



**BUAP**



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**Facultad de Ciencias Químicas**

**Departamento de Bioquímica Alimentos**

**Tesis:**

**Efecto de la adición de solutos y tipos de leche sobre los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de café soluble**

**Fecha de entrega: agosto de 2025**

**Tesis presentada para obtener el grado de licenciada en:**

**Químico Farmacobiólogo**

**Presenta:**

**p. QFB Melanie Yunuen Varela Mendoza**

**Director de Tesis:**

**Dra. Paola Hernández Carranza**

**Co-Director de Tesis:**

**Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco**



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



OFICIO C.Q./CT020 RPCR/2025

OFICIO DE REGISTRO Y NOMBRAMIENTO DE COMISION REVISORA

Nombre del(la) estudiante: **Melanie Yunuen Varela Mendoza**

Matrícula: **201957824**

Nombre del director: **D.C. Paola Hernández Carranza**

Nombre del codirector o asesor: **D.C. Carlos Enrique Ochoa Velasco**

Título de la Tesis:

**"Efecto de la adición de solutos y tipos de leche sobre los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de café soluble"**

Comisión Revisora:

Presidente: D.C. Diana Milena Torres

Firma: 

Secretario: M.C. Armando Cortés Lozada

Firma: 

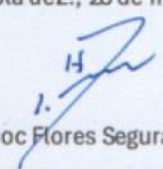
Vocal: M.C. Madai Gízeh Sánchez Arzubide

Firma: 

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla deZ., 28 de marzo de 2025

  
Dr. Henoc Flores Segura

Director Facultad de Ciencias Químicas

c.c.p. Archivo



Facultad de Ciencias Químicas  
Av. San Claudio No. 1 Edificio FCQ 9  
Ciudad Universitaria Col. San  
Manuel (222)2295500 ext. 7390



MÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



016 A/2025

Dr. Henoc Flores Segura  
Director Facultad de Ciencias Químicas  
Presente.

OFICIO DE REVISIÓN, LIBERACIÓN E IMPRESIÓN DE TESIS

Título de la Tesis:

"Efecto de la adición de solutos y tipos de leche sobre los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de café soluble"

Comisión Revisora:

Presidente: D.C. Diana Milena Torres

Firma: 

Secretario: M.C. Armando Cortés Lozada

Firma: 

Vocal: M.C. Madai Gizeh Sánchez Arzubide

Firma: 

Los integrantes de la Comisión Revisora comunicamos que hemos leído y revisado el manuscrito de la tesis de licenciatura de **Químico Farmacobiólogo** que presenta la estudiante **Melanie Yunuen Varela Mendoza**, bajo la dirección del **D.C. Paola Hernández Carranza** y codirección de **D.C. Carlos Enrique Ochoa Velasco** por lo que estamos de acuerdo en que se proceda con la impresión definitiva de la tesis y que el estudiante presente su defensa y examen, con número de matrícula **201957824**.

Atentamente

Comisión revisora

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., 6 de mayo de 2025



c.c.p. Archivo

Facultad de Ciencias Químicas  
Av. San Claudio No. 1 Edificio FCQ 9  
Ciudad Universitaria Col. San Manuel  
(222)2295500 ext. 7390

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. ANTECEDENTES.....	11
2.1 Alimentos funcionales.....	11
2.2 Compuestos bioactivos.....	11
2.3 Café.....	14
2.3.1 Grano de café.....	15
2.3.2 Bebida de café.....	17
2.3.3 Compuestos bioactivos de la bebida de café.....	18
2.3.4 Efectos de los compuestos bioactivos de la bebida de café en la salud .....	19
2.4 Ingredientes adicionados al café.....	20
2.4.1 Aditivos alimentarios .....	21
2.4.2 Leche.....	23
1.1 Interacciones de los compuestos del café con otros ingredientes .....	27
2. JUSTIFICACIÓN .....	29
3. OBJETIVOS .....	30
3.1 Objetivo general .....	30
3.2 Objetivos particulares .....	30
4. DIAGRAMA DE TRABAJO .....	31
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	32
6. METODOLOGÍA.....	33
6.1 Preparación de café.....	33
6.2 Caracterización de café soluble.....	33
6.2.1 Compuestos fenólicos.....	33
6.2.2 Flavonoides totales .....	33
6.2.3 Capacidad antioxidante.....	34
6.2.4 Poder reductor .....	34
6.3 Caracterización a diferentes temperaturas.....	34
6.4 Preparación de mezclas.....	34
6.4.1 Mezclas con edulcorantes .....	34
6.4.2 Mezclas con diferentes tipos de leche .....	34
6.5 Determinación de los sólidos totales .....	35

6.6	Preparación de mezclas con diferentes ingredientes.....	36
6.7	Análisis estadístico .....	36
7.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>37</b>
7.1	Caracterización de los sistemas .....	37
7.2	Caracterización de café Máxima a diferentes temperaturas .....	38
7.3	Caracterización de café Máxima adicionado con diferentes endulzantes.....	39
7.4	Caracterización de café Máxima con diferentes tipos de leche .....	42
7.5	Preparación de mezclas con diferentes ingredientes.....	47
8.	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
9.	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
10.	<b>ANEXOS.....</b>	<b>52</b>
11.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diferencias entre el café arábica y el café robusta.....	15
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de los aditivos según su funcionalidad tecnológica .....	21
<b>Tabla 3.</b> Métodos y referencias. ....	32
<b>Tabla 4.</b> Equipos que se utilizaron. ....	32
<b>Tabla 5.</b> Formulación de sistemas con diferentes tipos de leche .....	35
<b>Tabla 6.</b> Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de marcas comerciales de café soluble <sup>a</sup> .....	38
<b>Tabla 7.</b> Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de café Máxima solubilizado a diferentes temperaturas <sup>a</sup> .....	39
<b>Tabla 8.</b> Correlación de Pearson entre los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla de café, leche, sin azúcar y los ingredientes declarados en la etiqueta.....	47
<b>Tabla 9.</b> Compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla café, leche y azúcar <sup>a</sup> .....	49
<b>Tabla 10.</b> Correlación de Pearson entre los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla de café, leche, azúcar y los ingredientes declarados en la etiqueta.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura del ácido clorogénico. ....	12
<b>Figura 2.</b> Estructura química de los flavonoides .....	13
<b>Figura 3.</b> Estructura química del cafestol y el kahweol.....	13
<b>Figura 4.</b> Estructura química de la cafeína .....	14
<b>Figura 5.</b> Capas en un grano de café .....	16
<b>Figura 6.</b> Diagrama de metodología .....	31
<b>Figura 7.</b> Compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) de café Máxima adicionado con azúcar. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). .....	40
<b>Figura 8.</b> Compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) de café Máxima adicionado con edulcorantes. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). .....	41
<b>Figura 9.</b> Compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) de café Máxima adicionado con leches. LL: leche light; LS: leche semidescremada; LD: leche deslactosada; LE: leche entera; LC: leche carnation; LN: leche nido; LA: leche de almendra; CM: coffee mate.....	46

## ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Componentes nutricionales del tipo de leche y contenido de sólidos totales.....	52
<b>Anexo B.</b> Lote y fecha de caducidad de las muestras utilizadas.....	52

## RESUMEN

El café es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, no solo por sus características sensoriales, sino también por los compuestos bioactivos que contiene, los cuales se han relacionado con diversos beneficios para la salud. En este estudio se evaluó el efecto de la adición de diferentes ingredientes (azúcar, edulcorantes y distintos tipos de leche) sobre los compuestos bioactivos de café soluble, así como su capacidad antioxidante y poder reductor.

Se evaluaron diferentes marcas comerciales de café soluble, empleando temperaturas de 25, 50 y 80°C para su preparación. A continuación, se prepararon mezclas de café con azúcar, edulcorantes, diferentes tipos de leche y sustituto de leche. A estas mezclas se les determinó el contenido de compuestos fenólicos (CF), flavonoides totales (FT), capacidad antioxidante (CA) y poder reductor (PR).

Los resultados mostraron que la marca Máxima Premium presentó el mayor contenido de FT (70.54 mg quercetina/100 mL). Por otro lado, la adición de azúcar o edulcorantes no afectó de manera significativa ( $p > 0.05$ ) los CF, FT, CA y PR del café. Se observó que algunos tipos de leche, como Carnation y Nido, incrementaron el contenido de CF y FT obteniendo un 304.3% y 299.1% y un 169.2% y 271.3% respectivamente, comparado con el café soluble, mientras que el Coffee Mate y la leche semidescremada, aumentaron la CA obteniendo un 207.7% y 230.1% respectivamente. Por otro lado, las mezclas de café con leche de almendras y la leche Carnation incrementaron el PR obteniendo un 6.8% y 18.3%, respectivamente. Por último, al realizar mezclas de café con leche y azúcar, se observaron cambios significativos, debido a las diferentes interacciones entre los compuestos de la leche y el azúcar. Por lo que, el tipo de leche y adición de solutos puede modificar de manera significativa los CB, CA y PR del café.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un mayor interés por parte de los consumidores de llevar una alimentación que no solo les proporcione los nutrientes necesarios, sino que también les permita tener una buena salud. Esto ha llevado a la necesidad de incluir en su dieta alimentos funcionales, los cuales contienen compuestos biológicamente activos que pueden ayudar a prevenir enfermedades y mejorar el bienestar. Entre estos alimentos se encuentra el café.

El café es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial. Hoy en día, su popularidad no solo se debe a su sabor y aroma característicos, sino también a los beneficios que otorga a la salud, debido a que contiene compuestos bioactivos que lo convierten en una bebida con propiedades funcionales. El café es una fuente importante de compuestos fenólicos, flavonoides, cafeína, y antioxidantes, que han demostrado poseer propiedades como agentes antiinflamatorios, neuroprotectores y antidiabéticos. Sin embargo, es una bebida que rara vez se consume sola. El café puede prepararse de diferentes maneras, dependiendo de los hábitos y tradiciones de los consumidores. Se le pueden agregar ingredientes como azúcar, endulzantes artificiales, diferentes tipos de leche, crema, sustitutos de leche, entre otros. Estos ingredientes no solo modifican su sabor y consistencia, sino también su composición química y, por ende, sus propiedades funcionales. Entender cómo varían estas propiedades al combinar café soluble con distintos tipos de leche y azúcares puede aportar información valiosa sobre su impacto en la salud y sobre cómo optimizar sus beneficios.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de solutos y tipos de leche sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante del café soluble, utilizando métodos espectrofotométricos para analizar compuestos fenólicos, flavonoides, poder reductor y capacidad antioxidante.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Alimentos funcionales**

El término alimento funcional, se refiere a aquellos alimentos que han sido adicionados, enriquecidos o que contienen componentes, los cuales además de mejorar su valor nutricional básico, pueden influir en la salud, es decir, favorecen a la disminución del riesgo de desarrollar ciertas enfermedades al mejorar las respuestas fisiológicas, ayudan a proporcionarle al organismo las cantidades necesarias de vitaminas, grasas, proteínas y carbohidratos (Sharma y Yadav, 2022). Existen otros beneficios presentes en los alimentos funcionales además de los ya mencionados:

- Reducen los niveles de azúcar en la sangre.
- Ayudan a la salud intestinal, dando una mejora en el sistema inmunológico.
- Reducen el riesgo de cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares (Sharma y Yadav, 2022).

Dentro de los ingredientes funcionales se encuentran: probióticos, prebióticos, compuestos bioactivos, antioxidantes, ácidos grasos insaturados, vitaminas, entre otros.

### **2.2 Compuestos bioactivos**

Los compuestos bioactivos son sustancias químicas que se encuentran en los alimentos, no tienen un valor nutricional y ejercen un efecto benéfico en el cuerpo humano (Câmara et al., 2020). Presentan diferentes propiedades, entre ellas antioxidantes, antialérgicas, antiinflamatorias, antimicrobianas, anticancerígenas (Pai et al., 2022). Estos compuestos son principalmente producidos por las plantas como metabolitos secundarios. Se pueden dividir en tres categorías: compuestos fenólicos, terpenos y terpenoides y alcaloides (Câmara et al., 2020).

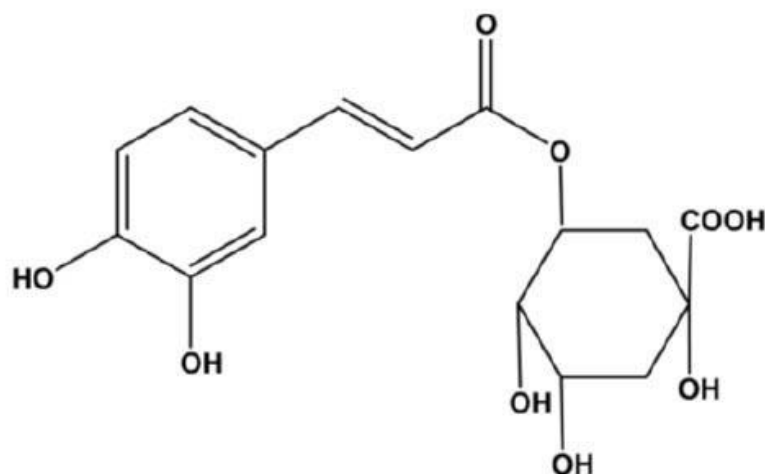
#### **2.2.1 Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios, contienen en su estructura anillos de benceno, con uno o más sustituyentes hidroxilo. Estos compuestos se encuentran principalmente en frutas, verduras y bebidas como el té y el café (Lin et al., 2016). Dependiendo de su estructura química, los compuestos fenólicos se

pueden clasificar en diferentes grupos, entre los principales se encuentran los ácidos fenólicos y los flavonoides (Babbar et al., 2013).

- Ácidos fenólicos

Son una de las principales clases de los compuestos fenólicos, estos se caracterizan por tener un anillo bencénico, un grupo carboxílico y grupos hidroxilo en su estructura. Actúan como agentes antioxidantes, antiinflamatorios, antimicrobianos, antidiabéticos o anticancerígenos. Dentro de este grupo podemos encontrar a los ácidos clorogénicos, que se encuentran en bebidas como el café o el té (Santos-Buelga et al., 2023). En la Figura 1 se muestra la estructura química del ácido clorogénico.

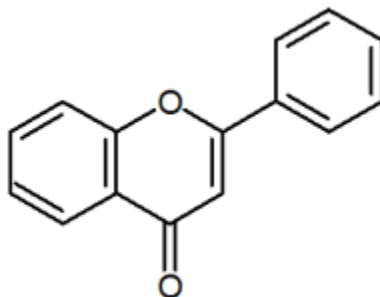


**Figura 1.** Estructura del ácido clorogénico. Tomada de Villalobos, 2025

- Flavonoides

Son metabolitos secundarios que se encuentran comúnmente en semillas, plantas y las frutas. Estos se distinguen por ser los responsables de proporcionar el sabor, color y la fragancia. Se caracterizan por tener una estructura que consta de 15 átomos de carbono, presentan dos anillos bencénicos (A y B) unidos por un anillo pirano de tres carbonos (C). Estos compuestos presentan diferentes propiedades que son benéficas para la salud, como antiinflamatorias, anticancerígenas, cardioprotectoras, neuroprotectoras, antidiabéticas, antibacterianas (Dias et al.,

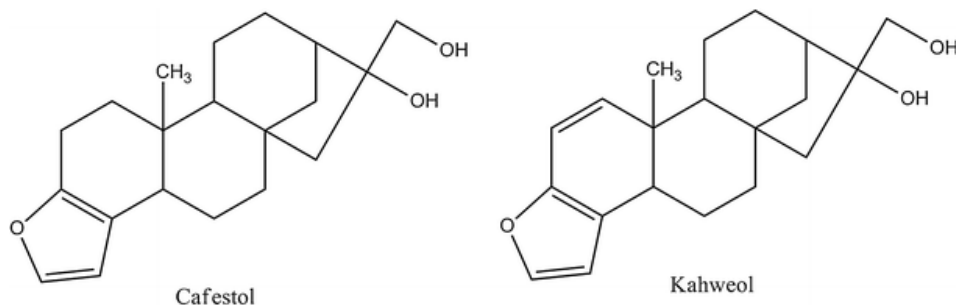
2021). Están presentes en bebidas como el té y el café (Abdeltarif et al., 2018). En la Figura 2 se muestra la estructura química de los flavonoides.



**Figura 2.** Estructura química de los flavonoides. Tomada de Vidal, 2022

### 2.2.2 Terpenos y terpenoides

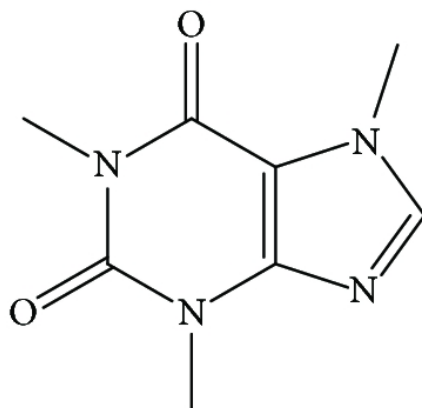
Los terpenos son hidrocarburos simples y los terpenoides son terpenos modificados con diferentes grupos funcionales y la oxidación o eliminación de un grupo metilo en diversas posiciones. De acuerdo con el número de unidades de carbono, los terpenoides se pueden dividir en monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, sesterpenos y triterpenos (Perveen, 2018). Presentan propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatorias y antialérgicas (Masyita et al., 2022). Se encuentran en alimentos como limón, canela, cúrcuma, zanahoria, mango (Nahar et al., 2021) y en bebidas como el té y el café (Banerjee, 2024). Dos ejemplos de diterpenos que se encuentran en el grano de café y en menor cantidad en la bebida de café (Wuerges et al., 2019) son el cafestol y el kahweol, cuya estructura química se presenta en la Figura 3.



**Figura 3.** Estructura química del cafestol y el kahweol. Tomada de Silva et al., 2012

### 2.2.3 Alcaloides

Son compuestos orgánicos que presentan una estructura de anillo heterocíclico que contiene uno o más átomos de nitrógeno. Se conocen como agentes cardioprotectores, antiinflamatorios y anestésicos (Heinrich et al., 2021). Estos están presentes en muchos alimentos y bebidas, la cafeína por ejemplo se encuentra en semillas de café, cacao, en hojas de té (Kurek, 2019). En la Figura 4 se muestra la estructura química de la cafeína.



**Figura 4.** Estructura química de la cafeína. Tomada de Nuhu, 2014

### 2.3 Café

El café (*Coffea*) pertenece a la familia Rubiaceae, está compuesta por 500 géneros y más de 6,000 especies. Existen dos especies principales de café, las cuales son el café arábica (*Coffea arabica* L.) y el café robusta (*Coffea canephora*) (Kanniah, 2020). El café arábica es la especie más extendida, ocupando el 60% del café que se produce de manera mundial, mientras que el café robusta ocupa el segundo lugar, teniendo un poco más del 30% del café producido. Estas dos especies difieren en su sabor, cantidad de cafeína y altitud en la que se cultiva (Chueca, 2024). En la Tabla 1 se presentan las diferencias entre estas dos especies de café.

**Tabla 1.** Diferencias entre el café arábica y el café robusta

<b>Característica</b>	<b>Café arábica</b>	<b>Café robusta</b>
Origen	Tierras altas de Etiopía y Sudán del Sur	Regiones más bajas de Uganda
Altitud de cultivo	600 y 2200 msnm	Altitudes más bajas de 900 m
Grano	Ovalados y tienen una cresta en forma de 'S'	Más redondos y tienen una cresta recta
Cafeína	Entorno al 0.8% y el 1.5%	Entorno al 1.7% y el 3.5% de cafeína
Sabor	Dulce y suave	Fuerte y amargo
Consumo	70% mercado	30% mercado
Precio	Más caro	Más económico

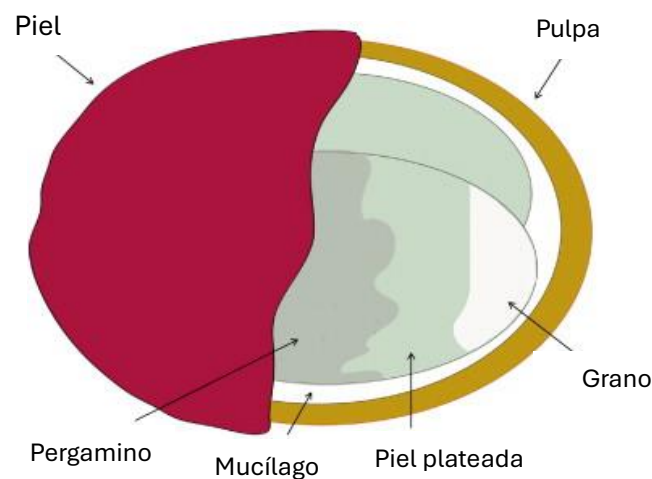
Fuente: Gómez, 2024 y Chueca, 2024

El café, es uno de los principales productos agrícolas más importantes en México, debido a su relevancia económica, social y cultural. A nivel mundial, México es uno de los mayores productores de café, teniendo un certificado en la producción de café. Además, es uno de los principales exportadores de café con certificación orgánica a nivel mundial, con cerca del 8% de los productores dedicándose a su cultivo (Harper, 2020).

### **2.3.1 Grano de café**

El grano de café se obtiene de la planta del café, la cual se conoce como Cafeto, estos son árboles de tamaño pequeño que mantienen sus hojas durante todo el año. Tienen un tronco principal o fuste y, en estado silvestre, alcanzan alturas cercanas a 10 m. Sus hojas son simples, con forma elíptica, presentan una textura coriácea, es decir, dura pero flexible, y de color oscuro. Las flores, fragantes y de tonos generalmente blancos o rosáceos, crecen directamente adheridas al tallo, pegadas a la base de las hojas. El cafeto da un fruto carnoso y brillante que, al madurar, toma un tono rojizo. También se le conoce como "cereza de café" (Inda-Díaz, 2024).

El fruto del café, conocido como baya o cereza, tiene una piel externa lisa y resistente llamada pericarpio, que al estar inmadura presenta un color verde, y al madurar cambia a rojo, violeta, amarillo o naranja, según el genotipo. Bajo esta capa se encuentra la pulpa o mesocarpio, que es fibrosa, dulce y de color amarillento, a esta pulpa también se le conoce como mesocarpio exterior. Le sigue una capa de mucílago, translúcida, incolora, delgada, viscosa y altamente hidratada, que cubre un endocarpio delgado y de color amarillo, también conocido como pergamino. Finalmente, cada hemisferio del grano de café está recubierto por una piel plateada que protege el endospermo (Esquivel y Jiménez, 2011). A continuación, en la Figura 5 se presenta la constitución del grano de café.



**Figura 5.** Capas en un grano de café. Tomada de Esquivel y Jiménez, 2011

El café se comercializa internacionalmente como café verde, que es el grano de café que puede estar cubierto o no con la piel plateada (Esquivel y Jiménez, 2011). Este se puede obtener a partir de dos métodos de procesamiento: seco o húmedo. En el método seco, los frutos se secan al sol y luego se descascarán mecánicamente, eliminando las capas de piel, pulpa, mucílago y pergamino, incluida la piel plateada. En el método húmedo, las bayas se sumergen en agua para separar las bayas maduras (que se hunden), de las inmaduras o dañadas que flotan. Después, las bayas maduras se presionan en agua a través de una pantalla

para eliminar la piel y la pulpa. Posteriormente, se eliminan los restos de pulpa y mucílago mediante fermentación controlada o lavado mecánico. En la fermentación, las enzimas del café y los microorganismos presentes en la piel de la fruta hidrolizan al mucílago (Joët et al., 2010). El método de procesamiento utilizado para obtener el café verde tiene un impacto en las propiedades sensoriales de la bebida de café, que es el producto final (Esquivel y Jiménez, 2011).

El café se comercializa de manera internacional como café verde, que es el grano de café que puede estar cubierto o no con la piel plateada (Esquivel y Jiménez, 2011). Este se puede obtener a partir de dos métodos de procesamiento: seco o húmedo. En el método seco, los frutos se secan al sol y luego de manera mecánica se van descascarando, eliminando las capas de piel, pulpa, mucílago y pergamino, incluida la piel plateada. En el método húmedo, las bayas se sumergen en agua para separar las bayas maduras (que se hunden), de las inmaduras o dañadas que flotan. Después, las bayas maduras se presionan en agua a través de una pantalla para eliminar la piel y la pulpa. Posteriormente, se eliminan los restos de pulpa y mucílago mediante fermentación controlada o lavado mecánico. En la fermentación, las enzimas del café y los microorganismos presentes en la piel de la fruta hidrolizan al mucílago (Joët et al., 2010). El método de procesamiento utilizado para obtener el café verde tiene un impacto en las propiedades sensoriales de la bebida de café, que es el producto final (Esquivel y Jiménez, 2011).

### **2.3.2 Bebida de café**

El café es una de las bebidas más consumidas en todo el mundo, actualmente ocupa el segundo lugar después del agua. Se ha vuelto una bebida popular debido a sus efectos estimulantes, además de ser una bebida con un sabor y aroma agradable (Butt y Sultan, 2011).

Sin embargo, esta bebida se ha vuelto una de las más consumidas no solo por sus características sensoriales, sino también por sus diferentes compuestos bioactivos, lo que la vuelve una bebida saludable. Esto ha sido respaldado por algunas de investigaciones que proporcionan información sobre los beneficios de la bebida del café en la salud (Machado et al., 2023).

### 2.3.3 Compuestos bioactivos de la bebida de café

El café contiene compuestos fenólicos (como ácidos clorogénicos), metilxantinas (cafeína, teofilina y teobromina), melanoidinas, ácido nicotínico y su precursor trigonelina, magnesio y potasio (Jeszka-Skowron et al., 2015). Los compuestos presentes en el café ofrecen múltiples beneficios para la salud humana, como sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, inmunoestimulantes, hepatoprotectoras e hipoglucémicas (Rashidinejad et al., 2021). Algunos otros beneficios y los compuestos responsables se describen a continuación.

- **Compuestos fenólicos:** Las infusiones de café contienen ácidos clorogénicos (CGA), especialmente ácidos cafeoilquínicos (CQA), ácidos feruloilquínicos (FQA) y ácidos dicafeoilquínicos (diCQA). El ácido clorogénico es de los principales polifenoles, tiene propiedades antioxidantes y también tiene efectos farmacológicos y fisiológicos (Farah y De Paula Lima, 2019).
- **Metilxantinas:** La cafeína (1,3,7-trimetilxantina), la teobromina (3,7-dimetilxantina) y la teofilina (1,3-dimetilxantina), son los compuestos más reconocidos dentro de la familia de las metilxantinas y se encuentran en la bebida de café. Son absorbidas en el tracto gastrointestinal, llegando al sistema nervioso central donde tienen acciones psicoestimulantes. Estos compuestos son antagonistas del receptor de adenosina en el cerebro o que contribuye a aumentar el estado de alerta, mejorar el estado de ánimo y potenciar la concentración (Sanchez, 2017).
- **Trigonelina:** Es un alcaloide de piridina nitrogenado, resultado de la metilación del átomo de nitrógeno del ácido nicotínico. Estudios revelan que este compuesto presenta un efecto antidiabético (Yoshinari y Igarashi, 2010).
- **Melanoidinas:** compuestos generados por la reacción de Maillard durante el proceso de tostado de los granos de café, estando presentes en la bebida. Tienen diferentes propiedades como neuroprotectoras, antiinflamatorias y forma parte de la fibra dietética del café (Iriondo-DeHond et al., 2021).

## **2.3.4 Efectos de los compuestos bioactivos de la bebida de café en la salud**

### **2.3.4.1 Actividad antioxidante**

La bebida de café ha sido reconocida por presentar un elevado contenido de antioxidantes (Marcucci et al., 2017). Estos compuestos contribuyen a neutralizar los radicales libres y proteger contra el estrés oxidativo en el organismo que podría llevar a enfermedades como diabetes tipo 2, enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares (Marceau, 2024).

### **2.3.4.2 Actividad neuroprotectora**

Existen enfermedades neurodegenerativas, como el Alzheimer o el Parkinson, las cuáles pueden llegar a generar un deterioro progresivo de las funciones cognitivas y también motoras. En el caso del Alzheimer, una de las principales características que presenta es la acumulación de placas de  $\beta$ -amiloide insoluble (como pueden ser los péptidos  $A\beta_{40}$  y  $A\beta_{42}$ ), así como también la formación de ovillos neurofibrilares compuestos por proteínas tau hiperfosforiladas en el cerebro. Por otro lado, el Parkinson se caracteriza principalmente por la pérdida de neuronas dopaminérgicas, lo que provoca que los niveles de dopamina se alteren y afecta la transmisión de señales relacionadas con este neurotransmisor (Machado et al., 2023).

La cafeína, la trigonelina y los ácidos clorogénicos poseen propiedades neuroprotectoras. La cafeína actúa sobre los receptores de adenosina ( $A_1$  y  $A_2A$ ) en el sistema nervioso central como un antagonista, lo que aumenta la liberación de neurotransmisores como la dopamina, noradrenalina y serotonina, generando un efecto estimulante y un posible beneficio preventivo contra trastornos neurodegenerativos. Por su parte, la trigonelina muestra una actividad neuroprotectora al presentar una gran afinidad por el péptido  $A\beta_{1-42}$ , dando como resultado una inhibición de su agregación, lo cual está relacionado con la enfermedad de Alzheimer. Finalmente, los ácidos clorogénicos contribuyen a la neuroprotección gracias a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, las cuales ayudan a eliminar radicales libres y disminuir la peroxidación lipídica (Machado et al., 2023).

#### **2.3.4.3 Actividad antiinflamatoria**

La inflamación es un proceso biológico complejo que se activa como respuesta a un daño en los tejidos, ya sea por causas internas o externas. Este proceso biológico está vinculado al estrés oxidativo, ya que durante su desarrollo se generan especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (Machado et al., 2023).

La cafeína, los ácidos clorogénicos y las melanoidinas muestran potencial antiinflamatorio a través de distintos mecanismos. La cafeína ejerce su efecto principalmente mediante la inhibición de la fosfodiesterasa o el bloqueo de los receptores de adenosina. El 5-CQA, un tipo de ácido clorogénico ha demostrado reducir la inflamación intestinal al disminuir la producción de citocinas proinflamatorias como el TNF- $\alpha$  y las interleucinas, ya que pueden modular factores de transcripción. Por su parte, las melanoidinas, gracias a sus grupos carbonilo, pueden interactuar con aminoácidos de reguladores inflamatorios, lo que les permite inhibir la actividad de enzimas y citocinas relacionadas con la inflamación (Machado et al., 2023).

#### **2.3.4.4 Efecto antidiabético**

Diversos compuestos químicos presentes la bebida de café, como los ácidos clorogénicos, la trigonelina y la cafeína, han sido relacionados con efectos beneficiosos frente a la diabetes mellitus tipo 2, una enfermedad que suele estar vinculada a una deficiencia o resistencia a la insulina, causada por una disfunción de las células  $\beta$  del páncreas, lo que puede llegar a generar otro tipo de enfermedades crónicas, entre ellas la obesidad. Investigaciones han evidenciado que, gracias al consumo de café puede ayudar a mitigar los principales factores asociados con la diabetes, como el estrés oxidativo, la inflamación y la hiperglucemia (Machado et al., 2023).

### **2.4 Ingredientes adicionados al café**

Existen diferentes formas de preparar una taza de café, cada uno con una fórmula en particular, dependiendo de los hábitos y culturas, el café puede tomarse solo, con azúcar, crema o leche añadida. Esto abarca el uso de leche entera, semidesnatada o desnatada, así como crema ligera o espesa. También es común el uso de leche al vapor, leche condensada, leche vegetal. Aunque tradicionalmente

el café se consume como una bebida caliente, en la actualidad algunas variedades, como el café helado, también se disfrutan frías. A continuación, se mencionarán algunos de los ingredientes y/o aditivos más utilizados para preparar una taza de café.

### 2.4.1 Aditivos alimentarios

Los aditivos son sustancias que se añaden a los alimentos con el fin de mantener ciertas características del alimento, mejorar su sabor y mantener su apariencia, pero sin llegar a cambiar su valor nutricional, aunque hay aditivos que lo llegan a modificar ligeramente (Pericet-Carballido, 2023).

Los aditivos se clasifican de acuerdo con su procedencia y su funcionalidad tecnológica, esta clasificación se presenta en la Tabla 2.

Procedencia:

- Sintéticos: Son elaborados a través de procesos químicos o también mediante síntesis química (Pericet-Carballido, 2023).
- Naturales: Están presentes en la naturaleza y se obtienen mediante diferentes procesos como el destilado o la extracción (Pericet-Carballido, 2023).

**Tabla 2.** Clasificación de los aditivos según su funcionalidad tecnológica

<b>Función</b>	<b>Categoría</b>
Moduladores de las características sensoriales	Potenciadores del sabor, edulcorantes, acidulantes y colorantes
Modificadores de las características físicas	Antiespumantes, antiaglomerantes, gelificantes, emulgentes, espumantes, espesantes, estabilizantes y humectantes
Acción sobre las alteraciones químicas y biológicas	Antioxidantes, correctores de la acidez y conservadores
Otros	Gasificantes, agentes de tratamiento de las harinas, agentes de recubrimiento,

soporte, gases de envasado, agentes de carga, almidones, endurecedores, modificadores, secuestrantes, sales de fundido, gases propelentes y potenciadores del contraste

---

Fuente: Pericet-Carballido, 2023.

#### **2.4.1.1 Aditivos agregados al café**

Normalmente al café se le suelen añadir edulcorantes, debido a su sabor amargo muchos consumidores optan por endulzarlo. Dentro de los endulzantes encontramos el azúcar, la miel, panela, etc. Aunque también hay edulcorantes naturales y artificiales. A continuación, se da una breve descripción de estos.

**Azúcar:** Se pueden encontrar diferentes tipos de azúcar, como azúcar blanca, azúcar morena, o azúcar glas, sin embargo, el tipo de azúcar que es la más utilizada a la hora de preparar un café, es el azúcar blanca o azúcar refinado. Este tipo de azúcar se obtiene de la caña de azúcar (Bratskeir, 2021).

**Edulcorantes artificiales:** Se les conoce también como sustitutos de azúcar ya que estos no contienen tantas calorías como el azúcar normal. Sin embargo, durante su elaboración es necesario procesarlos y refinarlos (Brown, 2021).

- **Sucralosa (splenda):** Es un edulcorante artificial muy popular. La sucralosa está hecha a partir de azúcar real, donde se procesa químicamente para poder modificar su estructura, haciéndola mucho más dulce que el azúcar normal (Panoff, 2021).
- **Acesulfame de potasio:** Es un edulcorante que a pesar de no contener calorías, es mucho más dulce que el azúcar. Se considera apto para personas con diabetes debido a que este, al no almacenarse en el cuerpo, no genera picos de insulina, además de ser un edulcorante no cariogénico (Pochteca, 2023).
- **Aspartamo:** Es el edulcorante más común utilizado en productos dietéticos, sin azúcar o clasificados como light. Sin embargo, es importante no tomarlo

en cantidades excesivas ya que puede llegar a provocar potenciales efectos cancerígenos (Soto, 2023).

- Neotamo: Es un aditivo no nutritivo que presenta un mayor potencial de dulzor, fue aprobado por la FDA en 2002, por lo que se considera un edulcorante seguro para los consumidores (Shil et al., 2024).

**Edulcorantes naturales:** Son sustitutos de azúcar que no han sido procesados y que provienen de fuentes naturales como plantas o frutas.

- Stevia: Este es un edulcorante natural que proviene de la planta de Stevia, es un edulcorante popular utilizado para el café. Endulza más que el azúcar blanco utilizando incluso menores cantidades, por lo que este edulcorante representa una alternativa adecuada para aquellos consumidores que buscan controlar su ingesta de azúcar (Duffy, 2024).
- Miel: Es un edulcorante natural que es elaborado por las abejas a partir del néctar que es recolectado de diversas plantas. La miel presenta un gran valor nutritivo y medicinal, además de tener un gran sabor y textura (Elena et al., 2022).
- Xilitol: También conocido como azúcar de abedul, es un edulcorante que presenta un bajo nivel de índice glucémico, por lo que no provoca que los niveles de glucosa en sangre se eleven, es por ello que ha sido catalogado por la OMS como un edulcorante seguro para las personas que padecen diabetes (Mínguez, 2024).

### **2.4.2 Leche**

La leche es uno de los ingredientes más populares que se le añaden al café. La leche es aquel líquido que es producido por las hembras de los mamíferos para poder alimentar a sus crías. Este es un alimento casi completo, por lo que no solo es esencial para la alimentación infantil, sino que también su consumo es fundamental a lo largo de toda la vida. Se obtiene mediante el ordeño de animales mamíferos sanos y, desde el punto de vista fisicoquímico, es una emulsión de

glóbulos de grasa suspendidos en una fase acuosa (Mehta, 2015). Dentro de las leches de mamíferos que más se consumen, destaca la leche bovina y caprina.

La leche de vaca es un alimento complejo y nutritivo que contiene carbohidratos (principalmente lactosa), lípidos, proteínas las cuales son caseínas y proteínas del suero, minerales y otros compuestos bioactivos como hormonas, aminoácidos, enzimas, vitaminas e inmunoglobulinas. En términos de composición, suele presentar aproximadamente un 4.9 % de grasa, 4.1 % de lactosa, 3.4 % de proteínas y 0.7 % de minerales. Los glóbulos de grasa, que tienen un diámetro de entre 0.1 y 15  $\mu\text{m}$ , están rodeados por una membrana, conocida como membrana del glóbulo de grasa láctea, la cual es rica en fosfolípidos, glucoproteínas, colesterol y enzimas. La leche presenta una fase acuosa, la cual contiene micelas de caseína, proteínas del suero, vitaminas, lactosa y minerales, lo que hace de la leche un alimento altamente nutritivo (Mehta, 2015; Rashidinejad et al., 2021).

#### **2.4.2.1 Proteínas de la leche**

Las proteínas de la leche se componen de la caseína, ésta constituye alrededor del 80%, y las proteínas del suero, que estas componen alrededor del 20% de la proteína total de la leche (Mehta, 2015). Estas proteínas tienen propiedades funcionales, que le dan textura y otras características a la leche. Presentan la capacidad emulsionante y espumante debido a sus propiedades interfaciales, además de presentar funciones de gelificación y retención de sabor. Estas propiedades pueden verse afectadas por la interacción con otros componentes alimentarios como polisacáridos, grasas, sales, azúcares, sabores y compuestos bioactivos dependiendo de las condiciones de tratamiento. En particular, se ha observado que las proteínas lácteas pueden asociarse con compuestos polifenólicos de origen vegetal, lo que podría reducir tanto la actividad antioxidante de estos compuestos como la funcionalidad de las propias proteínas (Rashidinejad et al., 2021).

#### **2.4.2.2 Grasa de la leche**

Uno de los componentes más importantes de la leche es la grasa, se considera incluso un factor económico ya que muchos de los precios de la leche y productos

lácteos se derivan principalmente por el contenido de grasa que contenga, mientras más grasa, más caro es el producto (Mehta, 2015).

Está constituida por alrededor del 98% de los lípidos totales de la leche, donde predominan principalmente los triglicéridos. También está compuesta por acilgliceroles en 1 a 2% y esteroides, entre 0.2 y 0.5%. La grasa láctea presenta diferentes propiedades funcionales, que le contribuyen en la textura y el sabor a la leche, así como la percepción de cremosidad (Rashidinejad et al., 2021). Por otro lado, la membrana del glóbulo de grasa es un emulsionante natural que actúa como barrera, protegiendo a la grasa de la acción de las enzimas, también impide la floculación y que los glóbulos de grasa se unan.

#### **2.4.2.3 Tipos de leche**

- Leche entera: Es el tipo de leche que contiene un mayor contenido de grasa, además de ser una excelente fuente de nutrientes como proteínas, vitamina D y calcio. Es muy popular a la hora de preparar bebidas como el café o el té (Home, 2021).
- Leche al 2%: Este tipo de leche se le conoce como leche al 2%, debido a que solo contiene el 2% de grasa en peso, sin embargo, sigue conteniendo la misma cantidad de nutrientes que la leche entera (Home, 2021).
- Leche baja en grasa: Este tipo de leche contiene una mínima cantidad de grasa, con el 1% de grasa, sin embargo, no cambia la cantidad de nutrientes ya que sigue presentando los mismos que la leche entera (Home, 2021).
- Leche evaporada: Es una leche concentrada, y de acuerdo con la norma del CODEX 281-197, es un producto lácteo que puede obtenerse al eliminar de forma parcial el agua contenida de la leche, utilizando procesos térmicos o cualquier otro, siempre y cuando no afecte la composición y características del producto final (Mehta, 2015).
- Leche condensada azucarada: De acuerdo con la norma del CODEX 282-197, es un producto lácteo que puede obtenerse al eliminar de forma parcial el agua contenida de la leche y añadiendo azúcar. El azúcar es el ingrediente

responsable de darle al producto final la calidad y una larga vida útil (Mehta, 2015).

- Leche en polvo: Este producto se obtiene a través de un proceso conocido como secado, que es eliminar el agua a tal punto que el producto se vuelve polvo. Este proceso se aplica de tal forma que el producto final sea fácil de manipular, y que, al momento de mezclarlo con agua, este presente características iguales a las del producto original, es decir, la leche (Mehta, 2015).
- Leche de frutos secos: Es un sustituto de leche que puede elaborarse con distintos frutos, como almendras, nuez, cacahuete, etc. A los frutos se les quita la cáscara y después se tuestan y se remojan en agua, y posteriormente son triturados para formar una pasta a la que se le añade agua y por último se filtra. Se les puede añadir azúcar, espesantes, saborizantes o incluso sal (Home, 2021).
- Leche deslactosada: Este tipo de leche contiene una enzima llamada lactasa, esta enzima lo que hace es descomponer la lactosa en glucosa y galactosa. A pesar de ser diferente, esta leche ofrece la misma textura, sabor y perfil nutricional que la leche normal (Ajmera, 2023).
- Leche descremada: Esta leche aporta los mismos minerales y vitaminas que la leche entera, la diferencia con esta leche es que esta no contiene grasa, por lo que no es cremosa (Mikstas, 2023).
- Sustituto de leche: Una alternativa a la leche es la crema para café, un producto que no contiene lácteos, pero que suele estar muy procesada y con una gran cantidad de azúcar. Un ejemplo popular utilizado es el Coffe Mate (Ajmera, 2020).

Además de añadir diferentes ingredientes a una taza de café, también existen diferentes formulaciones donde se agrega leche, como el expreso, capuchino, moka, macchiato, entre otras, siendo la leche el ingrediente más popular añadido al café. Por lo tanto, ha existido un interés en investigar las interacciones que existe entre los componentes del café y los componentes de los ingredientes utilizados. (Rashidinejad et al., 2021).

### **1.1 Interacciones de los compuestos del café con otros ingredientes**

No existen estudios que analicen directamente como el azúcar podría llegar a interactuar con los diferentes compuestos bioactivos del café, sin embargo, una investigación de la universidad de Barcelona ha demostrado que el añadir edulcorantes al café tiene efectos beneficiosos, ya que mejora el rendimiento en actividades de atención y mejora la memoria (d'Areny, 2018).

La adición de leche al café llega a generar interacciones entre los polifenoles del café y las proteínas presentes en la leche. Los compuestos fenólicos, como los ácidos clorogénicos tienden a unirse a las proteínas presentes en la leche, como las caseínas. La grasa de la leche también es un factor importante en la actividad antioxidante de los polifenoles del café. Tanto la cantidad de grasa, que depende de la leche utilizada (leche desnatada, semidesnatada y entera), como la proporción de leche y café, son características que llegan afectar las propiedades funcionales del café como la actividad antioxidante, la bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos y el contenido de cafeína. Por lo tanto, debido a las interacciones generadas entre los componentes de la leche (proteínas, grasa) y compuestos del café (ácidos clorogénicos, cafeína, trigonelina, dipertenos), la adición de leche a las bebidas de café puede llegar a provocar cambios funcionales y nutricionales (Niseteo et al., 2012; Komes et al., 2015; Al-Ghafari et al., 2017). Estas interacciones que ocurren entre los componentes de la leche y el café pueden llegar a tener tanto efectos negativos como positivos.

Dentro de los efectos negativos, estudios han demostrado que la adición de leche llega a disminuir significativamente la cantidad de polifenoles, y, por lo tanto, disminuye la actividad antioxidante, esto debido a la unión entre las proteínas de la leche y los compuestos fenólicos (Niseteo et al., 2012). De igual forma, se ha observado una disminución en la bioaccesibilidad de los ácidos clorogénicos en bebidas de café mezclados con leche entera, semidescremada y descremada (Tagliazucchi et al., 2012).

Sin embargo, algunos estudios han demostrado que la adición de leche al café también tiene efectos positivos, donde la bioaccesibilidad de los compuestos

fenólicos está asociada con la grasa de la leche. Utilizando leche entera, semidesnatada y desnatada, se observó que los contenidos totales de fenoles y flavonoides aumentaron, en especial en la leche entera (Al-Ghafari et al., 2017; Tagliazucchi et al., 2012).

La adición de la leche al café tiene efecto sobre las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales del café, sin embargo, estos van a depender de la proporción, el tipo de leche y la forma de preparar el café, además otros factores que pueden llegar a influir son las técnicas utilizadas para analizar la actividad antioxidante (Rashidinejad et al., 2021).

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Los alimentos y bebidas funcionales tienen una gran importancia dentro de la alimentación moderna, ya que estos contienen componentes biológicamente activos que ofrecen beneficios adicionales a la salud de los consumidores. Los compuestos fenólicos son reconocidos por sus propiedades antioxidantes y sus efectos positivos en la prevención de enfermedades crónicas, como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y ciertos tipos de cáncer.

El café, es reconocido como una de las bebidas más consumidas en el mundo, es un producto con compuestos bioactivos, incluidos los compuestos fenólicos como ácidos clorogénicos, catequinas y flavonoides. Existen muchas formas de preparar un café, desde agregar leche, endulzantes o edulcorantes e incluso el uso de diferentes temperaturas. Estas diferentes mezclas de componentes alimentarios y formas de preparación podrían estar afectando la cantidad de los compuestos funcionales ya que, está influenciada por factores intrínsecos del producto y por las interacciones con otros componentes presentes en la matriz alimentaria.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar diferentes formas de preparación y mezclas de café, con el fin de evaluar cómo se modifica la cantidad de sus compuestos bioactivos y por ende su capacidad antioxidante.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la adición de solutos y tipos de leche, sobre los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de café soluble comercial.

#### **3.2 Objetivos particulares**

- Analizar marcas de café soluble comercial en sus compuestos fenólicos (CF), flavonoides totales (FT), capacidad antioxidante (CA) y poder reductor (PR).
- Determinar el efecto de la temperatura sobre los CF, FT, CA y PR del café comercial seleccionado.
- Evaluar el efecto de azúcar y sustitutos de azúcar sobre los CF, FT, CA y PR del café comercial seleccionado.
- Analizar el efecto de diferentes tipos de leche sobre CF, FT, CA y PR del café comercial seleccionado.
- Evaluar el efecto de mezclar ingredientes (leche, azúcar y café) sobre los CF, FT, CA y PR.

#### 4. DIAGRAMA DE TRABAJO

A continuación, en la Figura 6 se presenta el diagrama de trabajo que se llevó a cabo para este proyecto, el cual se explica con mayor detalle en la sección de metodología.

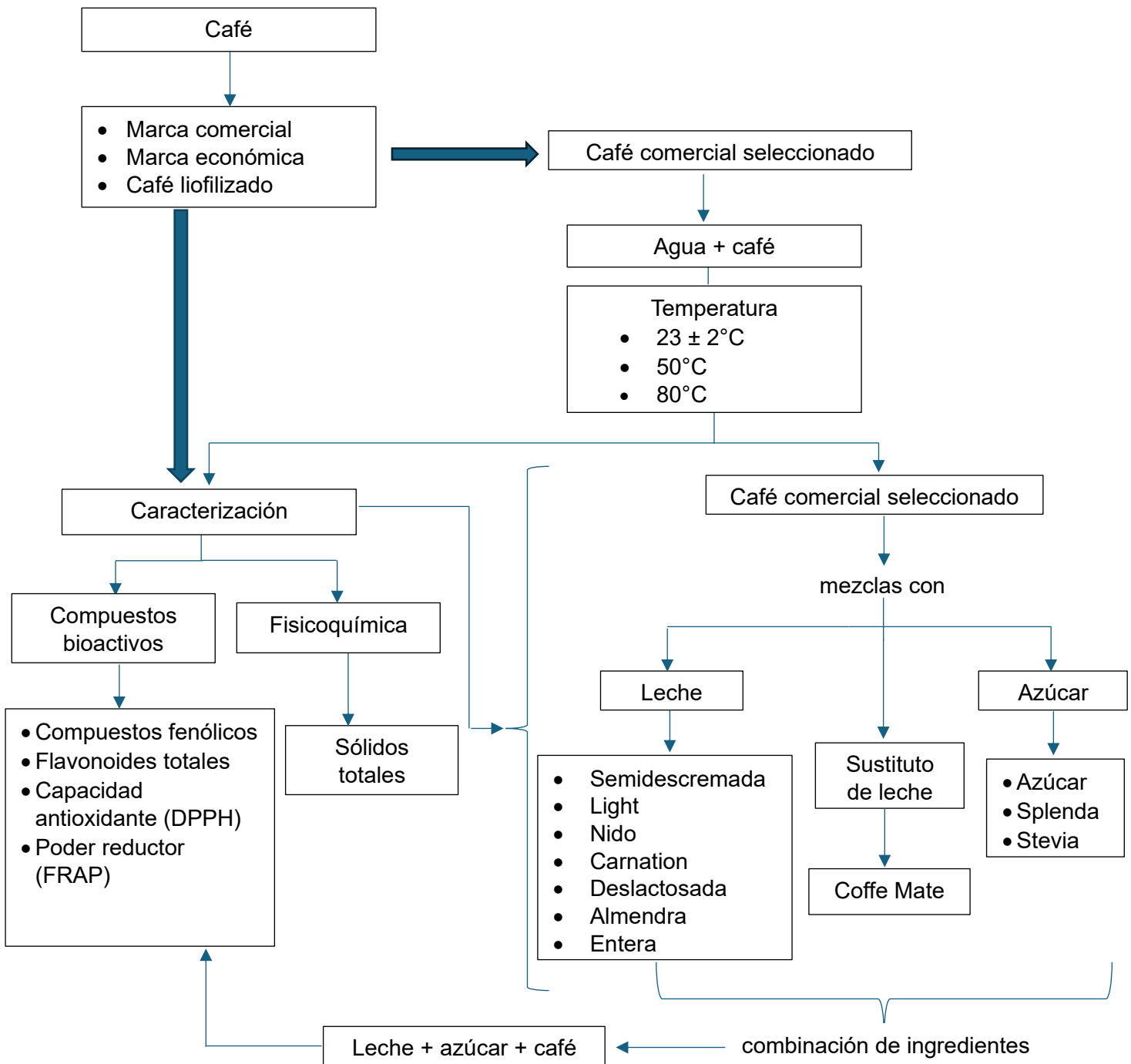


Figura 6. Diagrama de metodología

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

- Material de vidrio: el necesario para cada determinación.
- Material biológico: café, leche, sustitutos de leche, endulzantes y edulcorantes.
- Reactivos: los necesarios para cada determinación.

A continuación, en la Tabla 3 se muestran las técnicas que se utilizaron y en la Tabla 4 los equipos con los que se trabajó.

**Tabla 3.** Métodos y referencias.

Determinación	Técnica	Referencia
Compuestos fenólicos	Método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu	Pérez-Ambrocio et al., 2017
Capacidad antioxidante	DPPH	Pérez-Ambrocio et al., 2017
Flavonoides totales	Flavonoides	Pérez-Ambrocio et al., 2017
Poder reductor	FRAP	Rodríguez-Campos et al., 2020

**Tabla 4.** Equipos que se utilizaron.

Equipo	Marca	Modelo
Espectrofotómetro	Spectronic	20 Genesys
Potenciómetro	Conductronic	PH10
Balanza analítica	Ohaus – Serie Pioneer	PA 224C
Refrigerador	MABE	RMT510
Refractómetro digital	HANNA instruments	Hi 96801
Parrilla digital	Fisher Scientific	Isotemp

## **6. METODOLOGÍA**

Según lo indicado en el diagrama de trabajo, la metodología que se implementó se detalla a continuación.

### **6.1 Preparación de café**

Se analizaron 3 marcas de café soluble: Nescafé Black clásico (NC), Café Máxima Premium (CM) y Café liofilizado Members Marck (MM). Se preparó un volumen de 100 mL de agua y 1 g de café a una temperatura de 80°C. Esta proporción se seleccionó tomando en cuenta el modo de preparación de las etiquetas comerciales, de 1 a 2 cucharaditas por taza de café lo que es equivalente a 2.5 g por 250 mL.

### **6.2 Caracterización de café soluble**

Se evaluaron las 3 marcas de café mencionadas previamente, a las cuales se les realizaron las siguientes determinaciones.

#### **6.2.1 Compuestos fenólicos**

Se tomó 1 mL de cada café, se adicionó 1 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu al 0.1 N, la mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente durante 3 min, pasado el tiempo se le añadió 1 mL de NaCO<sub>3</sub> al 0.05%, nuevamente se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 min. Se realizó la medición de absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 765 nm. Los resultados obtenidos se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico EAG/100 mL.

#### **6.2.2 Flavonoides totales**

Se tomó 1 mL de café, se adicionó 1 mL del reactivo de NaNO<sub>2</sub> al 1.5%, se dejó reposar a temperatura ambiente durante 5 min, posteriormente se le adicionó 1 mL de AlCl<sub>3</sub> al 3% y se dejó reposar durante 1 min. Por último, se agregó 1 mL de NaOH al 1N, se mezcló y se realizó la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 490 nm. Los resultados obtenidos se expresaron como mg quercetina/100 mL.

### **6.2.3 Capacidad antioxidante**

Se tomó 1 mL de café, se adicionó 1 mL del reactivo DPPH al 0.004%, se dejó reposar durante 30 min, se mezcló y se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm. Los resultados se expresaron como mg Trolox/100 mL.

### **6.2.4 Poder reductor**

Se tomó 1 mL de café, se adicionó 2.5 mL de buffer fosfatos al 0.2 M, más 2.5 mL de  $K_4[Fe(CN)_6]$  al 1%. Se dejó incubar durante 20 min. Pasado este tiempo, se agregó 2.5 mL de  $C_2HCl_3O_2$  (10%) y se llevó a centrifugar durante 10 min a 4000 rpm, se tomó 2.5 mL del sobrenadante, se agregó 2.5 mL de agua y 0.5 mL de  $FeCl_3$ , se mezcló y se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 700 nm. Los resultados se expresaron como mg de ácido ascórbico (mg AA/100mL).

## **6.3 Caracterización a diferentes temperaturas**

Se seleccionó la marca de café soluble que presentó la mayor cantidad de compuestos bioactivos, se usaron para su preparación 3 temperaturas:  $20 \pm 3$ , 50 y  $80^\circ C$ . Primero se pesó el café y posteriormente se agregó el agua a la temperatura correspondiente. Se dejó reposar alrededor de 30 min con el fin de que alcanzaran la temperatura ambiente. A cada uno de los sistemas se le realizó la caracterización de compuestos fenólicos, flavonoides totales, capacidad antioxidante y poder reductor, utilizando la misma metodología que se describió en el punto 7.2

## **6.4 Preparación de mezclas**

### **6.4.1 Mezclas con edulcorantes**

Se utilizaron 3 edulcorantes: azúcar, stevia y splenda. Para el azúcar, se adicionaron 3 cantidades: 1, 2 y 3 g/100 mL de café. En cuanto a los edulcorantes, estos se adicionaron 0.5g/100 mL de café.

### **6.4.2 Mezclas con diferentes tipos de leche**

Se prepararon un total de 8 muestras de café, en los que se utilizaron diferentes tipos de leche. Se utilizó leche semidescremada (LS), leche light (LL), leche entera (LE), leche nido (LN), leche Carnation (LC), leche deslactosada (LD), leche de almendras (LA) y Coffe Mate (CM). Para cada café, se adicionaron 5 mL de leche. Los sistemas realizados con leche se muestran en la Tabla 5. A cada uno de los

sistemas anteriormente mencionados, se le realizó la caracterización de compuestos fenólicos, flavonoides totales, capacidad antioxidante y poder reductor, utilizando la misma metodología que se describió en el punto 7.2.

**Tabla 5.** Formulación de sistemas con diferentes tipos de leche

<b>Sistema</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Ingrediente</b>								
<b>Café</b>	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Agua</b>	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Leche</b>	X							
<b>semidescremada</b>								
<b>Leche light</b>		X						
<b>Leche entera</b>			X					
<b>Leche nido</b>				X				
<b>Leche Carnation</b>					X			
<b>Leche</b>						X		
<b>deslactosada</b>								
<b>Leche de almendra</b>							X	
<b>Coffe Mate</b>								X

### 6.5 Determinación de los sólidos totales

A cada muestra de café con leche y a cada tipo de leche se les determinó los sólidos totales. En una estufa se colocaron crisoles rotulados vacíos y se dejaron por 24 h a 100°C. Posteriormente, se colocaron en un desecador durante 15 min, se pesaron y se les agregó 10 ± 0.1 g de cada muestra. Los crisoles se colocaron nuevamente en la estufa durante 10 h a 100°C. Pasado ese tiempo, se colocaron en el desecador durante 15 min para alcanzar la temperatura ambiente. Por último, se pesaron en una balanza analítica.

### **6.6 Preparación de mezclas con diferentes ingredientes**

Se seleccionaron tres tipos de leche para combinarlos con azúcar y café, se realizaron un total de tres muestras de café. A cada una de las muestras anteriormente mencionados, se le realizó la caracterización de compuestos fenólicos, flavonoides totales, capacidad antioxidante y poder reductor, utilizando la misma metodología que se describió en el punto 7.2

### **6.7 Análisis estadístico**

Cada una de las determinaciones y de los procedimientos que se hicieron se realizaron por triplicado. Los resultados que se obtuvieron se analizaron a través de una comparación de medias (ANOVA), se utilizó el software de Minitab v15, donde se empleó la prueba de Tukey con un nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$ .

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Caracterización de los sistemas

La Tabla 6 muestra el resultado de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante evaluados en tres marcas comerciales de café soluble.

En las marcas de Nescafé clásico black (NC), café Máxima Premium (CM) y Members Marck (MM), los compuestos fenólicos oscilaron de 52 a 59 mg EAG/100 mL, los flavonoides totales tuvieron un intervalo de 29 a 71 mg quercetina/100 mL, la capacidad antioxidante fue entre 197 a 201 mg Trolox/100 mL, mientras que el poder reductor fue menor a 90 mg AA/100 mL en las tres muestras de café.

Cordoba et al. (2019) realizaron un estudio donde evaluaron los compuestos fenólicos en dos tipos de café, los resultados indicaron que estos compuestos están entre 124 y 136 mg EAG/100 mL. Gorjanović et al. (2017) analizaron la capacidad antioxidante en diferentes tipos de café, donde el café instantáneo tuvo valores entre 264.91 y 316.87 mg Trolox/100 mL. Stanek et al. (2021) reportaron la concentración de los flavonoides totales en la bebida de café, la cual fue entre 318 y 408 mg quercetina/100 mL. Comparando los resultados anteriores con los obtenidos en este estudio, existe variabilidad en los compuestos fenólicos y flavonoides totales, esto puede deberse a ciertos factores relacionados con el tipo de café, la manera de realizar la determinación de compuestos bioactivos y temperatura utilizada.

Por otra parte, de los CB y CA evaluadas en estas marcas de café, los flavonoides fueron los que presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), donde el contenido de flavonoides totales mayor correspondió a la marca de café Máxima Premium. Debido a estos resultados obtenidos y a la diferencia significativa de los flavonoides totales, se seleccionó el café Máxima para realizar las pruebas posteriores.

**Tabla 6.** Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de marcas comerciales de café soluble<sup>a</sup>.

Marca	CFT <sup>b</sup> (mg EAG/100 mL)	FT <sup>c</sup> (mg Q/100 mL)	CA <sup>d</sup> (mg Trolox/100 mL)	PR <sup>e</sup> (mg AA/100 mL)
NC	58.97 ± 5.53a	29.39 ± 1.44c	200.32 ± 26.47a	89.08 ± 2.88a
CM	52.31 ± 1.92a	70.54 ± 4.33a	197.67 ± 4.37a	84.72 ± 3.53a
MM	55.06 ± 0.97a	52.52 ± 0.48b	201.14 ± 19.99a	87.69 ± 13.48a

<sup>a</sup>Promedio ± desviación estándar. <sup>b</sup>Compuestos fenólicos totales; <sup>c</sup>Flavonoides totales; <sup>d</sup>Capacidad antioxidante; <sup>e</sup>Poder reductor. Letras diferentes en columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05).

## 7.2 Caracterización de café Máxima a diferentes temperaturas

La Tabla 7 presenta los resultados de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante de café máxima solubilizado a diferentes temperaturas.

Los compuestos fenólicos tuvieron un intervalo de 55 a 60 mg EAG/100 mL, los flavonoides totales fueron entre de 60 y 73 mg quercetina/100 mL, la capacidad antioxidante mayor fue de 185 mg Trolox/100 mL y el poder reductor fue entre 87 y 104 mg AA/100 mL. Ninguno de los CB y CA presentó diferencia significativa (p<0.05) respecto al rango de temperaturas evaluadas.

Stanek et al. (2021) reportaron que el café preparado a una temperatura caliente de 96°C mostró mayores concentraciones de compuestos bioactivos, donde los compuestos fenólicos variaron entre 2202 y 3346 mg EAG/100 mL y los flavonoides totales entre 318 y 408 mg quercetina/100 mL. Sin embargo, Cordoba et al. (2019) realizaron un estudio donde observaron una mayor concentración de compuestos fenólicos en infusiones de café frío (20°C) que oscilaron entre 8 y 150 mg EAG/100 mL, mientras que en las infusiones de café caliente (70°C) variaron entre 124 y 136 mg EAG/100 mL. Estas diferencias se deben principalmente al tipo de café utilizado, los grados de tostado, el método y tiempo de extracción.

A pesar de no existir una diferencia significativa entre las tres temperaturas, se optó por trabajar a una temperatura de 80°C, dado que los solutos empleados en las pruebas posteriores presentan una baja solubilidad a temperatura ambiente o tibia. Esto podría afectar la homogeneidad de la solución y, en consecuencia, la precisión

de los resultados obtenidos. Por esta razón, se estableció 80°C como la temperatura de referencia.

**Tabla 7.** Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de café Máxima solubilizado a diferentes temperaturas<sup>a</sup>.

Temperatura (°C)	CF <sup>b</sup> (mg EAG/100 mL)	FT <sup>c</sup> (mg Q/100 mL)	CA <sup>d</sup> (mg Trolox/100 mL)	PR <sup>e</sup> (mg AA/100 mL)
20	55.71 ± 1.44a	59.66 ± 5.77a	185.31 ± 19.22a	104.17 ± 5.11a
50	59.57 ± 4.71a	73.44 ± 7.93a	157.89 ± 12.51a	87.22 ± 8.38a
80	55.37 ± 1.35a	71.40 ± 3.61a	182.45 ± 0.68a	104.35 ± 9.04a

<sup>a</sup>Promedio ± desviación estándar. <sup>b</sup>Compuestos fenólicos totales; <sup>c</sup>Flavonoides totales; <sup>d</sup>Capacidad antioxidante; <sup>e</sup>Poder reductor. Letras diferentes en columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05).

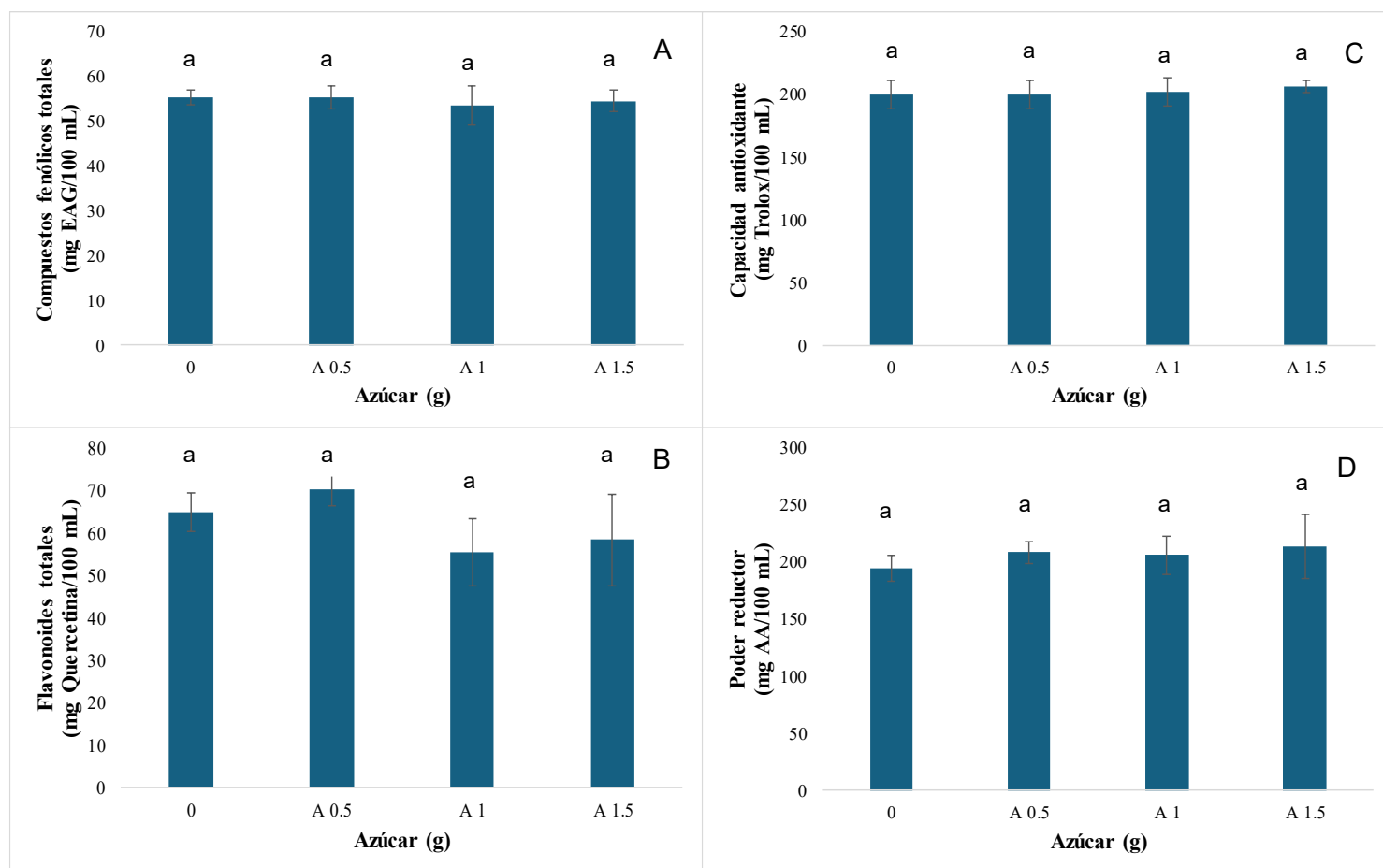
### 7.3 Caracterización de café Máxima adicionado con diferentes endulzantes

La Figura 7 muestra los resultados de compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) del café Máxima adicionado con azúcar.

El análisis de los datos revela que la variación en la cantidad de azúcar no generó diferencia significativa (p>0.05) en la concentración de CB, la CA y PR comparado con el café control.

Nakilcioğlu-Taş (2018) realizó una investigación donde analizó el efecto de la adición de azúcar en café estilo turco durante la etapa de preparación. Observó que la adición de azúcar provocó una disminución en los polifenoles, de 317.88 mg GAE/100 mL a 276.45 mg GAE/100 mL, esta disminución también se generó en la actividad antioxidante donde pasó de 65.59 a 57.69%. De igual forma, Ludwig et al. (2013) realizó un estudio donde se añadió azúcar durante el tostado de los granos de café, en el cual se observó un aumento del 33% en la capacidad antioxidante, debido principalmente a la reacción de Maillard, ya que, esta reacción ocurre entre azúcares reductores y aminoácidos o proteínas presentes en los granos de café durante el proceso de tostado, generando melanoidinas, que presentan una gran capacidad antioxidante. Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan

con Otemuyiwa et al. (2017), quienes realizaron un estudio para ver el efecto del azúcar sobre la disponibilidad de los fenólicos en bebidas como el té, cacao y café, donde observaron que el azúcar no afectó la disponibilidad *in vitro* de los fenólicos del café.



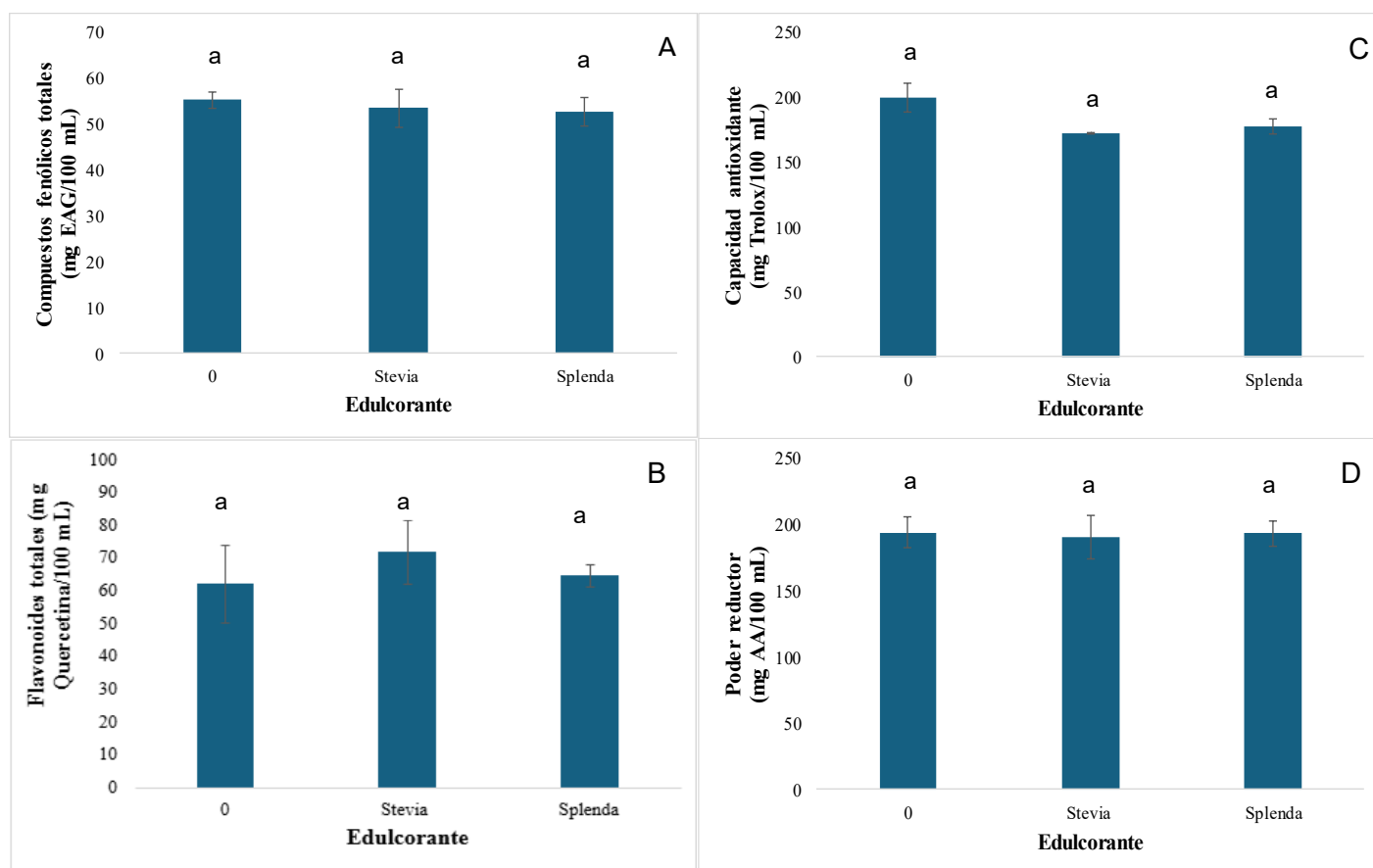
**Figura 7.** Compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) de café Máxima a 80°C adicionado con azúcar. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ).

La Figura 8 muestra los resultados de compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) del café Máxima adicionado con edulcorantes (stevia y splenda).

Salar et al. (2022) evaluaron las interacciones entre stevia, sacarosa y sucralosa, y compuestos bioactivos como flavonoides y vitamina C de una bebida funcional de

maqui y cítricos. Observaron que, al agregar stevia las flavanonas se redujeron un 29% y un 27% las antocianinas, mientras que con sucralosa se tenía una pérdida de flavanonas del 29%. Por otro lado, al añadir sacarosa se obtuvo una pérdida del 5% de flavanonas. A pesar de estos resultados, en el presente estudio con café soluble, no se observó una diferencia significativa ( $p>0.05$ ) por la adición de edulcorantes. Esto puede deberse principalmente al tipo de bebida analizada y las condiciones del estudio.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente trabajo sugieren que, bajo las condiciones empleadas, ni la stevia, ni la splenda interactúan de forma notable con los compuestos bioactivos del café soluble.



**Figura 8.** Compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) de café Máxima a 80°C adicionado con edulcorantes. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ( $p<0.05$ ).

Aunque los resultados obtenidos en este estudio indican que la adición de azúcar y edulcorantes como stevia y sucralosa (splenda) no produce cambios significativos en los niveles de compuestos bioactivos del café soluble, es importante considerar las implicaciones nutricionales y de salud asociadas al consumo habitual de estos aditivos. El azúcar añadido contribuye al exceso de calorías, aumentando el riesgo de sobrepeso y obesidad. De igual forma, el consumo excesivo de edulcorantes puede tener consecuencias en la salud, como alterar la microbiota intestinal, disminuir las bacterias intestinales beneficiosas o aumentar el pH fecal (Abou-Donia et al., 2008). Además, consumir azúcar o edulcorantes de manera frecuente puede hacer que las personas se acostumbren al sabor dulce, lo que podría dificultar que en el futuro prefieran alimentos con menos azúcar. Por eso, aunque en este estudio la adición de azúcar o edulcorantes no afectó significativamente los compuestos bioactivos del café, es importante considerar este efecto en los hábitos alimenticios a largo plazo.

#### **7.4 Caracterización de café Máxima con diferentes tipos de leche**

La Figura 9 muestra los resultados de los compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) de café Máxima adicionado con diferentes tipos de leche.

Por otro lado, la información sobre los componentes nutricionales de los distintos tipos de leche y el contenido de sólidos totales se presenta en el Anexo A. Estos datos fueron obtenidos a partir de las etiquetas nutricionales de los productos comerciales utilizados y referencias bibliográficas para los sólidos totales.

La Tabla 8 muestra la correlación de Pearson entre los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla de café, leche, sin azúcar y los ingredientes declarados en la etiqueta. Estos resultados permiten identificar qué variables de la leche tienen mayor influencia sobre los compuestos bioactivos del café, la grasa y los sólidos totales de la leche son los componentes que más influyen en la concentración de los CF y FT en la mezcla de café con leche, mientras que el PR se ve modulado principalmente por la grasa y la proteína. La CA, en cambio, no está relacionada con ninguno de los componentes presentes.

Las mezclas de café soluble Máxima con leche Carnation (LC) y leche Nido (LN) presentaron las concentraciones más altas de CF, 223.51 y 220.62 mg EAG/100 mL respectivamente, superando significativamente al café control que presentó 55.27 mg EAG/100 mL. Como se observa en la Tabla 9, la correlación de Pearson mostró valores positivos entre los CF y los sólidos totales ( $R^2 = 0.628$ ), grasa ( $R^2 = 0.752$ ), proteínas ( $R^2 = 0.595$ ) y carbohidratos ( $R^2 = 0.725$ ) de las leches utilizadas.

Uno de los principales componentes de la leche que puede influir en el contenido de CF en el café, es la grasa, ya que, a mayor cantidad de grasa, mayor contenido de CF se presenta en la mezcla de café con leche. La grasa puede incrementar la cantidad de surfactantes, lo que puede afectar la formación de agregados entre la cafeína y los ácidos clorogénicos, es decir, la grasa evita que la cafeína y los ácidos clorogénicos se unan entre sí, lo que permite que los CF puedan seguir dispersos en la bebida, lo cual facilita su detección en la prueba espectrofotométrica (Tagliazucchi et al., 2012). Sin embargo, esta correlación no se refleja en el caso de la leche Nido (LN), la cual, a pesar de no presentar un contenido elevado de grasa en comparación con los otros tipos de leche, presenta una concentración alta de CF. Este resultado puede atribuirse a la presencia de otros componentes en la formulación de la leche en polvo como vitaminas (A, C y D3) que presentan actividad antioxidante (Kruk et al., 2022), lecitina de soya que es un emulsionante el cual puede reducir la precipitación o agregación con proteínas o cafeína, lo cual ayuda a mantener una mayor cantidad de CF disponibles en la mezcla de café (Tagliazucchi et al., 2012).

Los resultados de FT que se presentan en la Figura 9 (B) muestran que el mayor contenido se presentó en la mezcla con leche Nido (LN) con un valor de 241.15 mg quercetina/100 mL, es decir, aumentó 271.3%, mientras que el menor contenido se presentó en las mezclas con leche light (LL), leche semidescremada (LS) y Coffe Mate (CM) cuyos valores están entre 60-70 mg quercetina/100 mL. Várady et al. (2022) realizaron un estudio con café fermentado preparado, utilizando diferentes métodos de filtración, en las muestras de café que contenían el mayor porcentaje de sólidos totales (1.84%), observaron una mayor concentración de flavonoides

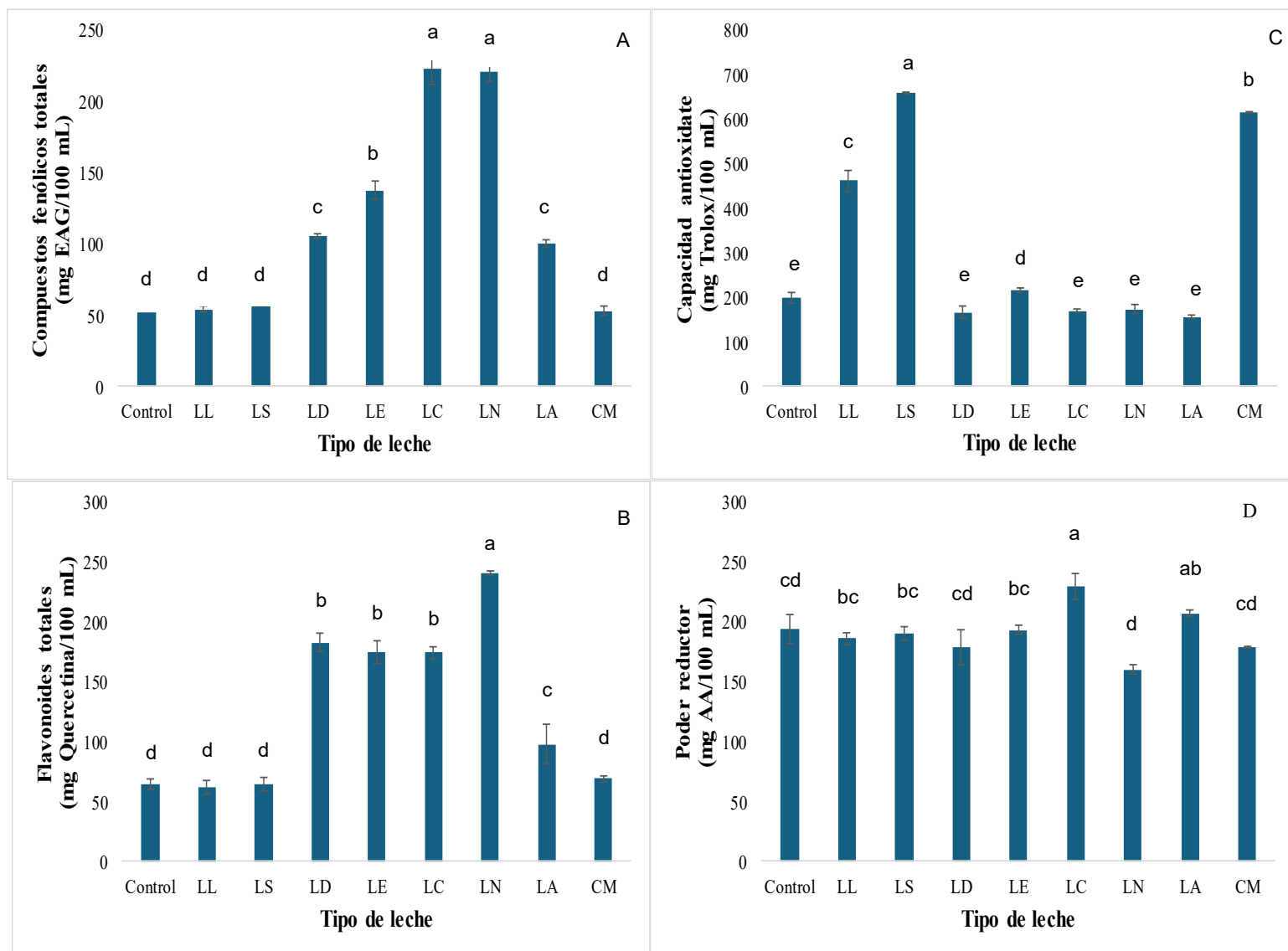
(0.73  $\mu\text{g}$  quercetina/mg). En la Tabla 8, la correlación de Pearson indica una relación positiva entre los flavonoides y los sólidos totales ( $R^2 = 0.676$ ), carbohidratos ( $R^2 = 0.591$ ) y grasa ( $R^2 = 0.500$ ) presentes en la leche. La leche Nido (LN), al ser una leche en polvo, tiene una concentración más alta de sólidos totales, lo que podría facilitar una mayor interacción con los flavonoides del café.

Para la CA, presente en la Figura 9 (C), los resultados mostraron que las mezclas con leche semidescremada (LS) y con Coffe Mate (CM) presentaron la mayor CA, con valores de 660.04 y 615.32 mg Trolox/100 mL. Por el contrario, las mezclas con leche deslactosada (LD), leche Carnation (LC), leche Nido (LN) y leche de almendras (LA) mostraron la menor CA, con valores entre 155–174 mg Trolox/100 mL, siendo incluso menores que el valor registrado para el café control, que fue de 199.93 mg Trolox/100 mL. Al-Ghafari et al. (2017) realizaron un estudio donde evaluaron la actividad antioxidante del café en presencia de diferentes tipos de leche de vaca en diferentes concentraciones. Observaron que los tres tipos de leche que utilizaron aumentaron el contenido total de fenoles y flavonoides, así como la capacidad antioxidante, concluyeron que estos resultados podrían deberse a la presencia de diferentes compuestos en la leche que pueden actuar como antioxidantes, como la lactoferrina, el ácido ascórbico, los tocoferoles y los tocotrienoles. El hecho de que la mezcla con leche semidescremada presentara la mayor CA sugiere que, además del contenido moderado de grasa, otros compuestos presentes en la leche como tocoferoles o lactoferrina podrían estar contribuyendo al atrapamiento de radicales DPPH. Por otra parte, Richelle et al. (2001), evaluaron la actividad antioxidante en bebidas de té negro, cacao y café, posteriormente evaluaron el efecto de la leche, Richelle et al. (2001) observaron que la presencia de leche no alteró la capacidad antioxidante de estas bebidas. Este resultado puede deberse también al tipo de café que evaluaron y la manera de extracción de este, también a la cantidad y tipo de leche utilizada y la técnica que utilizaron para evaluar la capacidad antioxidante. Por otro lado, el Coffe Mate (CM) pese a ser un sustituto de leche, fue la segunda mezcla que presentó mayor CA. Esto puede deberse principalmente a la combinación de ingredientes que incluyen jarabe de glucosa, aceite vegetal hidrogenado, caseinatos, fosfatos, mono y

diglicéridos, y colorantes naturales como cúrcuma y extracto de annato. Uno de los ingredientes funcionales es la cúrcuma, ya que esta es rica en curcumina que es un polifenol con propiedades antioxidantes e inflamatorias (Hewlings y Kalman, 2017). Ak y Gülçin (2008) realizaron un estudio donde determinaron la actividad antioxidante de la curcumina utilizando ensayos antioxidantes como DPPH. Encontraron que la curcumina es un eficaz antioxidante con poder reductor, por lo que la cúrcuma es uno de los principales ingredientes que le atribuyen mayor capacidad antioxidante al Coffe Mate (CM). Además, la presencia de caseinatos también pudo potenciar esta propiedad. Estos resultados indican que la leche y/o sustitutos de leche pueden ejercer un efecto sobre la CA del café.

Los resultados indicaron que la mezcla con leche Carnation (LC) presentó el mayor PR, Figura 9 (D), con un valor de 229.62 mg AA/100 mL, seguida por la mezcla con leche de almendras (LA) (207.40 mg AA/100 mL). La mezcla que presentó menor PR fue la de leche Nido (LN) (160.85 mg AA/100 mL), mientras que el café control mostró un valor de 194.07 mg AA/100 mL. Las proteínas de la leche presentan capacidad antioxidante para eliminar las especies reactivas de oxígeno, la literatura señala que la caseína puede inhibir la autooxidación lipídica catalizada por la lipoxigenasa, de igual forma, las proteínas de suero tienen la capacidad de inhibir la oxidación de lípidos (Khan et al., 2019). El contenido de grasa en la leche también presentó un impacto en el poder reductor, debido al contenido de antioxidantes lipofílicos en vitaminas liposolubles (Stobiecka et al., 2022). La correlación de Pearson muestra una relación positiva entre el poder reductor y el contenido de grasa ( $R^2 = 0.732$ ) y proteína ( $R^2 = 0.537$ ) en las leches utilizadas. La leche Carnation (LC) presentó una mayor concentración de proteínas y de grasa, lo que le permitió tener un mayor PR en comparación con los demás tipos de leche. Por otro lado, la leche de almendras (LA), a pesar de tener un bajo contenido de grasa (0.9%) y proteína (0.4%), presentó un alto PR. Este resultado puede atribuirse a la presencia de compuestos bioactivos específicos en la leche de almendras (LA), polifenoles y tocoferoles. Grainger et al. (2024) realizaron un estudio donde analizaron 27 productos de bebidas vegetales, entre ellas la leche de almendra, donde presentó un promedio de polifenoles de 12.1 mg/taza. Lo Turco et al. (2023)

evaluaron diferentes bebidas vegetales del mercado italiano, observaron que la leche de almendras presenta un alto contenido de  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E) y polifenoles totales. El PR de la mezcla con la leche de almendras (LA), no depende directamente del contenido de grasa o proteína, sino de la presencia de antioxidantes como los polifenoles y tocoferoles.



**Figura 9.** Compuestos fenólicos totales (A), flavonoides totales (B), capacidad antioxidante (C) y poder reductor (D) de café Máxima a 80°C adicionado con leches. LL: leche light; LS: leche semidescremada; LD: leche deslactosada; LE: leche entera; LC: leche carnation; LN: leche nido; LA: leche de almendra; CM: coffee mate.

**Tabla 8.** Correlación de Pearson entre los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla de café, leche, sin azúcar y los ingredientes declarados en la etiqueta.

<b>Compuestos bioactivos</b>	<b>Sólidos totales (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Carbohidratos (%)</b>
CF	<b>0.628</b>	<b>0.752</b>	<b>0.595</b>	<b>0.725</b>
FT	<b>0.676</b>	<b>0.500</b>	0.452	<b>0.591</b>
CA	-0.174	-0.314	-0.139	-0.122
PR	-0.433	<b>0.732</b>	<b>0.537</b>	0.386

### 7.5 Preparación de mezclas con diferentes ingredientes

Se seleccionaron tres tipos de leche: leche entera (LE), leche deslactosada (LD) y leche Carnation (LC). A pesar de que la leche entera (LE) y leche deslactosada (LD) no fueron las que presentaron mayores concentraciones, son los tipos de leche más comunes en México, la leche deslactosada representa aproximadamente el 23 % del mercado de leches, mientras que la leche entera representa un 57 % del consumo total (Tejeda, 2014), además de ser las que presentaron mayores concentraciones de FT junto con la leche Carnation (LC), después de la leche Nido (LN). Por otro lado, se decidió la leche Carnation (LC) por su alta concentración de CF y PR, además de la adición de azúcar, ya que, a pesar de no tener un efecto significativo, es un endulzante muy utilizado a la hora de tomar café. Un informe basado en la Encuesta Nacional de Salud 2012 señala que entre las bebidas más consumidas en México se encuentran las bebidas azucaradas, incluyendo el café con azúcar (Stern et al., 2014), una encuesta de Statista realizada en diciembre de 2023, más de la mitad de los consumidores en EE. UU. endulzan su café con azúcar de mesa (Statista, 2025).

La Tabla 9 muestra los resultados de los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla café, leche, con azúcar y sin azúcar.

La Tabla 10 presenta la correlación de Pearson entre los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla de café, leche, azúcar y los ingredientes declarados en la etiqueta. En comparación con la Tabla 9 (sin azúcar), se observa un incremento en las correlaciones lo que indica que la presencia de azúcar puede potenciar ciertas interacciones entre la leche y los compuestos

bioactivos del café. Los CF mostraron una alta correlación con la grasa, carbohidratos, proteínas y sólidos totales, los FT también se correlacionaron positivamente, especialmente con la grasa y los sólidos totales, mientras que el PR mostró correlaciones muy altas con todos los componentes, en especial con la grasa y las proteínas. Sin embargo, la CA siguió sin tener una correlación positiva con ninguno de los ingredientes declarados en la etiqueta.

Comparando con los sistemas sin azúcar, en el sistema de café con leche deslactosada (LD) más azúcar, los CF aumentaron 21.1%, la CA 9.5% y el PR 14.5%, mientras que los FT disminuyeron 20.4%. En el sistema de café con leche entera (LE) más azúcar los CF aumentaron 6.6%, la CA 2.7% y el PR 38.7%, mientras que los FT disminuyeron 26.2%. Por lo tanto, en los sistemas de café con leche deslactosada (LD) y leche entera (LE), la cantidad de CF, CA y PR fue mayor al adicionar azúcar, mientras que la cantidad de FT fue mayor en los sistemas que no contenían azúcar. Para el sistema con leche Carnation (LC) ocurrió un efecto contrario, ya que al adicionar azúcar el contenido de CF disminuyó 15.5%, FT 36.9% y PR 16.2%, mientras que la CA aumentó 22.0%.

La adición de azúcar a las mezclas de café con leche disminuyó los FT en los tres sistemas, esto puede deberse a la glucosilación, es decir, el azúcar puede unirse a los flavonoides a través de sus grupos hidroxilo, lo que los vuelve una estructura más compleja y soluble en agua (Jakobek, 2015).

Por otro lado, se observó que la adición de azúcar aumentó la CA de los tres sistemas, lo cual se puede atribuir a la formación de melanoidinas como resultado de la reacción de Maillard entre azúcares reductores generados por la hidrólisis térmica de la sacarosa y los grupos amino de las proteínas lácteas. Estas melanoidinas poseen la capacidad para actuar como donadores de electrones o neutralizantes de radicales libres, lo que eleva las lecturas en ensayos como DPPH (Tamanna y Mahmood, 2015).

**Tabla 9.** Compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla café, leche y azúcar<sup>a</sup> a T 80 °C.

Compuestos bioactivos	Mezclas con azúcar			Mezclas sin azúcar		
	Café+LD	Café+LE	Café+LC	Café+LD	Café+LE	Café+LC
CF (mg EAG/100 mL)	128.40 ± 4.95	147.07 ± 6.59	188.84 ± 16.03	105.96 ± 1.25	137.96 ± 6.28	223.51 ± 11.00
FT (mg Quercetina/100 mL)	145.92 ± 28.50	128.91 ± 37.51	110.20 ± 12.10	183.33 ± 7.21	174.83 ± 9.62	174.83 ± 4.81
CA (mg Trolox/100 mL)	183.09 ± 48.68	222.74 ± 14.22	207.75 ± 7.29	167.08 ± 12.32	216.71 ± 3.65	170.18 ± 2.90
PR (mg AA/100 mL)	204.63 ± 56.91	268.52 ± 15.32	192.22 ± 26.36	178.70 ± 14.40	193.52 ± 3.93	229.63 ± 10.47

<sup>a</sup>Promedio ± desviación estándar. LD: leche deslactosada; LE: leche entera; LC: leche carnation. CF: Compuestos fenólicos totales; FT: flavonoides totales; CA: capacidad antioxidante; PR: poder reductor.

**Tabla 10.** Correlación de Pearson entre los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor de la mezcla de café, leche, azúcar y los ingredientes declarados en la etiqueta.

Compuestos bioactivos	Sólidos			
	Sólidos totales (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
CF	<b>0.841</b>	<b>0.970</b>	<b>0.792</b>	<b>0.808</b>
FT	<b>0.617</b>	<b>0.675</b>	<b>0.557</b>	<b>0.556</b>
CA	-0.107	-0.366	-0.037	-0.059
PR	<b>0.895</b>	<b>0.956</b>	<b>0.881</b>	<b>0.898</b>

## 8. CONCLUSIONES

- El café Máxima presentó una mayor concentración de flavonoides totales, respecto a la marca Nescafé Black clásico y Members Marck.
- La temperatura de preparación (25, 50 y 80 °C) no generó cambios significativos ( $p > 0.05$ ) sobre los compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor del café.
- La adición de azúcar y edulcorantes (stevia y sucralosa) no modificó de manera significativa ( $p > 0.05$ ) los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante ni el poder reductor del café. Sin embargo, el azúcar mostró mayor variabilidad en los flavonoides totales.
- La mezcla con leche Carnation (LC) presentó un incremento significativo en los compuestos fenólicos asociado a su alto contenido de grasa.
- La mayor capacidad antioxidante se observó en mezclas con leche semidescremada (LS) y Coffe Mate (CM), atribuible a la presencia de compuestos antioxidantes como lactoferrina, tocoferoles y curcumina.
- El poder reductor fue mayor en las mezclas con leche Carnation (LC), correlacionado con el contenido de grasa y proteínas, y leche de almendras (LA), por compuestos específicos como polifenoles y tocoferoles.
- La adición de azúcar disminuyó el contenido de flavonoides totales en las mezclas con leche, sin embargo, aumentó la capacidad antioxidante y poder reductor, lo cual se puede atribuir a la formación de melanoidinas que presentan propiedades antioxidantes.

## **9. RECOMENDACIONES**

- Evaluar otros compuestos bioactivos como la cafeína y ácido clorogénico.
- Evaluar durante simulación gástrica la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos del café al ser combinados con leche y azúcar.
- Realizar la caracterización de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y poder reductor del café con más tipos de leche como soya, de coco, o ingredientes como crema batida.

## 10. ANEXOS

### Anexo A. Componentes nutricionales del tipo de leche<sup>a</sup> y contenido de sólidos totales.

<b>Leche</b>	<b>Sólidos totales (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Carbohidratos (%)</b>
Control	1.01	0	0	0
LL	2.33	0.6	3.1	4.8
LS	2.44	1.6	3.1	4.8
LD	2.53	1.8	3.1	4.8
LE	2.56	3.3	3.1	4.8
LC	3.97	7.5	6	9.8
LN	14.07	1.61	2.22	6.05
LA	1.7	0.9	0.4	0.5
CM	4.04	0.69	0.04	1.73

<sup>a</sup>Valores obtenidos de las etiquetas de los alimentos por cada 100 mL. LL: leche light; LS: leche semidescremada; LD: leche deslactosada; LE: leche entera; LC: leche carnation; LN: leche nido; LA: leche de almendra; CM: coffee mate.

### Anexo B. Lote y fecha de caducidad de las muestras utilizadas.

<b>Producto</b>	<b>Marca</b>	<b>Lote</b>	<b>Fecha de caducidad</b>
<b>Café soluble</b>	Máxima Premium	MP240225L03	12 NOV 2026
<b>Leche entera</b>	Lala	10:22 C23 079 0008	10 MAY 2025
<b>Leche semidescremada</b>	Lala	22:30 D03 SSFTJRRP	21 MAY 2025
<b>Leche light</b>	Lala	20:56 C26 015 ETCI	13 MAY 2025
<b>Leche deslactosada</b>	Lala	12:24 F06 90953 JM	03 JUL 2025
<b>Leche Carnation</b>	Nestlé	02:03:10 B17- 60811E1	30 MAR 2026
<b>Leche Nido</b>	Nestlé	5066661402	31 MAR 2026
<b>Coffe mate</b>	Nestlé	CM250225N1	15 DIC 2026
<b>Leche de almendra</b>	Silk	L3 SLP 18:40	10 JUL 2025

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdeltarif, S. A., SirElkhatim, K. A., Hassan, A. B. (2018). Estimation of phenolic and flavonoid compounds and antioxidant activity of spent coffee and black tea (processing) waste for potential recovery and reuse in sudan. *Recycling*, 3(2), 27.

Abou-Donia, M. B., El-Masry, E. M., Abdel-Rahman, A. A., McLendon, R. E., Schiffman, S. S. (2008). Splenda alters gut microflora and increases intestinal p-glycoprotein and cytochrome p-450 in male rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 71(21), 1415-1429.

Ajmera, R. (2020). Heavy cream vs. half-and-half vs. coffee creamer: what's the difference? Disponible en: <https://www.healthline.com/nutrition/cream-vs-half-and-half-vs-coffee-creamer>. Consultado: 17 marzo 2025.

Ajmera, R. (2023). What is lactose-free milk? Disponible en: <https://www.healthline.com/nutrition/lactose-free-milk#nutrition>. Consultado: 17 marzo 2025.

Ak, T., Gülçin, I. (2008). Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Chemico-Biological Interactions*, 174(1), 27–37.

Al-Ghafari, A. B., Alharbi, R. H., Al-Jehani, M. M., Bujair, S. A., Al-Doghaiter, H. A., Omar, U. M. (2017). The effect of adding different concentrations of cows' milk on the antioxidant properties of coffee. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 14(1), 177-184.

Babbar, N., Oberoi, H. S., Sandhu, S. K. (2013). Therapeutic and nutraceutical potential of bioactive compounds extracted from fruit residues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(3), 319-337.

Banerjee, A. (2024). Terpenes in food and nutrition. Disponible en: <https://periodical.knowde.com/terpenes-in-food-and-nutrition/>. Consultado: 13 mayo 2025.

Bratskeir, K. (2021). What are refined sugars? natural vs. refined sugars. Disponible en: <https://www.livestrong.com/article/67126-refined-sugars/>. Consultado: 16 marzo 2025.

Brown, A. (2021). Sweeteners: How do they affect the flavour of your coffee? Disponible en: <https://perfectdailygrind.com/2021/10/sweeteners-how-do-they-affect-the-flavour-of-your-coffee/>. Consultado: 15 marzo 2025.

Butt, M. S., Sultan, M. T. (2011). Coffee and its consumption: Benefits and risks. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(4), 363–373.

Câmara, J. S., Albuquerque, B. R., Aguiar, J., Corrêa, R. C. G., Gonçalves, J. L., Granato, D., Pereira, J. A. M., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R. (2020). Food bioactive compounds and emerging techniques for their extraction: polyphenols as a case study. *Foods*, 10(1), 37.

Chueca, R. (2024). Café Arábica vs Robusta: una guía completa de comparación y contraste. Disponible en: <https://cafeselcriollo.com/articulos/arabica-vs-robusta/>. Consultado: 13 marzo 2025.

Cordoba, N., Pataquiva, L., Osorio, C., Moreno, F. L. M., Ruiz, R. Y. (2019). Effect of grinding, extraction time and type of coffee on the physicochemical and flavour characteristics of cold brew coffee. *Scientific Reports*, 9(1), 8440.

d'Areny, A. (2018). Cafeína y azúcar, ¿Contrarios o aliados? Disponible en: <https://forumdelcafe.com/cafeina-azucar-contrarios-o-aliados/>. Consultado: 16 marzo 2025.

Dias, M. C., Pinto, D. C. G. A., Silva, A. M. S. (2021). Plant flavonoids: chemical characteristics and biological activity. *Molecules*, 26(17), 5377.

Duffy, J. (2024). Healthiest sweetener for coffee. Disponible en: <https://goodgoodbrand.com/blogs/articles/healthiest-sweetener-for-coffee> Consultado 16 marzo 2025.

Elena, G.-C. M., Armenteros-Rodríguez, E., Carmen, del, García-Chaviano, J. A., Méndez-Martínez, J., Ramos-Castro, G., Elena, G.-C. M., Armenteros-Rodríguez,

E., Carmen, del, García-Chaviano, J. A., Méndez-Martínez, J., Ramos-Castro, G. (2022). Composición química de la miel de abeja y su relación con los beneficios a la salud. *Revista Médica Electrónica*, 44(1), 155–167.

Esquivel, P., Jiménez, V. M. (2011). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46(2), 488–495.

Farah, A., De Paula Lima, J. (2019). Consumption of chlorogenic acids through coffee and health implications. *Beverages*, 5(1), 11.

Gómez, D. (2024). Café arábica vs robusta: ¿Qué debes saber antes de tomar una taza? Disponible en: <https://micafeteraexpress.net/cafe-arabica-vs-robusta/>. Consultado: 13 marzo 2025.

Gorjanović, S., Komes, D., Laličić-Petronijević, J., Pastor, F. T., Belščak-Cvitanović, A., Veljović, M., Pezo, L., Sužnjević, D. Ž. (2017). Antioxidant efficiency of polyphenols from coffee and coffee substitutes-electrochemical versus spectrophotometric approach. *Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2324-2331.

Grainger, E. M., Jiang, K., Webb, M. Z., Kennedy, A. J., Chitchumroonchokchai, C., Riedl, K. M., Manubolu, M., Clinton, S. K. (2024). Bioactive (poly)phenol concentrations in plant-based milk alternatives in the us market. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(33), 18638-18648.

Harper, J. (2020). Coffee origins: A guide to Mexico. Disponible: <https://perfectdailygrind.com/2020/03/coffee-origins-a-guide-to-mexico/>. Consultado: 22 enero 2025.

Heinrich, M., Mah, J., Amirkia, V. (2021). Alkaloids used as medicines: structural phytochemistry meets biodiversity—an update and forward look. *Molecules*, 26(7), 1836.

Hewlings, S., Kalman, D. (2017). Curcumin: A review of its effects on human health. *Foods*, 6(10), 92.

Home, H. H. (2021). 16 types of milk: Dairy, nut, plant & more. Disponible en: <https://www.hollandandbarrett.com/the-health-hub/food-drink/drinks/nut-milks/guide-different-nut-milks-use/>. Consultado: 17 marzo 2025.

Inda-Díaz, E. A. (2024). Los cafetos, sus especies y variedades. Parte I: clasificación taxonómica. Disponible en: <https://elcafedemitierra.com/los-cafetos-sus-especies-y-variedades-parte-i-clasificacion-taxonmica.html>. Consultado: 25 enero de 2025.

Iriondo-DeHond, A., Casas, A. R., Del Castillo, M. D. (2021). Interest of coffee melanoidins as sustainable healthier food ingredients. *Frontiers in Nutrition*, 8.

Jakobek, L. (2015). Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Food Chemistry*, 175, 556–567.

Jeszka-Skowron, M., Zgoła-Grześkowiak, A., Grześkowiak, T. (2015). Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. *European Food Research and Technology*, 240(1), 19–31.

Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doulebeau, S., Bertrand, B., Kochko, A. de, Dussert, S. (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. *Food Chemistry*, 118(3), 693–701.

Kanniah, J. C. (2020). Café 100% Arábica: ¿Qué significa? Disponible en: <https://perfectdailygrind.com/es/2020/08/19/cafe-100-arabica-que-significa/>. Consultado: 13 marzo 2025.

Khan, I. T., Nadeem, M., Imran, M., Ullah, R., Ajmal, M., Jaspal, M. H. (2019). Antioxidant properties of milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in Health and Disease*, 18(41).

Komes, D., Bušić, A., Vojvodić, A., Belščak-Cvitanović, A., Hruškar, M. (2015). Antioxidative potential of different coffee substitute brews affected by milk addition. *European Food Research and Technology*, 241(1), 115-125.

Kruk, J., Aboul-Enein, B. H., Duchnik, E., Marchlewicz, M. (2022). Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. *The Journal of Physiological Sciences*, 72(1).

Kurek, J. (2019). Introductory chapter: alkaloids - their importance in nature and for human life. Disponible en: <https://doi.org/10.5772/intechopen.85400>. Consultado: 13 mayo 2025.

Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H., Chen, S. (2016). An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. *Molecules*, 21(10), 1374.

Lo Turco, V., Sgrò, B., Albergamo, A., Nava, V., Rando, R., Potortì, A. G., Di Bella, G. (2023). Assessment of the accuracy of nutrition label and chemical composition of plant-based milks available on the Italian market. *Foods*, 12(17), 3207.

Ludwig, I. A., Bravo, J., De Peña, M. P., Cid, C. (2013). Effect of sugar addition (torrefacto) during roasting process on antioxidant capacity and phenolics of coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 51(2), 553–559.

Machado, F., Coimbra, M. A., Castillo, M. D., Coreta-Gomes, F. (2023). Mechanisms of action of coffee bioactive compounds – a key to unveil the coffee paradox. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(28), 10164–10186.

Marceau, A. (2024). Coffee and antioxidants: everything you need to know. Disponible en: [https://www.healthline.com/nutrition/coffee-worlds-biggest-source-of-antioxidants?utm\\_source=chatgpt.com#benefits](https://www.healthline.com/nutrition/coffee-worlds-biggest-source-of-antioxidants?utm_source=chatgpt.com#benefits). Consultado: 13 mayo 2025.

Marcucci, C., Dias, R., Almeida, M., Benassi, M. (2017). Antioxidant activity of commercial soluble coffees. *Beverages*, 3(2), 27.

Masyita, A., Sari, R. M., Astuti, A. D., Yasir, B., Rumata, N. R., Emran, T. B., Nainu, F., Simal-Gandara, J. (2022). Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chemistry*, 13, 100217.

Mehta, B. M. (2015). Chemical composition of milk and milk products. *Handbook of Food Chemistry*, 511–553.

Mikstas, C. (2023). What to know about skim milk. Disponible en: <https://www.webmd.com/diet/what-to-know-about-skim-milk>. Consultado: 15 marzo 2025.

Mínguez, A. (2024). Xilitol: un edulcorante saludable. Disponible en: <https://www.am-odontologia.es/blog/xilitol-edulcorante-saludable/>. Consultado 13 mayo 2025.

Nahar, L., Xiao, J., Sarker, S. D. (2021). Introduction of phytonutrients. *Handbook of Dietary Phytochemicals*, 1–17.

Nakilcioğlu-Taş, E. (2018). The effects of sugar addition and degree of roast on the bioactive compounds and antioxidant activity of Turkish-style coffee brews. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 52(3), 456–466.

Niseteo, T., Komes, D., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., Budeč, M. (2012). Bioactive composition and antioxidant potential of different commonly consumed coffee brews affected by their preparation technique and milk addition. *Food Chemistry*, 134(4), 1870–1877.

Nuhu, A. A. (2014). Bioactive micronutrients in coffee: recent analytical approaches for characterization and quantification. *ISRN Nutrition*, 1-13.

Otemuyiwa, I. O., Williams, M. F., Adewusi, S. A. (2017). Antioxidant activity of health tea infusions and effect of sugar and milk on in-vitro availability of phenolics in tea, coffee and cocoa drinks. *Nutrition & Food Science*, 47(4), 458-468.

Pai, S., Hebbar, A., Selvaraj, S. (2022). A critical look at challenges and future scopes of bioactive compounds and their incorporations in the food, energy, and pharmaceutical sector. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 35518-35541.

Panoff, L. (2021). Stevia vs. splenda: what's the difference? Disponible en: <https://www.healthline.com/nutrition/stevia-vs-splenda>. Consultado: 15 marzo 2025.

Pérez-Ambrocio, A., Guerrero-Beltrán, J., Aparicio-Fernández, X., Ávila-Sosa, R., Hernández-Carranza, P., Cid-Pérez, S., Ochoa-Velasco, C. (2017). Effect of blue and ultraviolet-C light irradiation on bioactive compounds and antioxidant capacity of habanero pepper (*Capsicum chinense*) during refrigeration storage. *Postharvest Biology and Technology*, 135, 19-26.

Pericet-Carballido, M. (2023). Clasificación de los aditivos alimentarios. Toxicidad y dosis. Disponible en: <https://revistahigienistas.com/clasificacion-de-los-aditivos-alimentarios-toxicidad-y-dosis/>. Consultado: 15 marzo 2025.

Perveen, S. (2018). Introductory chapter: Terpenes and terpenoids. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/62573>. Consultado: 22 enero 2025.

Pochteca. (2023). Acesulfame K, beneficios y propiedades de este edulcorante. Disponible en: <https://chile.pochteca.net/acesulfame-k-beneficios-y-propiedades/>. Consultado: 13 mayo 2025.

Rashidinejad, A., Tarhan, O., Rezaei, A., Capanoglu, E., Boostani, S., Khoshnoudi-Nia, S., Samborska, K., Garavand, F., Shaddel, R., Akbari-Alavijeh, S., Jafari, S. M. (2021). Addition of milk to coffee beverages; the effect on functional, nutritional, and sensorial properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(22), 6132–6152.

Richelle, M., Tavazzi, I., Offord, E. (2001). Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa, and tea) prepared per cup serving. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3438-3442.

Rodríguez-Campos, S.V., Hernández-Carranza, P., Avila-Sosa, R., Ruiz-López, I.I., Ochoa-Velasco, C.E. (2020). Effect of natural extracts addition on antioxidant, color and sensory properties of avocado (*Persea americana cv. criollo sp.*) puree. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5), 2623-2634.

Salar, F. J., Agulló, V., Domínguez-Perles, R., García-Viguera, C. (2022). Influence of sweeteners (sucrose, sucralose, and stevia) on bioactive compounds in a model system study for citrus–maqui beverages. *Foods*, 11(15), 2266.

Sanchez, J. (2017). Methylxanthine content in commonly consumed foods in Spain and determination of its intake during consumption. *Foods*, 6(12), 109–109.

Santos-Buelga, C., González-Paramás, A. M., González-Manzano, S. (2023). Phenolic acids and derivatives: description, sources, properties, and applications. *Natural Secondary Metabolites*, 37–72.

Sharma, L., Yadav, A. (2022). Role of functional foods in human health and disease prevention. *Bioactive Components*, 225–243.

Shil, A., Faria, L. M. L., Walker, C. A., Chichger, H. (2024). The artificial sweetener neotame negatively regulates the intestinal epithelium directly through T1R3-signaling and indirectly through pathogenic changes to model gut bacteria. *Frontiers in Nutrition*, 11.

Silva, J. A., Borges, N., Santos, A., Alves, A. (2012). Method validation for cafestol and kahweol quantification in coffee brews by HPLC-DAD. *Food Analytical Methods*, 5(6), 1404–1410.

Soto, B. E. (2023). Aspartamo: ¿Qué es y qué alimentos lo llevan? Disponible en: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-debes-saber-sobre-aspartamo\\_20349](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-debes-saber-sobre-aspartamo_20349). Consultado: 13 mayo de 2025.

Stanek, N., Zarębska, M., Biłos, Ł., Barabosz, K., Nowakowska-Bogdan, E., Semeniuk, I., Błaszkiwicz, J., Kulesza, R., Matejuk, R., Szkutnik, K. (2021). Influence of coffee brewing methods on the chromatographic and spectroscopic profiles, antioxidant and sensory properties. *Scientific Reports*, 11(1), 21377.

Statista. (2025). Coffee sweeteners used by consumers in the U.S. 2023, by type. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/1327797/coffee-sweeteners-used-by-us-consumers/>. Consultado: 16 junio 2025.

Stern, D., Piernas, C., Barquera, S., Rivera, J. A., Popkin, B. M. (2014). Caloric beverages were major sources of energy among children and adults in Mexico, 1999–2012. *The Journal of Nutrition*, 144(6), 949–956.

Stobiecka, M., Król, J., Brodziak, A. (2022). Antioxidant activity of milk and dairy products. *Animals*, 12(3), 245.

Tagliazucchi, D., Helal, A., Verzelloni, E., Conte, A. (2012). The type and concentration of milk increase the in vitro bioaccessibility of coffee chlorogenic acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(44), 11056-11064.

Tamanna, N., Mahmood, N. (2015). Food processing and maillard reaction products: effect on human health and nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015, 1-6.

Tejeda, I. (2014). Consumo de leche deslactosada, todo un 'hit'. Disponible en: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/consumo-de-leche-deslactosada-todo-un-hit/>. Consultado: 16 junio 2025.

Várady, M., Tauchen, J., Klouček, P., Popelka, P. (2022). Effects of total dissolved solids, extraction yield, grinding, and method of preparation on antioxidant activity in fermented specialty coffee. *Fermentation*, 8(8), 375.

Vidal, E. C. (2022). ¿Qué son los flavonoides? Disponible en: <https://www.growbarato.net/blog/que-son-los-flavonoides/>. Consultado: 10 mayo 2025.

Villalobos, R. A. (2025). Chlorogenic acids present in coffee: antioxidant and antimicrobial capacity. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/32974/37014#figures>. Consultado: 10 mayo 2025.

Wuerges, K. L., Dias, R. C. E., Viegas, M. C., De Toledo Benassi, M. (2019). Kahweol and cafestol in coffee brews: comparison of preparation methods. *Ciência Agronômica/Revista Ciência Agronômica*, 51(1).

Yoshinari, O., Igarashi, K. (2010). Anti-diabetic effect of trigonelline and nicotinic acid, on kk-ay mice. *Current Medicinal Chemistry*, 17(20), 2196-2202.