue 5,82±0,01 y del N 6,01±0,01. Por volumetría se determinaron la acidez titulable, para C fue 0,81±0,001 g a pH 8,21 y para N 0,67±0,03 a pH 8,25 en g de ácido málico/100g, mientras que los azúcares reductores fueron para C 2,70±0,08 % y para N 2,99±0,10 %. Por espectrofotometría se determinaron polifenoles totales, el café C presentó 21,79±0,75 mgEAG/g y 20,09±0,70 mgEAG/g para café N. Por HPLC, se identificaron: ácido clorogénico, cafeína y ácido ferúlico, no se detectó gálico, cafeico ni rutina. El ácido clorogénico en el café N fue 174,19±9,87 mg/g y en el C fue 172,02±3,97 mg/g. La cafeína fue 100,90±3,52 mg/g para el café N y 111,77±3,52 mg/g para el C. El ácido ferúlico presentó en el café N 1,06±0,12 mg/g y el café C 0,89±0,10 mg/g. La actividad antioxidante por DPPH fue para el café N 75,73±1,07 % y para C 89,03±2,86 %.

Palabras claves: *Coffea arabica* L., café caracolillo, café natural, HPLC, antioxidantes.

Abstract

Coffee (*Coffea arabica* L.) is a popular drink, but Peruvian coffee has serious problems that limit its international competitiveness. The physicochemical characteristics, chromatographic and antioxidant activity of green caracolillo C coffee and green natural N coffee were evaluated. N coffee has oval and elongated grains, with a narrow and wavy groove, while the C grain has a spherical shape. In the physicochemical tests, humidity was determined by gravimetry, C presented 11,51 % and N 9,79 %, by potentiometry the pH of C coffee was $5,82 \pm 0,01$ and of N coffee $6,01 \pm 0,01$. By volumetry, titratable acidity was determined for C it was $0,81 \pm 0,001 \text{ g}/100 \text{ g}$ at pH 8,21 and for N $0,67 \pm 0,03 \text{ g}/100 \text{ g}$ at pH 8,25 while reducing sugars were $2,70 \pm 0,08$ % for C and $2,99 \pm 0,10$ % for N. By spectrophotometry, total polyphenols (TP) were determined, C presented $21,79 \pm 0,75 \text{ mgEAG/g}$ and $20,09 \pm 0,70 \text{ mgEAG/g}$ for N coffee. and the highest AA by DPPH was for C $89,03 \pm 2,86$ % and for N coffee $75,73 \pm 1,07$ %. By HPLC, the following were identified: chlorogenic acid, caffeine and ferulic acid, gallic, caffeic or rutin were not detected. Chlorogenic acid in coffee N was $174,19 \pm 9,87 \text{ mg/g}$ and in C it was $172,02 \pm 3,97 \text{ mg/g}$, for caffeine $100,90 \pm 3,52 \text{ mg/g}$ for N and $111,77 \pm 3,52 \text{ mg/g}$ for C. Ferulic acid presented in coffee N $1,06 \pm 0,12 \text{ mg/g}$ and C $0,89 \pm 0,10 \text{ mg/g}$. Antioxidant activity by DPPH was for N coffee $75,73 \pm 1,07$ % and for C $89,03 \pm 2,86$ %.

Keywords: *Coffea arabica* L., caracolillo coffee, natural coffee, HPLC, antioxidants.

Introducción

El café pertenece a la familia de las rubiáceas (Lazcano et al., 2015). Es una de las bebidas más populares del mundo en la actualidad considerada como alimento de todos los días. Su contenido en cafeína restringe su uso, aunque esto se debe principalmente al consumo excesivo durante 24 horas. El café ofrece beneficios para la salud como la reducción del cáncer de hígado o la protección contra la enfermedad de Parkinson (Orús A., 2024). El componente que le da calidad nutricional es la cafeína, un derivado de las xantinas. La capacidad antioxidante que presenta el café, es debido al contenido de la cafeína, por lo que se puede afirmar que esta es directamente proporcional a la concentración de la cafeína presente en el café (Vega et al., 2014).

Se cultivan dos variedades con fines de consumo comercial: *Coffea arabica* L. (café arábico) y *Coffeacanephora* L. (café robusto). El café Arábico es considerado como la especie superior por su complejo perfil de sabor y aroma, mientras que el café robusto es conocido por su dureza y resistencia a las enfermedades. Los granos de café arábico imparten un perfil de sabor más suave y matizado con notas de fruta, chocolate y nueces, mientras que los granos de café robusto brindan un sabor más amargo y terroso con un mayor contenido de cafeína. El café arábico,

contiene carbohidratos, lípidos, aminoácidos, minerales y diversos compuestos bioactivos, estos últimos se pueden dividir en varias categorías, incluidos los alcaloides, diterpenos y compuestos fenólicos (Tsiaka et al., 2023).

Valencia et al. (2015) refieren que los análisis fisicoquímicos y sensoriales para café, son técnicas reproducibles cuyos resultados permiten describir sus características en taza para determinar los diferentes atributos de calidad. La composición química del café verde depende principalmente de aspectos genéticos, especialmente de la especie, y de aspectos fisiológicos como el cultivo, el grado de maduración, prácticas agrícolas, clima, composición del suelo y los métodos de análisis (Pérez, 2016).

Hecimovic et al. (2011) reporta que entre los antioxidantes polifenólicos, el café aporta un alto contenido en ácidos fenólicos de la familia de los ácidos hidroxicinámicos (cafeico, clorogénico, cumarico, ácidos ferúlico y sinápico), que contribuyen significativamente a la ingesta total de polifenoles.

Por otro lado MIDAGRI (2024) reportó que las exportaciones de café en Perú, superaron los 132 millones de dólares, entre enero y febrero de este año, lo que significa un aumento del 66% en comparación al

mismo periodo de 2023 (79.8 millones de dólares), informó Sierra y Selva institución exportadora adscrita al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). El 2023 fue un año de desafíos para la industria cafetalera peruana, debido al aumento de la temperatura y la escasez de lluvias que contribuyeron a la propagación de la roya amarilla. Estas condiciones impactaron en la producción y calidad del café, principalmente en la selva central (Huánuco, Junín y Ucayali), según el Observatorio de Commodities del MIDAGRI. A pesar de estas dificultades, Perú logró exportar 205 mil toneladas de granos de café por un valor total de 827,3 millones de dólares, con picos de envíos superiores a las 32,000 toneladas mensuales durante el último cuatrimestre del año. En el Perú, el café se cultiva en las regiones de San Martín, Cajamarca, Amazonas, Piura, Junín, Pasco, Huánuco, Ucayali, Apurímac, Cusco, Lambayeque, Ayacucho y Puno; abarcando 427 mil hectáreas con la participación de alrededor de 223 mil familias de agricultores.

Entonces, el problema general se plantea como la falta de conocimiento acerca de las características fisicoquímicas, cromatográficas y funcionales del café caracolillo (C) y el natural (N), con lo que se ve afectada negativamente la economía de los agricultores de café de la zona de Umapata de la provincia de Calca-Cusco

Por tanto, ¿será posible mejorar la calidad del café arábico cusqueño, mediante un conocimiento de las propiedades fisicoquímicas, cromatográficas, contenido de polifenoles y actividad antioxidante, que se consideran como cualidades benéficas para la salud? En este contexto, mediante la presente investigación es posible conocer las características del café verde natural y del mutante conocido como el café verde caracolillo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas del grano de café verde natural y el café verde caracolillo, así mismo conocer su composición y contenido de fenoles por HPLC y la actividad antioxidante de los mismos.

Área de estudio

Comunidad de Umapata (Altitud de 2,680 msnm, latitud 12°52'53"S y longitud 71°56'26"O), distrito de Amparaes, provincia de Calca-Cusco.

Materiales y Métodos

Reactivos

Soluciones amortiguadoras de pH 4 y 7, NaOH 0.0071 N, reactivo de Fehling, Ácido Gálico de SIGMA, Reactivo de Folin Ciocalteu RFC 2N de SIGMA, Na₂CO₃ al 7.0 % de Merck DPPH de Sigma-Aldrich, agua ultrapura, disolventes grado HPLC de pureza >99%, metanol, acetonitrilo, ácido fosfórico de Merck, cafeína de Sigma-Aldrich. Ácidos fenólicos: gálico, clorogénico, cafeico, ferúlico y flavonoides: quercetina y rutina de Merck.

Muestras

La muestra de café (*C. arabica var. typica*) en pergamino se obtuvo de la Comunidad de Umapata y fue proporcionada por el Sr. Gabino Apaza Verónica el 17 de agosto del 2023 después de un proceso de secado de tres (3) días, su parcela se encuentra a 2420 msnm. Posteriormente la muestra se trasladó a la fábrica de café para ser limpiada y descascarada en una máquina piladora. Obtenido el café verde se separó en forma manual el café caracolillo (C) del café verde natural (N). Se obtuvieron 500 g en cada caso (Figura 1).

Figura 1

Muestras de Café: a) Verde natural (N) y b) caracolillo ©



Procesamiento de las Muestras. Ambas muestras de café C y N fueron molidas en un mortero de piedra, por su dureza, luego trituradas hasta consistencia de harina en un mortero de porcelana y tamizadas en malla de 200 mesh y almacenadas en ambiente seco.

Preparación de los Extractos de Café C y N para pH, Acidez Titulable y Polifenoles Totales. Según Pérez (2016) se pesó 0,5 g de harina del café C y N, añadiendo 50 mL de agua a 90 °C, procediendo a filtrar y centrifugar a 4000 rpm (centrifugadora marca DLAB) por 30 min, los sobrenadantes fueron separados y almacenados en refrigeradora.

Caracterización Morfológica de las Muestras. Se realizó siguiendo el método descrito por Núñez et al. (2021). Cada grano fue pesado en una balanza analítica METTLER TOLEDO y para medir el largo y ancho de los mismos se utilizó un micrómetro DIGITAL CALIPER 150 mm.

Características Físicoquímicas Humedad. Método gravimétrico. AOAC. Official Methods of Analysis 18th Edition, (2005). Se pesó un crisol vacío se agregó 1 g. de muestra y secó en una estufa a 110°C por 24 horas. Se retiró el crisol y se enfrió en desecador y pesó nuevamente. El contenido de humedad se realizó por diferencias de pesadas.

Azúcares Reductores. Las muestras de café C y N fueron pulverizadas, tamizadas y pesadas, utilizando 5 g de cada una. Posteriormente, se mezclaron con agua y se aforaron a un volumen total de 50 mL para colocarlos en buretas. Se calentó una mezcla del reactivo Fehling con agua hasta ebullición y luego se añadió desde las buretas las soluciones que contenían los azúcares reductores, cuando la coloración paso de azul a celeste se añadió azul de metileno. La formación de un precipitado rojo en la base del Erlenmeyer, indico el final de la titulación.

Potencial de Hidrógeno pH. El método oficial AOAC 918.12 establece que se debe calibrar el pHmetro (marca CONSORT) utilizando soluciones amortiguadoras de pH 4 y 7. Se colocaron 10 ml del extracto de cada muestra en vasos, y se procedió a realizar la lectura del pH.

Acidez Titulable. Método 942.15 (AOAC, 2015, descrito por Pérez, 2016) se midió 10 mL del extracto y se tituló con una solución de NaOH 0,007 N hasta a un pH de 8,2. Se registró el volumen de NaOH gastado para neutralizar la solución problema.

Polifenoles Totales (PT). Método de Folin-Ciocalteu modificado (Pérez 2016; Torres 2019), El Ácido gálico fue utilizado como patrón en una concentración de 200 mg/L. Fueron preparadas diluciones de los extractos de las muestras 1:10 tomando 400 µL, que se depositaron en tubos y se añadieron los reactivos: Agua destilada, RFC 2N y Na₂CO₃ al 7.0 %, se agitaron e incubaron por 30 minutos a 45 °C en baño de agua en ausencia de luz, posteriormente se enfriaron y realizaron las lecturas a 760 nm en un espectrofotómetro UV-Vis marca Thermo Electron Corporation Evolution™ 300. La curva de calibración corresponde a las siguientes concentraciones 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 en ppm. (Figura 2)

Figura 2

Curva de calibración de Ácido gálico



Determinación cuantitativa por HPLC de componentes fenólicos y cafeína

Se utilizó el HPLC de marca Agilent (USA) con detector de arreglo de diodos UV-Vis, equipado con una columna Nucleosil-100 C8 de 4,6 x 250 mm, y 5 µm de tamaño de partícula. Las fases móviles A: ácido fosfórico 0.1% y B: acetonitrilo (previamente filtrados), el caudal fue 1 mL/min. El detector DAD utilizó longitudes de onda de 280 y 310 nm. Se inyectó 1 µL de extracto diluido (1:10). La detección se realizó comparando los tiempos de retención de los cromatogramas y los espectros con sus respectivos

estándares. La cuantificación se ejecutó con referencia a una curva estándar de cafeína, ácidos clorogénico, gálico, cafeico, ferúlico, el flavonol quercetina y el flavonoide rutina. La concentración de cada estándar fue de 1 mg/mL, luego se mezclaron los estándares obteniéndose un mix de un volumen total de 1000 µL. Para su cuantificación se midieron 100 µL de cada estándar: cafeína, ácido cafeico, ácido gálico ácido clorogénico, ácido ferúlico y quercetina y 400 µL de rutina (estándar diluido al doble), con lo que la concentración final de cada estándar en el mix fue 200 µg/mL. Se inyectaron 10 µL del mix en el HPLC para obtener el perfil cromatográfico (Tabla 1).

Tabla 1

Elaboración de la curva multinivel para estándares

Nº	Concentración (µg)	Volumen del mix (µL)	Metanol (µL)
1	2	20	980
2	4	40	960
3	6	60	940
4	8	80	920
5	10	100	900

Preparación e inyección de extractos de café

Según el método (Belguidoum 2014) con algunas modificaciones. Se utilizó 0,25 g de café C y N que fueron extraídos con 7,5 mL de metanol al 50 %, 7,5 mL de metanol al 75 % y 7,5 mL de metanol al 100 %. La extracción se realizó en un baño ultrasonidos multifrecuencia a 40 kHz modelo WUC-D03H, marca DAIHAN SCIENTIFIC, durante 20 min a 60 °C. Después de cada extracción, las muestras se centrifugaron por 10 min a 10 °C y a 4000 rpm, se recogieron los sobrenadantes y los residuos sólidos. Se realizó una extracción final, combinando los sobrenadantes y completando con agua ultra pura a 50 mL en fiola. Se usaron filtros de 0.45 µ y colectándose en frascos transparentes. De cada muestra se midió 100 µL más 900 µL de metanol al 75 % (1:10) y se inyectaron 1 µL al HPLC.

Determinación de la actividad antioxidante del café verde caracolillo y natural

Se utilizó el método de 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo - DPPH (Kuskoski et al., 2005) modificado. Se preparó 100 mL de solución de DPPH en metanol 50 mg/L y los extractos de café C y N a 300 µg/mL (600 µL de muestra/2 ml de

metanol) solución **A**. El blanco de la muestra se preparó disolviendo 0,05 mL de la solución A con 2,50 mL de metanol puro, **A3**. Se preparó el patrón de referencia, mezclando 0,05 mL de agua con 2,50 mL de la solución de DPPH, **A1** luego se preparó otra solución diluyendo 0.05 mL de solución **A** con 2,50 mL de DPPH de 100 µg/ML, **A2**. Se dejó reaccionar por 5 min en oscuridad. Las absorbancias se midieron en el espectrofotómetro UV-Visible Evolution 300 a 517 nm. Los cálculos se realizaron utilizando ecuación:

$$\% \text{Actividad antioxidante (\%AA)} = \left[1 - \left(\frac{A2-A3}{A1} \right) \right] * 100$$

Nota: A1: Absorbancia del patrón de referencia; A2: Absorbancia de la muestra; A3: Absorbancia del blanco de la muestra.

Resultados y Discusión

Características morfológicas

El café N presentó granos ovalados y alargados con un surco estrecho y ondulado. Su forma óptima es la de dos granos que presentan una cara plana redondeada en forma de semicircunferencia llamados planchuela (Figura 1a). El grano de café C presentó forma esférica, esto es una forma peculiar redondeada, que lo diferencia visualmente de los granos “normales” (Figura 1b). Los resultados indican que el grano del café N tiene mayores dimensiones que el C, lo que le da mayor peso (Tabla 2).

Tabla 2

Características físicas del café verde Caracolillo y Natural

	Caracolillo			Natural		
	P (g)	L (mm)	A (mm)	P (g)	L (mm)	A (mm)
Promedio media ± desv. estándar.	0,18 ± 0,02	9,43 ± 0,74	5,87 ± 0,28	0,19 ± 0,02	10,38 ± 0,73	6,90 ± 0,38
Coefficiente de Variación	0,09	0,08	0,05	0,002	0,07	0,05

Nota: P=peso, L=largo y A=ancho. Promedio de veinte mediciones

Nuñez et al. (2021) utilizó otro método caracterizando el peso del café como sigue, usó 50 g de café verde arábica para determinar según las tendencias, por piso altitudinal y utilizando el análisis descriptivo varianza y prueba t de Student, el mayor valor del tamaño de los granos retenidos en las diferentes zarandas refleja el mayor peso de los granos lo que correspondió a 87,30 ± 18,60 g y el menor a 8,82 ± 3,54 g.

Humedad

Las muestras de café presentaron una humedad de 9,79 % para N y 11,51 % para C, valores que se encuentran próximos al intervalo menor establecidos por la norma para café verde: NTP 209.027:2018, especie *C. arabica*, que establece de 10 a 12,5 % de humedad (INACAL, 2021) mientras que Pérez (2016) refiere valores de 10 a 11,5 % para la misma especie, asimismo, indica que los granos de café verde almacenados con humedad entre el 10-12%, permiten almacenarlos sin deterioro de su calidad, por otro lado Márquez et al. (2020) reportan valores de 10,60 a 11,63 %.

Azúcares reductores

Tabla 3.

Porcentaje de azúcares reductores

% de Azúcares Reductores en base seca (bs)		
	C	N
% Azúcares Reductores ± Desv. estándar	2,70 ± 0,08	2,99 ± 0,10
Coefficiente de Variación	0,03	0,03

Nota: promedio de tres repeticiones

Quispe (2017), reportó para el café Rupa Rupa (1200 msnm) valores de AR de $0,66 \pm 0,02\%$ ($p \leq 0,05$) y en las muestras oro MISTY y MOUNTEIN $0,59 \pm 0,03\%$ y $0,59 \pm 0,02\%$. El café C como el N, presentaron mayor porcentaje. La presencia de los azúcares en el café le dará atributos de una mayor fermentación y un sabor dulce y aromas a la taza de café. Valencia et al. (2015) manifiestan que el café según su procedencia presenta diferentes características fisicoquímicas.

pH

Respecto al pH, los valores hallados para el café C y N (Tabla 4), se encontraron dentro de los referenciados por Pérez (2016) 5,8 a 6,38 y Vega et al. (2014) 5,22 a 6,04 sin embargo, García et al. (2019) refieren 4,9 y 5,2 y que cuando este tiene un pH menor a 4.9 adquiere un sabor demasiado ácido y por encima de 5,2 es más amargo. Márquez et al. (2020) refieren que factores como la variedad, algunos genotipos, la altitud, el tipo de suelo y niveles de sombra, la cosecha y post cosecha, inciden en los parámetros fisicoquímicos. En cuanto al café C, no se cuenta con información.

Tabla 4

Determinación de pH

	C	N
pH ± Desv. estándar	5,82 ± 0,01	6,01 ± 0,01
Coefficiente de Variación	0,001	0,001

Nota: promedio de tres repeticiones

Acidez Titulable

Pérez (2016), presentó valores de 0,82-1,32 g ácido málico/100 g. para cuatro variedades de *C. arabica*, indicando que la acidez es un atributo importante de la calidad del café en combinación con el dulzor, amargor y perfil aromático, por lo que se infiere que la acidez del café N, se encuentra por debajo, mientras que la del café C, se encuentra dentro del intervalo, sin embargo, no existe información del café C (Tabla 5). Chugá (2018) reportó 0,28 y 0,55 g ácido málico/100 g bs para las variedades de Café arábico. García et al. (2019) y Vázquez et al. (2020) refieren que la acidez depende de: nivel de maduración del grano, el proceso de tostado, la actividad acuosa (a_w) y el proceso de elaboración, el suelo, clima, altitud, los métodos y procedimientos del cultivo, el proceso de beneficio, las condiciones de almacenaje y transporte y la preparación de la bebida.

Tabla 5

Acidez titulable

	Acidez Titulable (bs)			
	C	pH	N	pH
g ácido málico/100 g (promedio)	0,81 ± 0,001	8.21	0,03	8.25
Coefficiente de Variación	0,001		0,05	

Nota: Promedio de tres repeticiones, los datos son expresados como la media ± desviación estándar

Polifenoles Totales

Pérez (2016), presento valores de PT para café verdes (*C. arabica*) de 40,8 hasta 85,8 mg EAG/g variedad híbrida, mientras que robusta (*C. canephora*), presentó 71,8 mgEAG/g. Hecimovic et al. (2011), reportó 21,01 EAG/g para la variedad Cioccolato (C. arábica),

siendo menor en comparación con 42,37 mg GAE/g), para la variedad Cherry coffee (*C. canephora*), también menciona que los granos de café verdes contienen buenas cantidades de antioxidantes vegetales: Acido clorogénico, ácidos fenólicos, polifenoles y alcaloides y su contenido depende principalmente de las especies de café (*C. arabica*, *C. canephora* syn. *C. robusta*) y de sus orígenes. Vega et al. (2016) reporto valores de 28,60 a 46,82 mg EAG/g para las variedades *C. arabica*. Por lo que los valores obtenidos en el presente trabajo se encuentran por debajo de los referenciados. Respecto al café C no se cuenta con información (Tabla 6).

Tabla 6

Polifenoles Totales

	Polifenoles Totales (bs)	
	C	N
mg EAG/ g muestra (promedio)	21,79 ± 0,75	20,09 ± 0,70
Coeficiente de Variación	0,03	0,03

Nota: EAG = Equivalentes de Acido Gálico. Promedio de 3 repeticiones, los datos son expresados como la media ± desviación estándar

Identificación y contenido de los compuestos fenólicos por HPLC

En la Tabla 7 se muestra el orden de salida de los estándares de acuerdo a sus tiempos de retención (RT), mientras en las Figuras 3 y 4 se observan el espectro cromatográfico de los siete estándares utilizados (ácido gálico, clorogénico, cafeína, cafeico, ferúlico, el flavonol quercetina. y flavonoide rutina) sobre los cuales se han superpuesto el espectro del café C (Figura 3) y del café N (Figura 4), logrando identificar en ambos granos de café verde, utilizando sus tiempos de retención y espectros de absorción, el ácido clorogénico, cafeína y el ácido ferúlico, siendo el constituyente mayoritario, el ácido clorogénico seguido por cafeína, y ácido ferúlico. Los resultados obtenidos indican que los ácidos fenólicos, se encuentran en altas concentraciones en el grano de café verde arábico (Tabla 7), lo que está de acuerdo con Belguidoum (2014); sin

embargo, ellos reportan la presencia del ácido gálico y ácido cafeico, mientras que en los cafés de Umapata están ausentes, habiendo utilizado el método de extracción validado por ellos mismos, estas diferencias dependerían de factores climáticos, el ecosistema y de la composición del suelo. También, encontraron presencia de catequinas, ácido cinámico, ácido metoxicinámico y ausencia de rutina al igual que en la presente investigación. De otro lado, los tamaños de las partículas de café también influyen en la concentración de los compuestos analizados, así en este trabajo se empleó un tamiz de 200 mesh, mientras que en la anterior investigación utilizaron un tamiz de 20 y 60 mesh, de allí las diferencias en el contenido de la cafeína, ácido clorogénico y ácido ferúlico de la presente investigación. Según, Lazcano et al. (2015) reportaron que el contenido de ácido clorogénico en los granos de café verde del estado de Veracruz fue 11,17 g/ 100 g, que comparando con nuestros resultados fue de 17,42 g/100 g, en cuanto al contenido de cafeína del café de Veracruz, fue de 0,26 g /100 g, muy diferente al de nuestra investigación que fue de 10,08 g/ 100 g, utilizando el HPLC de Agilent. Pérez et al. (2013) identificaron por HPLC en el grano de café verde, la presencia de ácido cafeico, clorogénico, cafeína, ácido ferúlico y rutina, en la presente investigación no se encontró ácido cafeico ni rutina, pero coinciden en que el ácido clorogénico es el más abundante con 174,39 ± 16,5 en mg/g en el café verde natural, pero no coincide con la del caracolillo reportado en 43,86 ± 1,80 mg/g, a diferencia del que encontramos con una concentración de 172,01 mg/g.

Tabla 7

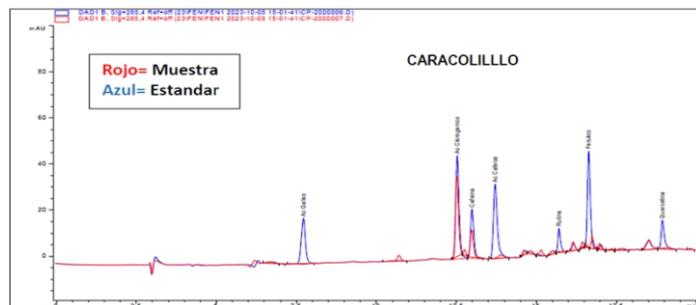
Tiempos de Retención (RT) de estándares

Componente	RT min
Acido Gálico	7,72
Acido Clorogénico	12,525
Cafeína	12,987
Acido Cafeico	13,708
Rutina	15,705
Acido Ferúlico	16,633
Quercetina	18,936

Nota: Los tiempos de retención son reportados por el HPLC.

Figura 3

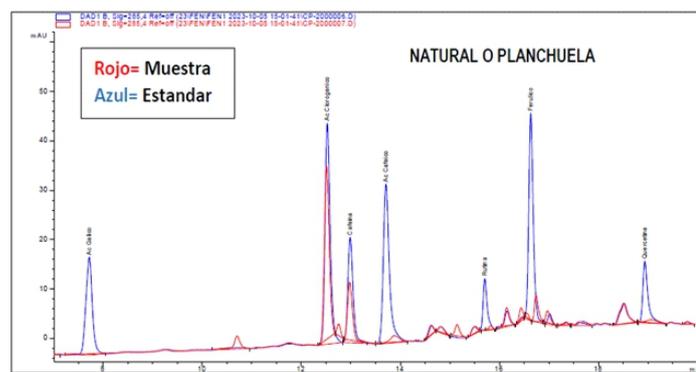
Perfil cromatográfico de estándares e identificación de los componentes del café verde caracolillo



Nota: Unidades mAU= mili-unidades de absorbancia (Y). Unidades de tiempo en min (X).

Figura 4

Perfil cromatográfico de estándares e identificación de los componentes del café verde natural



Nota: Unidades mAU= mili-unidades de absorbancia (Y). Unidades de tiempo en min (X).

Tabla 7

Determinación del contenido de fenoles en el café caracolillo y natural en bs

	Caracolillo			Natural		
	Ácido clorogénico	cafeína	Ácido ferúlico	Ácido clorogénico	cafeína	Ácido ferúlico
RT min	12,511	12,978	16,555	12,511	12,978	16,555
	172,02*±	111,77*±	0,89*±	174,19*±	100,90*±	1,06*±
Conc. en mg/g	3,97	3,52	0,10	9,87	3,52	0,12
CV	0,02	0,03	0,11	0,06	0,03	0,11

Nota: Las concentraciones se calcularon en base a las respectivas curvas patrón obtenidas por HPLCL. Los datos son expresados como la media ± desviación estándar

Actividad Antioxidante (AA)

Los resultados de los porcentajes de la AA del café C y N, se presentan en las Tabla 8, se observa que el café C presenta un mayor porcentaje de AA 86.40 % mientras que el café N 73,54 % lo que indicaría que estos cafés presentarían

sustancias antioxidantes. Estos valores muestran diferencias significativas al comparar con los reportados por Cruzalegui et al. (2021) que en pulpa de café deshidratado con metanol 50 %, reportaron valores de 91,00 %. Se precisa, que el café C, presentó mayor porcentaje de N, lo que significa que el café C posee mayor cantidad de sustancias antioxidantes como compuestos fenólicos, antocianinas, flavonoides y otros que tienen importancia en la alimentación.

Tabla 8

Porcentaje de Actividad Antioxidante en bs

	Caracolillo		Natural	
	DDPH residual	% AA	DDPH residual	% AA
Promedio media ±	0,11±0,03	89,03±2,86	0,24±0,01	75,73 ± 1,07
Desv. estándar				
Coefficiente Variación	0,26	0,03	0,04	0,01

Nota: promedio en tres repeticiones

Conclusiones

Los granos de café verde natural y café verde caracolillo presentaron diferencias en su morfología; asimismo, se observaron diferencias en sus características fisicoquímicas: Humedad, pH, acidez titulable, azúcares reductores y Polifenoles Totales. No se cuenta con información acerca de las propiedades fisicoquímicas del café caracolillo.

Por HPLC, en el café verde natural y caracolillo procedente del centro poblado de Umapata, se identificaron: ácido clorogénico con una concentración de 172,02 ± 3.97 mg/g, cafeína 111,77 ± 3,52 mg/g y ácido ferúlico 0,89 ± 0,10 mg/g, para el café verde caracolillo, mientras que para el café verde natural se detectaron: ácido clorogénico con una concentración de 174,19 ± 9,87mg/g, cafeína 100,90 ± 3,52 mg/g y ácido ferúlico 1,06 ± 0,12 mg/g. No se encontraron los ácidos gálico y cafeico, el flavonoide rutina y el flavonol quercetina que fueron reportados en otros artículos.

La Actividad Antioxidante del café natural en porcentaje fue de 75,73 ± 1,07, menor que el café caracolillo cuyo porcentaje fue de 89,03 ± 2,86 lo que podría estar en relación con los resultados de los polifenoles totales que para el caracolillo fue de 21,79 ± 0,75 mg EAG/g y para el café

natural fue de $20,09 \pm 0,70$ mg EAG/g.

Se concluye que el café procedente de Umapata presenta componentes de calidad similares a los reportados en otras investigaciones.

Agradecimientos

A los Sres. Gabino Apaza Verónica y Leoncio Huamán por habernos proporcionado la muestra en pergamino. A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por permitirnos el uso de los laboratorios de Bioquímica de la Escuela Profesional de Química-Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas y del Centro de Estudios de Plantas Alimenticias y Medicinales (CEPLAM).

Referencias

AOAC (2005). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (18 Edition), Gaithersburg, M D , U S A .
https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005

Barreno, M. (2013). Obtención de azúcares reductores por hidrólisis ácida a partir de dos variedades de paja (Calamagrostis intermedia y Stipa ichu). [Tesis de Maestría, Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Química en Alimentos]
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4374>

Belguidoum, K., Amira-Guebailia, H., Boulmouk, Y., & Houache, O. (2014). HPLC coupled to UV-vis detection for quantitative determination of phenolic compounds and caffeine in different brands of coffee in the Algerian market. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(4), 1314-1320.
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.03.014>

Cruzalegui RJ, Guivin O., Fernández Jeri, AB., Cruz R. (2021). Caracterización de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de pulpa de café (*Coffea arabica* L.) Deshidratada de tres fincas cafeteras de la región Amazonas (Perú). *Información tecnológica*, 32(5), 157-166.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000500157>

Chugá, J. (2018). Evaluación de los parámetros tiempo, temperatura y variedad de café arábica (*Coffea arabica*) castillo y típica en el proceso de tostado [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8061>

García-García, J.F., Elizarraraz-Guerra, M., Sosa-Morales, M.E., Gómez-Salazar, J.A., Cerón-García, A. (2019). Caracterización colorimétrica y propiedades fisicoquímicas en bebidas a base de café soluble. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/129.pdf>

Hecimovic I., Belscak-Cvitanovic A., Horzic D. y Komes D. (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry* 129: 991-1000.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.059>

INACAL. (2021). Guía de Implementación de la Norma Técnica Peruana NTP 209.027:2018 CAFÉ. Café verde. Requisitos.
https://www.gqspperu.org/_files/ugd/59009f_cef4ef3811164e8487772d1cd4c839fd.pdf

Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25, 726-732.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>

- Lazcano-Sánchez, E., Trejo Marquéz, M.A., Vargas Martínez, M.G., y Pascual Bustamante S. (2015). Contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16 (2) , 293 - 298 .
<https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176021.pdf>
- Márquez, F., Quispe, P., Molleapaza, N., Cabrera, Sara., y Peña, J. (2020). Relación entre las características del suelo y altitud con la calidad sensorial de café cultivado bajo sistemas agroforestales en Cusco, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 11 (4) , 529 - 536 .
<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.08>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) (24 de marzo de 2024). Exportaciones de café superan los 132 millones en primer bimestre de 2024.
<https://www.gob.pe/institucion/agromercado/noticias/926133-midagri-exportaciones-de-cafe-superan-los-us-132-millones-en-primer-bimestre-de-2024>
- Núñez, J., Carvajal, J., y Mendoza O. (2021). Tamaño y peso de granos de café en relación con rangos altitudinales en zonas cafetaleras de Toledo, Norte de Santander (Colombia). *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*, 22(2): e1820
DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1820
- Orús, A. (2024). El mercado del café en el mundo - Datos estadísticos. *Agricultura. statista*.
<https://es.statista.com/temas/9035/el-cafe-en-el-mundo/#topicOverview>
- Pérez, L. (2016). *Compuestos fenólicos y perfil de ácidos grasos en granos de café (Coffea arabica L.) verde y tostado de variedades e híbridos cultivados en Coatepec, Veracruz*. [Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Alimentarias, Universidad Veracruzana. Instituto De Ciencias Básicas].
<https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/I.-en-A.-Monica-Lilian-Perez-Ochoa.pdf>
- Pérez-Hernández, L. M., Chávez-Quiroz, K., Medina-Juárez, L. Á., & Meza, N. G. (2013). Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies Coffea arabica y Coffea canephora. *BIOtecnia*, 15(1), 51-56.
<https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971122008.pdf>
- Quispe, P. (2017). *Variación de la composición bioactiva, capacidad antioxidante, en café Oro por zona geográfica y piso ecológico y en mezclas tostadas-molidas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<https://repositorio.unas.edu.pe/bitstreams/8faca010-b7d3-4a12-a611-35f285f64918/download>
- Tsiaka, T.; Kritsi, E.; Bratakos, S.M.; Sotiroidis, G.; Petridi, P.; Savva, I.; Christodoulou, P.; Strati, I.F.; Zoumpoulakis, P.; Cavouras, D.; et al. (2023). Quality Assessment of Ground Coffee Samples from Greek Market Using Various Instrumental Analytical Methods, In Silico Studies and Chemometrics. *Antioxidants* 12(6), 1184.
<https://doi.org/10.3390/antiox12061184>
- Torres, J. (2019). *Efecto comparativo de las variaciones producidas en los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante durante el procesamiento de harinas tostadas de Quinoa (Chenopodium quinoa Wild), Cañihua (Chenopodium pillidicaudale Aellen) y Kiwicha (Amaranthus caudatus L.)* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4236>
- Valencia, J., Pinzón, M., y Gutiérrez, R. (2015). Caracterización fisicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío. *Revista Alimentos Hoy*. 23 (3 6) , 150 - 156 .
https://www.acta.org.co/acta_sites/alimentoshoy/index.php/hoy/article/view/352
- Vega, A., Reyes, S., De León, J., Bonilla, A. y Franco H. (2014). Quantification of caffeine in commercial coffees in Panama. *Revista Ciencia y Tecnología*, 30(2):57-64.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/view/20346>
- Vázquez, Y., Vuelta, D., y Mustilier, M. (2020) Vázquez-Osorio, Y., Vuelta-Lorenzo, D., & Rizo-Mustelier, M. (2020). Estudios sobre calidad del café (Coffea arabica) en la localidad de Filé, Municipio Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(2), p. 66-81
<https://www.redalyc.org/journal/1813/181363909010/html/>