

Artículo de Investigación

Determinación de niveles de acrilamida en café arábigo (*Coffea arabica* L.), variedad Catuaí

Determination of acrylamide levels in arabica coffee (*Coffea arabica* L.), Catuaí variety

Tamara Fukalova Fukalova¹: Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
tfukalova@uce.edu.ec

Anderson Almeida Arcos: Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
aralmeida@uce.edu.ec

Fecha de Recepción: 4/06/2024

Fecha de Aceptación: 13/08/2024

Fecha de Publicación: 29/10/2024

Fukalova, T. y Almeida, A. (2024). Determinación de niveles de acrilamida en café arábigo (*Coffea arabica* L.), variedad Catuaí [Determination of acrylamide levels in arabica coffee (*Coffea arabica* L.), Catuaí variety]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-18.
<https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1139>

Resumen:

Introducción: Una de las bebidas más consumidas a nivel mundial es el café, por su sabor, aroma y sus propiedades estimulantes. Estas propiedades organolépticas se deben a los compuestos que se forman durante el tueste. En procesos térmicos también se forman productos como acrilamida, contaminante del proceso, y con riesgo para salud. **Metodología:** Granos verdes de café arábigo de variedad Catuaí de dos tipos, pergamino y almendra, fueron procesados. Se obtuvieron tres grados de tueste y tres granulometrías. Para cuantificación de la acrilamida se seleccionó el café de mayor aceptación organoléptica por los consumidores al realizar el análisis sensorial. **Resultados:** Parámetros morfológicos para el tipo almendra resultaron ser superiores en diámetro ecuatorial ($7,0 \pm 0,06$ mm) y en peso ($173,6 \pm 21,55$ mg) que para el tipo pergamino. Acrilamida cuantificada en infusiones de café tipo almendra por GC-ECD arroja un valor promedio de $20 \mu\text{g}/\text{kg}$. **Discusión:** Parámetros morfológicos son indicadores de calidad de granos, siendo esenciales en la operación de equipos; los fisicoquímicos se relacionan con calidad organoléptica. Análisis sensorial muestra preferencia por tueste oscuro. **Conclusiones:** Resultados corroboran que concentración de acrilamida en bebida de café arábigo de variedad Catuaí tipo almendra no supera niveles máximos permitidos y no se ve influenciada por tamaño de la partícula.

¹ Autor Correspondiente: Tamara Fukalova Fukalova. Universidad Central del Ecuador (Ecuador).

Palabras clave: acrilamida; café arábigo; tipo almendra; tipo pergamino; variedad Catuaí; tueste; granulometría; análisis sensorial.

Abstract:

Introduction: One of the most consumed beverages worldwide is coffee, due to its flavor, aroma and stimulating properties. These organoleptic properties are due to compounds formed during roasting. In thermal processes, products such as acrylamide are also formed, which contaminate the process and pose a health risk. **Methodology:** Green Arabica coffee beans of the Catuaí variety of two types, parchment and almond, were processed. Three roasting grades and three granulometries were obtained. For the quantification of acrylamide, the coffee with the highest organoleptic acceptance by consumers was selected for the sensory analysis. **Results:** Morphological parameters for the almond type were higher in equatorial diameter (7.0 ± 0.06 mm) and weight (173.6 ± 21.55 mg) than for the parchment type. Acrylamide quantified in coffee infusions of the almond type by GC-ECD yielded an average value of $20 \mu\text{g}/\text{kg}$. **Discussions:** Morphological and physicochemical parameters can provide tools for crop improvement. The sensory study showed consumer preference for dark roast grade. **Conclusions:** The results corroborate that the concentration of acrylamide in arabica coffee beverage of the Catuaí almond variety does not exceed maximum permitted levels and is not influenced by particle size.

Keywords: acrylamide; arabica coffee; almond type; parchment type; Catuaí variety; roasting; granulometry; sensory analysis.

1. Introducción

El café es una bebida estimulante, energizante y aromática consumida en todo el mundo por su aroma y sabor característico (Manrique *et al.*, 2018). Las especies de café más importantes son: *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* P., identificados como arábigos y robustas respectivamente, ambas cultivadas principalmente en Centroamérica y Sudamérica.

Existen distintas variedades del café arábigo entre las cuales se destacan la Caturra, Catuaí, Pache, Pache Colís, Bourbonn Mundo Novo, Pacamara, Típica (Velásquez, 2019).

El Café arábigo variedad Catuaí originario de Brasil, es un cruce genético entre la especie Caturra Amarillo y Mundo Novo, que, en la maduración del fruto de café, dan coloración roja y amarilla, respectivamente. Sus granos son de excelente calidad, de alto rendimiento y alta resistencia a las inclemencias climatológicas. En concursos internacionales, las variedades de Catuaí provenientes de Brasil son premiadas por sobresalir en su aroma y sabor (Cafecalentito, 2024).

En Ecuador el cultivo de café lo realizan principalmente pequeños productores en las veintiuna de veinticuatro provincias del país. En este sentido el 68% de la superficie cafetalera corresponde a huertas de café arábigo y la especie robusta ocupa el 32%. Las provincias de Loja (región Sierra) y Manabí (región Costa), representan el 80% del área cultivada de cafetales arábigo, el 20% restante se distribuye en otras 19 provincias productoras (Duicela *et al.*, 2017). Las provincias amazónicas de mayor producción son Pastaza y Orellana (Amores *et al.*, 2004; Sanchez *et al.*, 2019).

Los aromas y sabores distintivos del café se adquieren en el proceso térmico. Durante el tueste se potencian las cualidades organolépticas y generan en el consumidor una apetecible y estimulante experiencia sensorial debido a sus componentes específicos (Puerta, 2016). Los granos de café verde en su composición tienen diferentes compuestos químicos volátiles

y no volátiles, como, por ejemplo, aldehídos, cetonas, proteínas, aminoácidos, azúcares, cafeína y compuestos fenólicos (Vázquez-Ovando *et al.*, 2016). Durante el proceso de tostado algunos de estos compuestos sufren transformaciones debido principalmente a la reacción de Maillard, desarrollando los aromas y sabores característicos.

No obstante, en este conjunto de reacciones también se generan otro tipo de compuestos denominados contaminantes del proceso, que tienen repercusión en la salud de los consumidores, como óxido nitroso, dióxido de carbono y acrilamida (Belchior, 2019).

La acrilamida se forma entorno a los 180°C por la reacción entre el aminoácido asparagina y los azúcares reductores (Calderón *et al.*, 2015, Chaves *et al.*, 2015). Este contaminante químico fue clasificado como cancerígeno del grupo 2A por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

Diferentes investigaciones han evidenciado que el café es una de las fuentes de acrilamida junto con algunos productos asados, tostados y horneados (Ortiz-Barredo *et al.*, 2004; Périz *et al.*, 2016).

Otras investigaciones han tratado de esclarecer la relación entre la dosis ingerida de acrilamida con el riesgo para la salud (Dybing y Sanner, 2003; Loaëc *et al.*, 2014). Estos estudios sirvieron de base para que la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2015) recomiende su control en la industria con el objetivo de mitigar los niveles de acrilamida presentes en alimentos procesados por sus efectos dañinos en la salud. En el caso del café, EFSA establece indicadores de referencia, que permiten evaluar los niveles de acrilamida; para el café tostado se estima una cantidad máxima de 400 µg/kg (Reglamento Europeo 2017/2158).

El proceso de molienda aplicado a granos de café tostado permite obtener distinta granulometría de café molido. El tamaño de partícula influye en la cantidad de acrilamida que puede ser transmitida durante la infusión de la bebida café. Un tamaño de molienda más fino implica una mayor superficie de contacto entre el café y el agua, lo que favorece la extracción de los compuestos solubles del café, incluyendo la acrilamida. Por lo tanto, un café molido más fino tendría mayor concentración de acrilamida, que, en el café con tamaño de partícula mayor, si se preparan en las mismas condiciones (Guevara y Castaño, 2004).

En Ecuador a pesar de que se cultivan distintas variedades de café arábigo, no existe una legislación que permita controlar la cantidad de acrilamida presente en el café tostado, a pesar de que el Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN 1123 (2016), si especifica los grados de tueste referentes al café, que van desde el tueste claro hasta el tueste muy oscuro. Considerando la existencia de la norma nacional y la problemática de los niveles de acrilamida perjudiciales para la salud, la presente investigación planteó cuantificar el contenido de acrilamida en las infusiones de café.

A pesar de la creciente preocupación en diversos países sobre los potenciales efectos en la salud humana, los organismos encargados de determinar límites toxicológicos no han definido aún los límites máximos de acrilamida que puede estar presente en los diferentes tipos de alimentos para que sean inocuos para la población.

El escaso control de este compuesto y su repercusión sobre la salud han motivado esta investigación para beneficiar a los consumidores y aportar un nuevo conocimiento en la toma de decisiones, para mejorar la calidad del café, producto con un alto consumo en el país. En este sentido, el estudio tuvo por objetivo determinar la concentración de acrilamida

que se genera durante el tueste artesanal de los granos de café arábigo nacional de dos tipos, almendra y pergamino, variedad Catuaí y correlacionar su concentración con el tamaño de partícula utilizada en la preparación de las infusiones de café.

2. Metodología

2.1. Material vegetal

La cosecha corresponde a la temporada de invierno, entre marzo-junio 2022. El área de cosecha se localiza en 1°19'35,8" Sur y 77°58'13,36 Oeste con GMS. Los frutos del cafeto de este estudio, variedad Catuaí fueron de procedencia de la finca cafetalera ubicada en la provincia Pastaza (alta Amazonía) cultivados a 970 msnm. La muestra experimental estuvo constituida por café de grano crudo de tipo almendra y pergamino en cantidad de 2 kg cada uno. Ambos tipos fueron sometidos al proceso de beneficio por vía húmeda en la misma finca con el fin de eliminar todas las envolturas presentes naturalmente. La diferencia entre dos tipos consiste en la presencia de la capa del pergamino (endocarpio) que en el tipo almendra fue eliminada con el proceso de trillado. Posteriormente en el laboratorio la cascara de pergamino fue eliminada manualmente. Se seleccionaron los granos íntegros físicamente de tamaño uniforme con ausencia de todo tipo de daños visuales y afectación de moho. En la Figura 1 se muestran los frutos de café arábigo y las condiciones agroecológicas de la especie *C. arábigo* L.

Figura 1.

Los frutos y condiciones agroecológicas de *Café arábigo* L. variedad Catuaí



Condición	Valor
Precipitación	120-1800 mm
Temperatura	18° a 21°C
Altitud	15-1800 m.s.n.m
Humedad	70 a 75%
Suelo	Franco arcilloso, franco arenoso o franco limoso
pH suelo	5,6 a 6,5

Fuente: (A) De "O Café Catuaí", por Rei do Café, 2023, (<https://reidocafe.com.br/cafe-catuaí/>). (B) De "Café arábigo", por INIAP, 2004 (<https://tecnologia.iniap.gob.ec/cafe-arabico/>)

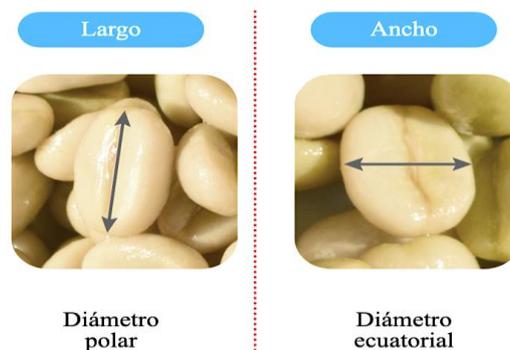
Con una parte de los granos crudos se realizó determinación de parámetros morfológicos y los análisis fisicoquímicos. Con el resto de los granos crudos el proceso de tueste se hizo de forma artesanal utilizando un tiesto de barro y controlando la temperatura en un rango entre 160°C y 233°C y el tiempo entre 8 y 14 minutos. El tueste se ejecutó alcanzando diferentes grados cromáticos: claro, mediano, oscuro en la cocineta ARELEC-2 (Haceb). La temperatura se controló con un termómetro digital infrarrojo (INFRARED). Para la determinación del tono de tueste se aplicó el sistema de puntos que corresponde a cada gradiente cromático según la escala de Agtron (Rodríguez *et al.*, 2020). Los granos tostados fueron molidos con molino eléctrico (NIMA NM-8300), obteniéndose tres granulometrías diferentes (extrafino, medio y grueso), con una parte se realizó el análisis sensorial. Y las demás muestras molidas fueron almacenadas en los frascos de vidrio bajo refrigeración en condiciones de 4°C para su posterior análisis químico.

2.2. Parámetros morfológicos de granos crudos

Visualmente se determinó la coloración y gustativamente el sabor. Con un calibrador (CENTURY) se midió el diámetro polar y el diámetro ecuatorial de cada grano como se indica en la Figura 2 y con una balanza analítica (ADAM PW254) su peso.

Figura 2.

Dimensiones físicas de un grano de café despulpado



Fuente: Adaptado de “Tamaño del grano despulpado en las nuevas variedades de café”, Imbachí *et al.*, 2023, p.87 (<https://doi.org/10.38141/10778/74206>)

2.3. Caracterización fisicoquímica de granos

Los análisis se realizaron siguiendo los estándares oficiales: humedad (AOAC 8984.25) y pH (AOAC 981.12)

2.4. Proceso de tueste

Por cada tipo de café se realizaron tres grados de tueste (claro, mediano, oscuro) con 500 g cada lote. En el tueste se utilizó el tueste de barro (método artesanal) y se controló la temperatura durante un intervalo de tiempo definido alcanzando tres distintos grados de tueste.

2.5. Evaluación sensorial del grado de tueste

Una vez alcanzado el nivel cromático deseado, los granos de cada tipo de café fueron molidos con tamaño fino (60 segundos). Luego se preparó la bebida café en cafetera de tipo embolo por cada tipo y por cada grado de tueste. La evaluación sensorial se realizó con lotes codificados entre los consumidores no expertos.

2.6. Determinación de tamaño de partícula

Una vez seleccionado el tueste de mayor aceptación en la evaluación sensorial, se procedió a moler en el mismo molinillo eléctrico en tiempos de 10, 25 y 60 segundos. El tamaño de partícula se determinó con el análisis por tamizado, según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1113 modificada con los tamices del equipo RETSCH TEST SIEVE con 100 g normalizados de muestra tostada.

2.7. Cuantificación de acrilamida

Se determinó por método EPA 8032^a modificado para las matrices acuosas (Hashimoto, 1996). El método utilizado fue cromatografía gaseosa GC-ECD aplicada para la infusión de cafés preparados con diferentes tamaños de partícula. El método se basa en la bromación del doble enlace de acrilamida. El producto de la reacción (2,3-dibromopropenamida) se extrae de la mezcla de la reacción a partir de matrices de muestras mediante solución de sulfato de

sodio (Scharlau, grado analítico) y acetato de etilo (Sigma Aldrich Co, grado analítico). El extracto se limpia con una columna de florisil (60/100 malla) y se analiza por cromatografía de gases con detector de captura de electrones (VARIAN 3800 Series). Fase estacionaria: columna 5% FFAP (Free Fatty Acid Polyester) sobre Chromosorb W 60/80 malla (AMERIGO Scientific). Condiciones cromatográficas: flujo de gas-portador nitrógeno 40 mL min⁻¹; T° de columna 165°C; T° de inyector 180°C; volumen de inyección 5 µL. Estándar de Acrilamida (99%) fue de Sigma-Aldrich.

2.8. Análisis estadístico

Cada determinación tanto morfología de grano como sus características fisicoquímicas se ha ejecutado por triplicado. Posteriormente se realizó una evaluación organoléptica para determinar que tueste y que tamaño de partícula es de mayor aceptación. Para ello se efectuó un test sensorial con consumidores no expertos. Los datos recolectados se procesaron estadísticamente en Excel 2021 obteniendo la media, la desviación estándar y coeficiente de variabilidad, así como la construcción de gráficos. Se utilizaron tres réplicas para obtener el valor medio del contenido de acrilamida para cada una de las muestras preparadas con granulometrías diferentes. La concentración se calculó como la relación entre el área del GC-pico y el área del estándar, se expresó como µg · kg⁻¹ de la muestra.

3. Resultados

Los resultados promedios de los parámetros morfológicos de granos crudos se muestran en la Tabla 1, junto con la desviación de estándar y el coeficiente de variabilidad para los granos crudos de dos tipos de café arábigo, variedad Catuaí.

Tabla 1.

Los parámetros morfológicos promedios ± desviación estándar y coeficiente de variabilidad (CV)

Parámetro	Tipo de café			
	Pergamino		Almendra	
	Valor	CV (%)	Valor	CV (%)
Coloración	Verde oliva	-	Verde oliva	-
Sabor	Amargo	-	Amargo	-
Diámetro polar (mm)	9,00 ± 0,08	0,08	9,00 ± 0,08	0,09
Diámetro ecuatorial (mm)	5,90 ± 0,06	0,11	7,00 ± 0,06	0,10
Peso (mg)	160,47 ± 23,37	0,15	173,6 ± 21,55	0,12

Fuente: Elaboración propia (2024).

El diámetro polar no presentó variación entre tipos de café con un valor promedio 9,00 ± 0,08 mm. El diámetro ecuatorial y el peso de los granos de café tipo pergamino fue menor que para los de tipo almendra. Diámetro ecuatorial osciló entre 5,90 mm (pergamino) y 7,00mm (almendra), mientras que el peso varió entre 160,47 y 173,6 mg respectivamente. El coeficiente de variabilidad muestra la homogeneidad en los valores de parámetros morfológicos, siendo el parámetro más estable el diámetro polar para ambos tipos. En la caracterización fisicoquímica se evaluaron los parámetros del pH y de la humedad de los

granos crudos y tostados que se resumen en la Tabla 2. Los grados de tuestes realizados fueron: claro (TC), medio (TM) y oscuro (TO).

Tabla 2.

Los parámetros fisicoquímicos promedios \pm desviación estándar y coeficiente de variabilidad (CV)

	Parámetro	Crudos	CV(%)	TC	CV(%)	TM	CV(%)	TO	CV(%)
Tipo almendra	pH	5,73 \pm 0,02	0,00	5,66 \pm 0,03	0,01	4,98 \pm 0,07	0,01	6,22 \pm 0,03	0,01
	Humedad (%)	8,70 \pm 0,03	0,00	6,66 \pm 0,11	0,02	5,24 \pm 0,08	0,02	2,43 \pm 0,02	0,01
Tipo pergamino	pH	5,71 \pm 0,01	0,00	5,66 \pm 0,03	0,01	5,15 \pm 0,01	0,00	5,97 \pm 0,01	0,01
	Humedad (%)	9,17 \pm 0,13	0,01	7,40 \pm 0,60	0,01	5,50 \pm 0,02	0,00	3,77 \pm 0,06	0,01

Fuente: Elaboración propia (2024).

Los resultados indican la variación de estos parámetros durante el proceso de tueste. La variación del pH en los tuestes medio y oscuro frente al pH del grano crudo es pronunciada e irregular. Para el tueste oscuro, el pH más alto resultó en el café tipo almendra con 6,22 y el más bajo para el tueste medio con 4,98 frente al pH de sus granos crudos con 5,71. El tueste claro no mostró variación sustancial en este tipo de café. Por el contrario, en el café tipo pergamino no se observó variación del pH para ninguno de los tuestes realizados. Siendo los parámetros pH y la acidez inversamente proporcional, a mayor pH la acidez es menor. El coeficiente de variabilidad respalda la homogeneidad de los valores obtenidos para cada uno de los parámetros.

El grado de tuestes de granos de café de tipo almendra y pergamino se basó en la norma nacional INEN 1123:2006, que clasifica los tuestes en claro, medio y oscuro, además de la clasificación de tuestes según la escala internacional de Agtron (sistema de puntos para clasificar el grado-color de diferentes tostados) que se visualiza a continuación en la Figura 3.

Figura 3.

Escala de Agtron de puntos para clasificar el café tostado



Fuente: De “Manual básico del catador de café. Volumen 5. Tueste de café”. García *et al.*, 2020, p.8 (<https://acortar.link/qdtmN1>)

Según la escala, el grado de tueste se puede clasificar de manera general en tres tipos. Cada grado de tueste tiene un rango numérico de acuerdo con la coloración que adquiere el grano de café al ser sometido a las temperaturas de tueste por un tiempo determinado.

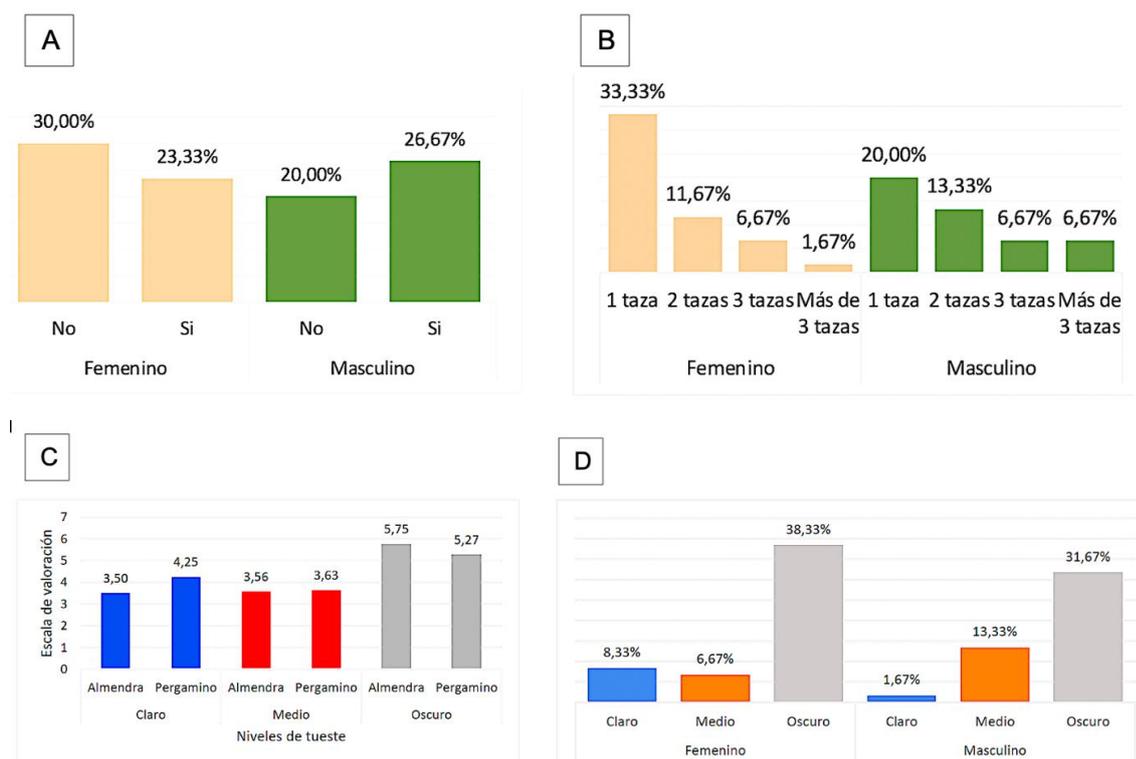
Aplicando la escala de Agtron, el tueste claro corresponde al rango numérico entre 95 y 75, y fue alcanzado con el tiempo de tueste de 8 minutos a temperatura de 160 °C. El tueste medio se obtuvo aplicando el rango numérico entre 65 a 55, y el tueste oscuro con el rango

numérico de 45 a 25. Las condiciones del proceso correspondieron al tiempo 10 minutos y temperatura de 196°C para tueste medio y 14 minutos y temperatura 230°C para el oscuro. Además, según García *et al.* (2020) cada grado de tueste se caracteriza por ciertos estilos establecidos con las características organolépticas determinadas, siendo en nuestro caso para tueste claro el estilo “Underdeveloped” (extremadamente ligero), para tueste medio el estilo “Cinnamon” (ligero-medio), para tueste oscuro el estilo “French” (oscuro).

La evaluación sensorial fue realizada en base a recomendaciones del manual de catadores (SCANGuatemala, 2015). Participaron 60 personas agrupadas por género (32 femenino y 28 masculino) en la encuesta general y evaluación sensorial que se presentan en la Figura 4.

Figura 4.

La evaluación general y sensorial con la escala de valoración de siete puntos



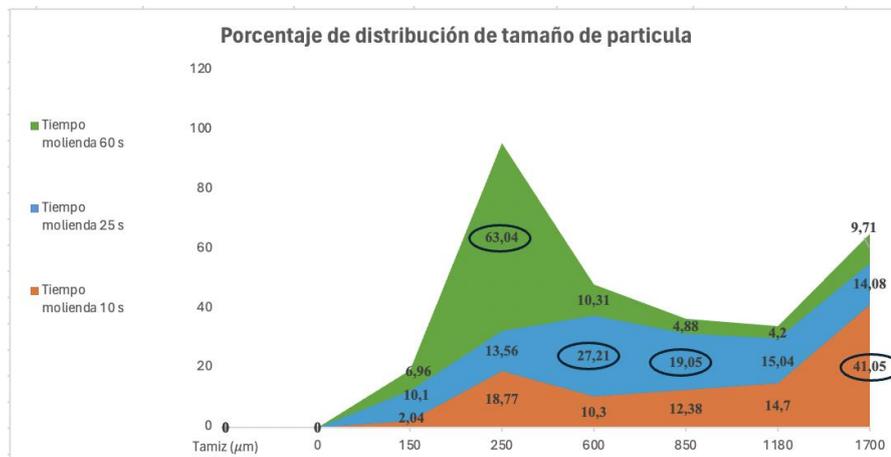
Fuente: Elaboración propia (2024).

Los resultados revelaron que, en relación con el consumo total del café, el género masculino bebe más, 26,67%, frente al femenino, 23,33% sin diferencias estadísticamente significativas (Figura 4A). En relación con la frecuencia de las tazas de café consumidas al día, partiendo del parámetro de más de tres, se produjeron diferencias significativas entre los géneros, consumiendo los hombres un 6,67%, y las mujeres un 1,67% (Figura 4B). En cuanto a preferencia entre el café instantáneo y/o molido ambos géneros prefirieron el café molido. En la evaluación sensorial del grado de tueste y del tipo de café se tomó el criterio de discriminación sensitiva-gustativa según la siguiente escala de valoración: extremadamente desagradable (1); muy desagradable (2); desagradable (3); ni agradable ni desagradable (4); agradable (5); muy agradable (6) y extremadamente agradable (7). El tueste oscuro para el café tipo almendra resultó ser preferente entre ambos géneros con un 5,75% (Figura 4C) en comparación con el tipo pergamino y la evaluación “muy agradable”. La Figura 4D resume la evaluación sensorial diferenciada por género en función del aroma y sabor de los cafés. El resultado promedio entre géneros correspondió un 35,0% al tueste oscuro frente a los cafés de tueste claro (5%) y medio (10%).

El análisis por tamizado permitió evaluar la distribución de las partículas para posterior determinación de su tamaño. Los resultados de distribución se observan en la Figura 5 y corresponden a las granulometrías: extrafina (color verde); mediana (azul) y gruesa (naranja).

Figura 5.

La distribución porcentual para cada tamaño de partícula



Fuente: Elaboración propia (2024).

El diferente tamaño de partícula se obtuvo realizando la molienda en tres tiempos 10, 25 y 60 segundos. Para cada molienda el tamaño de partícula se determinó con los tamices de poro entre 0 y 1700 µm. La fracción extrafina resultó inferior a 350 µm con el porcentaje de su mayor retención de 63,04% que correspondió a 60 segundos de molienda. La fracción mediana se ubicó en los rangos entre 500 y 700 µm con 25 segundos de molienda y la distribución porcentual entre 19,05 y 27,21% de masa. Con el tiempo de molienda de 10 segundos la mayor distribución porcentual de 41,05% de masa correspondió al tamiz de 1700 µm. Debido a la falta de una especificación para este tamaño de partícula, se asumió la definición de partícula grande.

Las infusiones de café arábigo tipo almendra fueron preparadas por la técnica de embolo con la misma proporción de ingredientes con los que se realizó la evaluación sensorial: 17 g de café en 300 mL de agua. La concentración de acrilamida fue determinada en cada muestra de café preparado con diferente granulometría. Previamente para el método aplicado se estimó que el límite de detección (LOD) correspondió a 0,032 µg · L⁻¹. En total se analizaron 9 muestras de café y los resultados promedios obtenidos mostraron un valor menor a 20 µg · kg⁻¹ en cada muestra.

4. Discusión

La producción de café en Ecuador viene en declive por consecuencia del Covid-2019 y la poca incentivación en la actividad agro-productiva (Venegas *et al.*, 2018). En este estudio, de dos tipos de café arábigo, variedad Catuai (almendra y pergamino), fueron caracterizados en sus parámetros morfológicos y fisicoquímicos. Estos parámetros son importantes indicadores para el análisis de la calidad de los granos, siendo esenciales para la operación de equipos (Ospina-Machado, 2001).

Ambos tipos de café de esta investigación fueron sometidos al beneficio de lavado por parte del productor, lo que se observó en la coloración "verde" de los granos crudos, ya que cuando se beneficia por vía seca, el color de los granos es "marrón dorado". Asimismo, la

tendencia a tonalidades marrón de los frutos cosechados se produce en condiciones de sobre madurez que causa alteraciones en el color (Puerta-Quintero, 1999).

Según Belchior (2019), las características del grano de café como por ejemplo su integridad, son fundamentales para la creación del delicioso producto final tostado ya que pueden implicar una diferencia en las reacciones químicas que afectan al perfil gustativo final. En caso del café tipo almendra, el diámetro polar y el diámetro ecuatorial medidos en este estudio concuerdan con los parámetros encontrados en las accesiones de café arábigo peruano con 9,21 mm de promedio (diámetro polar) y 7,22 mm de promedio (diámetro ecuatorial) (Vidal-Tejeda *et al.*, 2023). Para el tipo pergamino el diámetro polar presento de promedio el mismo largo que el tipo almendra en comparación con los granos crudos peruanos y en un 30% menor al comparar con los granos crudos colombianos (Imbachi *et al.*, 2023).

En referencia al diámetro ecuatorial, el tipo almendra de este estudio fue más próximo a los granos peruanos, por el contrario, el tipo pergamino resulto inferior en un 20%. El diámetro ecuatorial de los granos colombianos duplica este parámetro al tipo pergamino de esta investigación.

El tamaño del café crudo es importante ya que los granos pequeños tuestan más rápidamente que los grandes, de esa manera se obtendrán tuestes parejos y uniformes. En la investigación realizada por Puerta *et al.* (2000) con los granos del café colombiano tipo almendra el peso presentó una variación entre 110 mg (verde) y 206 mg (maduro), encontrándose los pesos en este estudio dentro del rango mencionado, aunque el peso de tipo pergamino fue inferior al de tipo almendra en un 7,5%. El peso se relaciona con la densidad del grano de café y es un dato importante para los tostadores y los comerciantes. La altitud es uno de los principales factores que afectan a la densidad de los granos de café: a más altura es más denso ya que madura más lentamente. Por otro lado, el tamaño de grano no está relacionado con la calidad de bebida (Duicela *et al.*, 2017).

Los parámetros morfológicos pueden ser útiles para medir la tolerancia de la planta a cierto estrés abiótico, como la falta de agua y salinidad, así como las temperaturas. Además, son indicadores importantes para el análisis de la calidad de granos, siendo esenciales para la operación de equipos (Ospina-Machado, 2001). Por ello, evaluar constantemente estos atributos proporciona a los agricultores mayores herramientas para que mejoren el manejo de sus cafetales.

Los parámetros fisicoquímicos, como el pH y la humedad, se relacionan con la calidad organoléptica, ya que el primero determina su acidez y el segundo es el índice de estabilidad del producto. La acidez en el café es uno de los aspectos que contribuye al sabor y aroma y puede variar de acuerdo con su origen, variedad, proceso de cultivo y condiciones geoclimáticas.

Los cafés con un pH entre 4 y 5 se consideran ácidos. Los cafés cultivados en clima cálidos y húmedos como es la amazonia suelen tener la acidez más alta, lo que corroboran los valores obtenidos en este estudio ($5,7 \pm 0,00$ para ambos tipos). Según Franca *et al.* (2005), la acidez aumenta y los niveles de pH disminuyen durante las primeras etapas del tueste para luego descender conforme avanza el proceso. El nivel más bajo del pH se observó en el tueste medio para el tipo almendra con 4,98 y para el tipo pergamino con 5,15.

El aumento de perfil de tueste llevó a los granos de café a tener un valor de pH más alto: almendra con 6,22 y pergamino con 5,97. Esto puede estar relacionado con la pérdida de

ácidos orgánicos al aumentar la temperatura (Giacalone *et al.*, 2019; Junior *et al.*, 2022). Sin embargo, los granos que presentan un contenido más elevado de pH son más susceptibles a la oxidación (Ríos *et al.*, 2018).

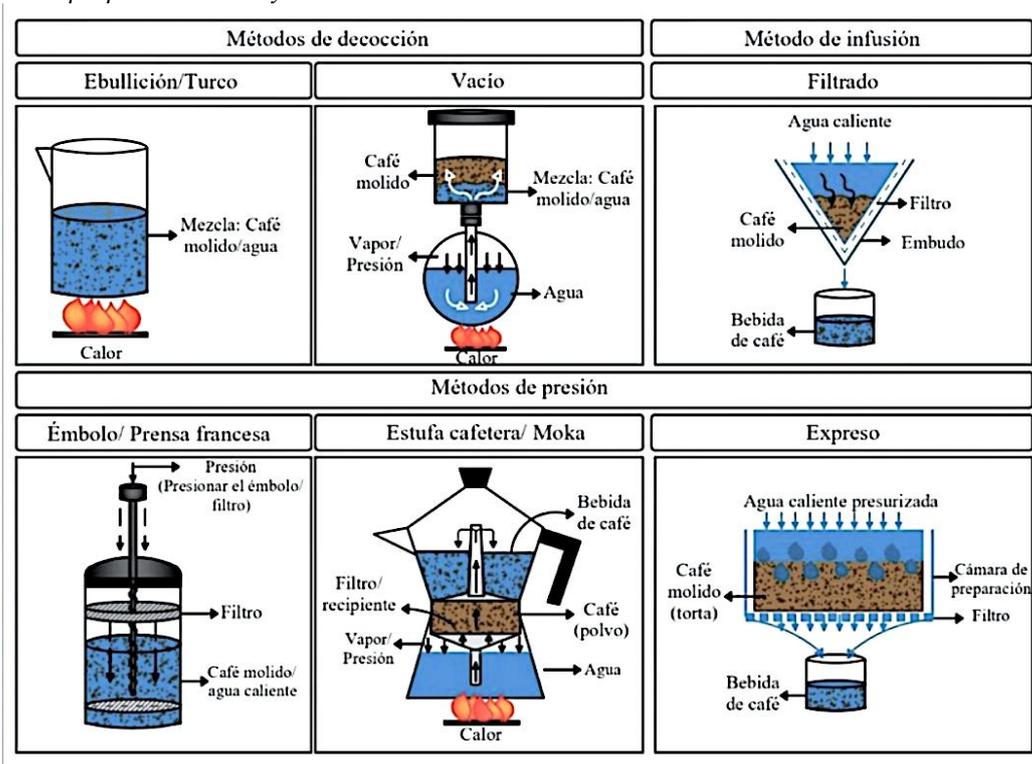
La humedad disminuye con el aumento de la temperatura, llegando al valor mínimo en el tueste oscuro (2,43% almendra y 3,77% pergamino). El contenido de humedad es el factor de mayor importancia en el comportamiento del grano en el transcurso de la postcosecha, especialmente durante su almacenamiento y procesamiento. Los granos con contenidos de humedad inferiores al 13% son poco susceptibles al ataque de microorganismos en cualquier medio (Ospina-Machado, 2001). Además, el contenido de la humedad influye en la velocidad y la homogeneidad del tueste, así como en el sabor y en el aroma del café tostado.

Las variables más comunes para el control del tueste son el tiempo y la temperatura que entre ambos determinan el gradiente cromático según la escala de Agtron. El tueste define las características sensoriales y la calidad de las bebidas de café. Los tres grados de tueste aplicados en este estudio fueron: claro, medio y oscuro. Según el estudio de Osorio y Pabón (2022), los compuestos de aroma más fuertemente asociados corresponden al tueste medio y son los ácidos orgánicos, que dan mayor acidez percibida, diferenciándose de los tostados de mayor intensidad (oscuro), donde estos ácidos se pierden y abundan los compuestos de Maillard.

No obstante, la preferencia en la evaluación sensorial del grado de tueste en este estudio resultó ser el tueste oscuro por su aroma y sabor, superando en el género femenino frente al masculino. Si se compara la predilección del tueste oscuro entre dos tipos de café almendra y pergamino, ambos géneros mostraron preferencia por el tipo almendra. Siendo la variedad Catuaí de la misma procedencia, las propiedades organolépticas distintivas podrían atribuirse a las características intrínsecas de cada tipo evaluado.

La preparación de café en caliente por el método de embolo (prensa francesa), fue de preferencia, considerándola adecuada para excluir la variable de preparación, además de tomar en cuenta que los más extendidos métodos de preparación son decocción, infusión, presión (Figura 6).

Figura 6.
Métodos de preparación de café



Fuente: De “Evaluación de la lixiviación de la bebida del café utilizando diferentes métodos de preparación”, por Diaz Arango *et al.*, 2023, p. 56 (<https://kk.rs/xHjCf>)

En las extracciones con agua caliente en comparación con las bebidas de café en frío, los atributos sensoriales se evidencian con mayor intensidad (Cordoba *et al.*, 2023). Según la investigación realizada por Ramos *et al.* (2004) en la preparación de una bebida de café se busca extraer sus componentes por la acción del agua caliente en un tiempo definido de contacto. Además, la granulometría (tamaño de partícula) también contribuye en la cantidad de los componentes extraídos.

Los tres grados de molienda ensayados para la extracción de acrilamida en esta investigación fueron extrafino, mediano y grueso. Es de esperar que con mayor tamaño de partículas menor es el área de contacto entre el agua y el café, resultando subextracción de los componentes solubles y una bebida de sabor-aroma débil. De igual forma con las partículas extrafinas se presenta una mayor área de contacto y se produce una sobreextracción y la bebida tiene un sabor amargo y desagradable (Guevara y Castaño, 2004). Además, cada grado de molienda es recomendado para una técnica de preparación específica ya que estas son capaces de generar diferentes perfiles sensoriales con un mismo tipo de café (Ormaza-Zapata *et al.*, 2019; Puerta, 2013).

Según la bibliografía revisada, las investigaciones sobre los niveles de acrilamida en bebida de café se centran en las variables de procedencia y calidad del grano crudo, el beneficio que se aplica en el procesamiento de los granos y el grado de tueste requerido.

En esta investigación se pretendió relacionar la extracción de acrilamida en función del tamaño de la partícula producida durante la trituration del café tostado artesanalmente, manteniendo constante la proporción café: agua, la temperatura del agua, el tiempo de contacto y el método de preparación de la infusión. Entre más gruesa sea la partícula su superficie específica será más pequeña, lo que limitará el grado de solubilización de los

compuestos hidrosolubles al entrar en contacto con el agua caliente. En contraste, entre más pequeña sea la partícula su superficie será mayor, por lo que la remoción de sustancias solubles en agua será facilitada (Portillo, 2022).

Los resultados de contenido de acrilamida fueron inferiores a los valores permitidos para este producto por el Reglamento (UE) 2017/2158 de la Unión Europea con un nivel máximo de 400 μg de acrilamida $\cdot\text{kg}^{-1}$ de muestra y por EFSA con 450 $\mu\text{g}/\text{kg}$. El contenido de acrilamida en todas las muestras de café resulto menor a 0,020 $\text{mg} \cdot\text{kg}^{-1}$.

Al comparar los resultados de este estudio con los obtenidos en otro estudio en la ciudad de Cuenca (Ecuador), se observa la semejanza en cuanto al contenido de acrilamida en los cafés molidos de seis marcas comerciales locales sin diferenciar la granulometría con 0,020 $\text{mg} \cdot\text{kg}^{-1}$, resultando menor frente al café instantáneo con 0,9 $\text{mg} \cdot\text{kg}^{-1}$ de acrilamida (Uday-Santacruz, 2019).

A la misma conclusión llega el estudio realizado por Ortiz-Barredo (2004), por cuanto los distintos tipos de café soluble son los que mayor cantidad de acrilamida poseen, encontrándose el rango entre 587 y 1087 $\mu\text{g} \cdot\text{kg}^{-1}$. Los valores más altos de acrilamida han mostrado el café descafeinado con respecto al no descafeinado. En el mismo estudio al analizar los niveles de acrilamida en las infusiones de café molido procedente de las industrias del país vasco (España) se encontraron los valores para café arábico tostado a 202°C con un rango entre 100 y 320 $\mu\text{g} \cdot\text{kg}^{-1}$, para café robusta tostado a 205°C con un rango entre 160 y 280 $\mu\text{g} \cdot\text{kg}^{-1}$. Ambas muestras preparadas con la técnica de filtro. Estos resultados muestran una concentración variable y muy superior a la encontrada en este estudio. Esto puede ser relacionado con el método de preparación utilizado ya que en el caso de las infusiones de café preparadas por la técnica de cafetera express las concentraciones de acrilamida son aún más superiores.

Según Ono *et al.* (2003) la formación de acrilamida está fuertemente influenciada por las condiciones del procesamiento. En comparación con las cantidades de acrilamida que se detectan en otros alimentos como el pan, las patatas fritas o las galletas (Dybing y Sanner, 2003), el café tostado y molido contiene menor cantidad de acrilamida, lo que corroboran los resultados obtenidos en este estudio.

En consecuencia, el contenido de acrilamida debe profundizarse para los cafés elaborados con los granos tostados procedentes de diferentes zonas del país, ya que las condiciones climáticas son un factor influyente y hay pocos estudios relacionados. Por otra parte, los nuevos estudios centrados en relacionar las técnicas de preparación de bebida café y la granulometría que se obtiene en molienda, pueden ayudar a esclarecer cual es el tamaño de partícula de mayor influencia en el contenido de acrilamida. Por último, los estudios de esta investigación, junto con otros realizados en el país, podrían generar una base de datos que serviría como un factor valioso en la seguridad alimentaria y estimular una legislación que permita controlar la cantidad de acrilamida presente en los alimentos, en beneficio de los consumidores.

5. Conclusiones

Se evaluó la influencia del tamaño de partícula sobre el contenido de acrilamida, uno de los compuestos denominados contaminantes químicos, en el café arábigo variedad Catuaí de tipo almendra procedente de la provincia Pastaza (alta Amazonía, Ecuador). La concentración de acrilamida en los cafés preparados por la técnica de embolo con tres granulometrías diferentes dio un valor por debajo de los límites máximos permisibles para

este alimento. El análisis organoléptico de dos tipos de café, almendra y pergamino destacó la preferencia por el tueste oscuro realizado artesanalmente. Los resultados de este estudio pueden incentivar un mayor control de la acrilamida e implementar programas de monitoreo y estrategias de mitigación, incentivando las acciones necesarias en gestionar su riesgo.

6. Referencias

- Amores-Puyutaxi, F. M., Duicela-Guambi, L., Corral, R., Guerrero-Castillo, H. E., Vasco-Medina, S. A., Motato-Alarcón, N. y Guedes, R. (2004). Variedades mejoradas de café arábigo una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador. *Boletín técnico*. <https://acortar.link/zHa7QP>
- AOAC International. (2005). *Métodos oficiales de análisis* (18ª ed.) https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
- Belchior, V. (2019). *¿Qué Ocurre Durante El Tueste Del Café? Los Cambios Químicos*. Perfect Daily Grind. <https://acortar.link/zR9N1W>
- Cafecalentito. (2024). *Café Catuai, una variedad 100% brasileña*. <https://cafecalentito.com/cafe-catuai/>
- Calderon, J. G. (2015). Aspectos sobre acrilamida: formación, cuantificación, mitigación y futuras consideraciones. Una revisión. *Revista Producción+Limpia*, 10(1), 119-134. <https://n9.cl/us4i0>
- Chaves-Ullate, C., Irias-Mata, A. y Arias-Echandi, M. L. (2016). Formación de acrilamida durante el procesamiento de alimentos. Una revisión. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 25(2), 28-35. <https://acortar.link/zXqWXt>
- Córdoba, N., Moreno, F. L. y Ruiz, R. Y. (2023). *Del grano a la taza* (1ª ed.). Universidad de La Sabana. <https://doi.org/10.5294/978-958-12-0653-7>
- Díaz-Arango, F. O., Mejía-Gutiérrez, L. F. y Ormaza-Zapata, Á. M. (2023). *Evaluación de la lixiviación de la bebida del café utilizando diferentes métodos de preparación*. Editorial Universidad de Caldas. <https://kk.rs/xHjCf>
- Duicela-Guambi, L. A., Velásquez-Cedeño, S. R. y Farfán-Talledo, D. S. (2017). Calidad organoléptica de cafés arábigos en relación a las variedades y altitudes de las zonas de cultivo, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1), 67-77. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81351597010>
- Dybing, E. y Sanner, T. (2003). Risk Assessment of Acrylamide in Foods. *Toxicological Sciences*, 75(1), 7-15. <https://academic.oup.com/toxsci/article/75/1/7/1696221>
- EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel Contaminants in the Food Chain). (2015). Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6), 4104. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4104>

- Franca, A. S., Mendonça, J. C. y Oliveira, S. D. (2005). Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT-Food Science and Technology*, 38(7), 709-715. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.014>
- García, J., Scotto, F., Cianferoni, A., Loor, A., Benalcázar, H., Lanchi, E. y López, A. (2020). *Manual Básico del Catador de Café. Volumen 5. Tueste de café*. <https://goo.su/tgOmi>
- Giacalone, D., Degn, T. K., Yang, N., Liu, C., Fisk, I. y Münchow, M. (2019). Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. *Food Quality and Preference*, 71, 463-474. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.009>
- Gonzalez-Ríos, O. G., Suárez-Quiroz, M. L., Winkler, R. y Hernández, A. K. R. (2018). Caracterización química de una nueva variedad de Coffea arabica L. cosechado en 2016 en Huatusco, Veracruz-México. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 86-97. <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.1596>
- Guevara, R. A. y Castaño, J. J. (2004). Medición del tamaño de partícula de café tostado y molido mediante difracción de rayos láser. *Cenicafé*, 55(2), 150-160. <https://n9.cl/abaa1>
- Hashimoto, A. (1976). Improved method for the determination of acrylamide monomer in water by means of gas-liquid chromatography with an electron-capture detector. *Analyst*, 101(1209), 932-938. <http://surl.li/jonfrc>
- Imbachí, L. C., Medina-Rivera, R. D. y Sanz-Urbe, J. R. (2023). Tamaño del grano despulpado en las nuevas variedades de café. *Revista Cenicafé*, 74(2), e74206. <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cenicafe/article/view/1178>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016). Café Tostado en Grano o Molido. Requisitos. NTE INEN 1123. <https://n9.cl/ijfh9>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2004). *Café arábigo*. <https://tecnologia.iniap.gob.ec/cafe-arabico>
- Junior, H. L., Venturelle, B. C., de Araújo, E. B., Matos, M. C., Teixeira, W. B. y Fernandes, H. H. F. (2022). Características bromatológicas do café em grão cru comercializado em Jaru-RO. *Research, Society and Development*, 11(8), e4411830607. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30607/26255>
- Loaëc, G., Jacolot, P., Helou, C., Niquet-Léridon, C. y Tessier, F. J. (2014). Acrylamide, 5-hydroxymethylfurfural and N(ε)-carboxymethyl-lysine in coffee substitutes and instant coffees. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(4), 593-604. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.885661>
- Manrique, C. I., Arroyave-Hoyos, C. L. y Galvis-Pareja, D. (2018). Bebidas cafeinadas energizantes: efectos neurológicos y cardiovasculares. *Iatreia*, 31(1), 65-75. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v31n1a06>

- Ono, H., Chuda, Y., Ohnishi-Kameyama, M., Yada, H., Ishizaka, M., Kobayashi, H. y Yoshida, M. (2003). Análisis de la acrilamida por LC-MS/MS y GC-MS en alimentos japoneses procesados. *Food Additives & Contaminants*, 20(3), 215-220. <https://doi.org/10.1080/0265203021000060887>
- Ormaza-Zapata, A. M., Díaz-Arango, F. O. y Rojano, B. A. (2019). The effect of pressure filtration coffee preparation methods (*Coffea arabica* L. var. Castillo) on antioxidant content and activity, and beverage acceptance. *Dyna*, 86(209), 261-270. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.75839>
- Ortiz-Barredo, A. M., Baqué, C., Diaz-Llado, F. y Mora, I. (2004). *Determinación de los niveles de acrilamida en el café*. NEIKER-Vitoria. <https://acortar.link/mbdaUx>
- Osorio, V. y Pabón, J. (2022). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la calidad sensorial del café. *Revista Cenicafé*, 73(1), e73102. <https://doi.org/10.38141/10778/73102>
- Ospina-Machado, J. E. (2001). *Características Físico-Mecánicas y Análisis de Calidad de Granos*. Editorial Unidad de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. <https://acortar.link/d5mrMs>
- Pérez, E. M., Mañes, J. y Manyes, L. (2016). Evaluación del riesgo de exposición dietética a acrilamida en la población española y valenciana. *Revista de Toxicología*, 33(1), 20-30. <https://www.redalyc.org/pdf/919/91946517004.pdf>
- Portillo, O. R. (2022). El procesamiento del grano de café. Del tueste a la infusión. *Revista Bionatura*, 7(3), 18. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.03.18>
- Puerta-Quintero, G. I. (1999). Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. *Cenicafé*, 50(1), 78-88. <https://acortar.link/XDyRKc>
- Puerta, G. I. (2000). Influencia de los granos de café cosechados verdes en la calidad física y organoléptica de la bebida. *Cenicafé*, 51(2), 136-150. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/65>
- Puerta, G. I. (2013). Calidad del café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 3, pp. 81-110). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_30
- Puerta, G. I. (2016). Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud suelos y buenas prácticas de beneficio. *Revista Cenicafé*, 67(1), 7-40. <https://www.cenicafe.org/es/publications/1.Calidad.pdf>
- Ramos, M. y Castaño, J. (2004). Almacenamiento de café tostado y molido en atmosfera de nitrógeno y gas carbónico. *Cenicafé*, 55(1), 5-15. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/128>
- Rei do Café. (2023). *O Café Catuaí*. <https://reidocafe.com.br/cafes-catuai/>

- Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F. y Freire, C. (2019). *Sector Cafetero Ecuatoriano: Panorama General*. <https://acortar.link/ObXSig>
- SCAN Guatemala. (2015). *Manual para la Evaluación Sensorial del Café por SCAN Guatemala*. <https://acortar.link/xQbmH5>
- Uday-Santacruz, M. E. (2019). *Evaluación del riesgo toxicológico de la acrilamida del café de las marcas más consumidas en la zona urbana de la ciudad de Cuenca* [Tesis de Maestría]. Universidad de Cuenca. <http://surl.li/xgtkau>
- Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D. y Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(3), 239-254. <http://surl.li/taipwx>
- Velásquez, R. A. (2019). *Guía de variedades de café*. Anacafé. <https://acortar.link/Xr7CY5>
- Venegas-Sánchez, S., Orellana-Bueno, D. y Pérez-Jara, P. (2018). La realidad ecuatoriana en la producción de café. *RectiMundo*, 2(2), 72-91. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)
- Vidal-Tejeda, C. A., Julca-Otiniano, A., Castro-Cepero, V., Alvarado-Huaman, L. y Borjas-Ventura, R. R. (2023). Atributos físicos y fisiológicos de las semillas de café (*Coffea arabica* L.). *Siembra*, 10(2), e4523. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.4523>
- Zapata-Ormaza, A. M., Arango-Díaz, F. O. y Rojano, B. A. (2019). The effect of gravity-drip filtration methods on the chemical and sensorial properties of coffee (*Coffea arabica* L. var. Castillo). *Coffee Science*, 14(3), 415-426. <https://n9.cl/3dq9j>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Fukalova Fukalova, Tamara; **Software:** Almeida Arcos, Anderson Ramiro; **Análisis formal:** Almeida Arcos, Anderson Ramiro; **Curación de datos:** Almeida Arcos, Anderson Ramiro; **Redacción-Preparación del borrador original:** Fukalova Fukalova, Tamara; **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Fukalova Fukalova, Tamara; Almeida Arcos, Anderson Ramiro.

Financiación: Esta investigación fue financiada por la Dra. Anita Arcos y por el Ing. Ramiro Almeida

Agradecimientos: La presente investigación fue posible por la colaboración del Sr. Luis Eduardo Acosta, presidente de la Unión Provincial de Transporte Mixto de la provincia de Pastaza, quien proveyó de los granos de café usados para la presente investigación.

AUTOR/ES:**Tamara Fukalova Fukalova**

Universidad Central del Ecuador.

Es ingeniera Química en productos bioactivos por la Universidad Politécnica de Lviv (Ucrania) y Licenciada en Farmacia por la Universidad San Pablo CEU-Madrid (España). Tiene dos maestrías en Ciencias de Ingeniería (Ucrania) y en Fitoterapia (conjunto Italia-España). Ha realizado PhD en Técnicas Experimentales en Química por la Universidad Politécnica de Valencia (España). Trayectoria laboral: analista y directora del departamento ID+i en varias empresas farmacéuticas de Ecuador (Life, Química Ariston y Pharmabrand). Docente titular-investigadora acreditada desde 2016. Actualmente directora del grupo de investigación FITOQUIM de la Facultad de Ciencias Químicas. Las líneas de investigación: caracterización física, nutricional y funcional de alimentos infravalorados; fitoquímica con énfasis en los aceites esenciales; seguridad alimentaria. Autora y co-autora de publicaciones nacionales e internacionales.

tfukalova@uce.edu.ec**Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0001-9547-0002>**Google Scholar:** <https://scholar.google.es/citations?user=tYQTBxsAAAAJ&hl=es>**ResearchGate:** <https://www.researchgate.net/profile/Tamara-Fukalova-Fukalova>**Academia.edu:** <https://independent.academia.edu/TamaraFukalova>**Anderson Ramiro Almeida Arcos**

Universidad Central del Ecuador.

Graduado de la carrera de Química de Alimentos en la Universidad Central del Ecuador y Licenciado en Gastronomía por la Universidad de Especialidades Turísticas UDET. Tesista en el laboratorio de Fitoquímica & Productos Biológicos de la UCE. Pasante como analista de laboratorio OSP-UCE. Actualmente profesional dedicado al análisis y control de calidad de los alimentos para consumo masivo. El enfoque actual es el análisis y verificación de la calidad de las materias por medio de análisis fisicoquímicos para garantizar alimentos inocuos, que cumplan con los parámetros establecidos en las normativas nacionales e internacionales y que sean seguros para el consumidor.

aralmeida@uce.edu.ec**Orcid ID:** <https://orcid.org/0009-0002-7248-2320>