



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
E.A.P. DE BIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA



TESIS

Optimización de la formulación de una bebida energizante y antioxidante a base de suero de leche de *Bos taurus* (bovino), *Coffea arabica* (café) Var Catimor, y *Zea mayz* (maíz morado) Var. INIA 601 evaluando sus propiedades funcionales

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO

PRESENTADO POR:

Bach. JHAQUI EVELIN SALAS PASTOR

ASESOR

Dr. Nilton Deza Arroyo

CO-ASESOR

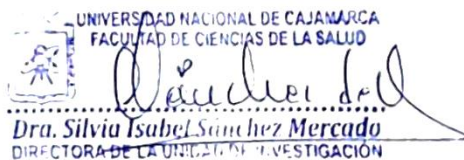
Mg. Yoner Alito Salas Pastor

CAJAMARCA – PERÚ 2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Salas Pastor Jhaqui Evelin
DNI N.º 75805203
Escuela Profesional: **Biología y Biotecnología**
2. Asesor: **Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo**
Facultad: **Ciencias de la Salud**
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ **Título profesional** ☐ Segunda especialidad ☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ **Tesis** ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: **"Optimización de la formulación de una bebida energizante y antioxidante a base de suero de leche de *Bos taurus* (bovino), *Coffea arabica* (café) Var Catimor, y *Zea mays* (maíz morado) Var. INIA 601 evaluando sus propiedades funcionales"**
6. Fecha de evaluación: 02/03/2026
7. Software antiplagio: ☒ **TURNITIN** ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 12%
9. Código Documento: oid::: 3117:562671204
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 03 /03/2026



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Silvia Isabel Sánchez Mercado
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DNI 26613805

En caso se realizó la evaluación hasta noviembre de 2023

Copyright©

Jhaqui Evelin Salas Pastor

Todos los derechos reservados

FICHA CATALOGRÁFICA

Salas Pastor, J. 2026. **“Optimización de la formulación de una bebida energizante y antioxidante a base de suero de leche de *Bos taurus* (bovino), *Coffea arabica* (café) Var Catimor, y *Zea mays* (maíz morado) Var. INIA 601 evaluando sus propiedades funcionales”** / Jhaqui Evelin Salas Pastor.

Escuela Académico Profesional de Biología y Biotecnología

Asesor: Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo

Disertación Académica para optar el Título Profesional de Biólogo Biotecnólogo

UNC - 2026

**OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE UNA BEBIDA ENERGIZANTE Y
ANTIOXIDANTE A BASE DE SUERO DE LECHE DE *Bos taurus* (BOVINO),
Coffea arabica (CAFÉ) VAR CATIMOR, Y *Zea mays* (MAÍZ MORADO) VAR. INIA
601 EVALUANDO SUS PROPIEDADES FUNCIONALES**

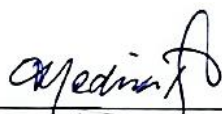
AUTOR: Bach. Jhaqui Evelin Salas Pastor

ASESOR: Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo

CO-ASESOR: Mg. Yoner Alito Salas Pastor

Tesis evaluada y aprobada para la Obtención de Título Profesional de Biólogo Biotecnólogo de la Universidad Nacional de Cajamarca, por los siguientes jurados:

JURADO EVALUADOR



PRESIDENTE (A)

Dra. Carmen Eddy Medina Rodríguez



SECRETARIO

Dr. Luis Gilberto García Izquierdo



VOCAL

MCs. William Edgardo Soriano Castillo

Cajamarca, 2026 - Perú



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

Facultad de Ciencias de la Salud

Av. Atahualpa 1050

Teléfono/ Fax 36-5845



MODALIDAD "A"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO

En Cajamarca, siendo las 3.00 p.m. del 27 de febrero del 2026, los integrantes del Jurado Evaluador para la revisión y sustentación de la tesis, designados en Consejo de Facultad a propuesta del Departamento Académico, reunidos en el ambiente 11-304 de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Cajamarca, dan inicio a la sustentación de tesis denominada:

"Optimización de la formulación de una bebida energizante y antioxidante a base de suero de leche de Bos Taurus (Bovino), Coffea arabica (café) Var. Catimor, y Zea mays (maíz morado) Var. INIA 601"

del (a) Bachiller en Ciencias Biológicas: evaluando sus propiedades funcionales.

Shagui Evelyn Salas Pastor

Siendo las 3.40 p.m. del mismo día, se da por finalizado el proceso de evaluación, el Jurado Evaluador da su veredicto en los siguientes términos: excelente, con el calificativo de: 19, con lo cual el (la) Bachiller en Ciencias Biológicas se encuentra apta para la obtención del Título Profesional de: **BIÓLOGO BIOTECNÓLOGO.**

Miembros Jurado Evaluador Nombres y Apellidos		Firma
Presidente:	<u>Carmen Eddy Medina Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>
Secretario(a):	<u>Luis Gilberto Garza Izquierdo</u>	<u>[Firma]</u>
Vocal:	<u>William Edgardo Soriano Castillo</u>	<u>[Firma]</u>
Accesitaria:		
Asesor (a):	<u>Nilton Piza Arroyo</u>	<u>[Firma]</u>
Asesor (a):		

Términos de Calificación:

EXCELENTE (19-20)

MUY BUENO (17-18)

BUENO (14-16)

REGULAR (12-13)

REGULAR BAJO (11)

DESAPROBADO (10 a menos)

DEDICATORIA

A Dios

Por guiarme y cuidarme siempre,
por ser mi fortaleza y apoyo
en cada paso de este camino.

A Mis Padres

Por su paciencia, apoyo y
cariño incondicional.

Por estar siempre
conmigo y motivarme
a seguir adelante

A Mis Hermanos

Por siempre apoyarme y
guiarme cada día.

AGRADECIMIENTO

Dr. Deza Arroyo, Nilton y Mg. Salas Pastor, Yoner Alito

Por su tiempo, enseñanza, y guía durante la elaboración de este trabajo.

Al Laboratorio de Análisis de Alimentos y Control de Calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional de Cajamarca, por permitirme utilizar los equipos y el ambiente para ejecutar este trabajo

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
GLOSARIO	xiii
TÍTULO	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. Bebidas energizantes	6
2.2.2. Bebidas Antioxidantes.....	13
2.2.3. Leche.....	15
2.2.4. Maíz morado	19
2.2.5. Café.....	23
2.2.6. Bebida energizante natural.....	25
2.2.7. Optimización de procesos y formulaciones	26
CAPÍTULO III.....	29
DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	29
3.1. Nivel de investigación.....	29
3.2. Tipo y diseño de estudio.....	29
3.2.1. Tipo de investigación.....	29

3.2.2.	Diseño de investigación	29
3.3.	Material biológico.....	29
3.4.	Procedimientos	29
3.4.1.	Proceso de obtención del suero de leche (Campos 2019)	29
3.4.2.	Proceso de la elaboración del extracto de maíz morado (corontas de maíz) (Rondón 2014) y (Contreras & Guzman 2024).....	31
3.4.3.	Descripción del proceso de obtención de la esencia de café (Salca 2022).....	32
4.7.4.	Descripción del proceso de elaboración del jarabe simple (Paima 2017).....	32
4.7.5.	Descripción del proceso de elaboración del jarabe terminado, bebida (Rodríguez et al. 2020) y (Ardila & Cordero 2016).....	33
3.5.	Evaluación fisicoquímica	34
3.5.1.	Método Biuret: Cantidad de proteínas (Fernández & Galván 2020)	34
3.5.2.	Cuantificación de la Cafeína.....	35
3.5.3.	Cuantificación de antocianinas	36
3.5.4.	Determinación de la capacidad antioxidante	37
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos estadísticos	38
3.10.	Técnicas de procesamiento y análisis de los datos estadísticos.....	38
	CAPÍTULO IV	39
4.1.	RESULTADOS.....	39
4.1.1.	Proteínas.....	39
4.1.2.	Capacidad Antioxidante	40
4.1.4.	Cafeína.....	43
4.1.5.	Optimización múltiple.....	44
4.2.	DISCUSIÓN.....	46
	CAPÍTULO V.....	56

5.1. CONCLUSIONES.....	56
LISTA DE REFERENCIAS.....	57
APÉNDICES	70

LISTA DE ABREVIATURAS

DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
MSR	Método de Superficie de Respuesta
NADPH	Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato
FRAP	Poder Antioxidante Reductor Férrico
LDL-ox	Lipoproteína de baja densidad oxidada
HAT	Transferencia de átomos de hidrógeno
SEP – PT	Transferencia electrón – protón secuencial
TMC	Quelación de metales por transición
ROS	Especies Reactivas de Oxígeno

GLOSARIO

2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)

Molécula estable soluble en metanol que se caracteriza por su color violeta oscuro con un máximo de absorción a 515 nm; los antioxidantes u otras especies radicales que pueden reaccionar con este radical estable proporcionándole un electrón o un átomo de hidrógeno, reduciéndolo así a 2,2-difenil-1-hidrazina (DPPH-H) o una hidrazina análoga sustituida (DPPH-R) que se caracteriza por un color incoloro o amarillo pálido que se puede controlar fácilmente con un espectrofotómetro (Cos et al. 2000).

Quelación de metales por transición

Las antocianinas quelan metales de transición a través de la formación de complejos estables mediados por sus grupos hidroxilo libres, especialmente en los anillos B y C, evitando la formación de las especies reactivas de oxígeno (Castañeda 2010).

Optimización de la formulación de una bebida energizante y antioxidante a base de suero de leche de *Bos taurus* (bovino), *Coffea arabica* (café) Var Catimor, y *Zea mayz* (maíz morado) Var. INIA 601 evaluando sus propiedades funcionales

RESUMEN

En esta investigación se realizó la optimización de la formulación de una bebida energizante y antioxidante a base de lactosuero de *Bos taurus* (bovino), *Coffea arabica* (café) Variedad Catimor y *Zea mays* (maíz morado) Variedad INIA 601 evaluando sus propiedades funcionales. Se realizó 11 formulaciones obtenidas mediante el diseño simplex centroide; de las cuales se evaluaron sus propiedades funcionales como proteínas, cafeína, capacidad antioxidante y antocianinas. Para ello se empleó métodos de Biuret, espectrometría UV-VIS, DPPH y pH diferencial. Esta investigación identificó la formulación óptima predicha de la bebida energizante y antioxidante, la cual estuvo compuesta por 32.88% de extracto de maíz morado, 47.12% de esencia de café y 20.00% de lactosuero. Esta combinación maximizó simultáneamente las propiedades funcionales, alcanzando valores previstos de 33.228 mg/mL de proteínas, 64.267% de capacidad antioxidante, 0.288 mg/mL de antocianinas y 267.353 ppm de cafeína, con un valor de deseabilidad global de 0.59. Aunque la formulación experimental N° 4 (26.50% maíz morado, 53.50% café, 20.00% lactosuero) alcanzó 31.057 mg/mL proteínas, 56.865% capacidad antioxidante, 0.263 mg/mL antocianinas y 275.179 ppm cafeína (deseabilidad: 0.553389), el valor de deseabilidad fue menor a la predicha. Los análisis estadísticos validaron relaciones significativas entre proporciones e interacciones de componentes. La optimización múltiple permitió formular exitosamente la bebida con propiedades funcionales optimizadas, validando la composición predicha como óptima y alternativa innovadora a bebidas energizantes comerciales.

Palabras clave: Bebida energizante, Café, Lactosuero, Maíz morado INIA 601.

ABSTRACT

This research optimized the formulation of an energy and antioxidant beverage based on *Bos taurus* (bovine) whey, *Coffea arabica* (coffee) variety Catimor, and *Zea mays* (purple corn) variety INIA 601, evaluating its functional properties. Eleven formulations were developed using a centroid simplex design, and their functional properties, such as protein, caffeine, antioxidant capacity, and anthocyanins, were assessed using Biuret, UV-VIS spectrometry, DPPH, and differential pH methods. This research identified the predicted optimal formulation of the energy and antioxidant beverage, which consisted of 32.88% purple corn extract, 47.12% coffee essence, and 20.00% whey. This combination simultaneously maximized functional properties, achieving predicted values of 33.228 mg/mL of protein, 64.267 % antioxidant capacity, 0.288 mg/mL of anthocyanins, and 267.353 ppm of caffeine, with an overall desirability value of 0.596196 (greater than 0.59). Although experimental formulation No. 4 (26.50% purple corn, 53.50% coffee, 20.00% whey) reached 31.057 mg/mL of protein, 56.865% antioxidant capacity, 0.263 mg/mL of anthocyanins, and 275.179 ppm of caffeine (desirability: 0.553389), the desirability value was lower than predicted. Statistical analyses validated significant relationships between component proportions and interactions. Multiple optimization allowed for the successful formulation of the beverage with optimized functional properties, validating the predicted composition as optimal and an innovative alternative to commercial energy drinks.

Keywords: Coffe, Energy drink, INIA 601 purple corn, Whey

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las bebidas energizantes son productos que contienen ingredientes estimulantes principalmente cafeína, además de otros ingredientes como taurina, glucuronolactona, vitamina B, azúcar y ginseng, los cuales se encargan de proporcionar un impulso de energía a corto plazo y un mayor estado de alerta (Espinosa et al. 2025). Su consumo en los últimos años ha aumentado de forma significativa convirtiendo a estos productos en algo común de consumir, siendo los jóvenes los que realizan mayor ingesta de estas bebidas; a simple vista ofrecen efectos benéficos para el organismo, sin embargo, el consumo excesivo o continuo genera efectos secundarios los cuales son experimentados principalmente en el sistema cerebrovascular (47,7%), el sistema neuropsicológico (33%) y otros sistemas corporales 22%), presentándose como dolor de pecho, taquicardia, hipertensión, infarto de miocardio, disección aórtica y coronaria, miocardiopatía, arritmia cardíaca y paro cardíaco que conduce a muerte súbita (Vetter & Naim 2024).

Hoy en día se busca bebidas que no solo brinden energía, sino también que tengan otras propiedades, como actuar como antioxidantes, además que la energía brindada no ocasione los efectos secundarios que generan las bebidas convencionales, que contengan menor cantidad de azúcar, que contengan cafeína natural; así mismo, que sean elaboradas a base de ingredientes naturales con el objetivo de brindar energía de forma sostenida, ayuden a la concentración y reflejos musculares (Tsisios 2025).

El objetivo de la presente investigación fue la optimización de la formulación de una bebida energizante y antioxidante a base de la cafeína natural proveniente del café, asociada a la disminución del sueño, aumento del nivel de concentración, aumentos de energía (Erazo, Paredes & Ureta 2024); por otra parte, el suero de leche que generalmente

es eliminando a los efluentes contaminantes, se puede aprovechar introduciéndolo en la bebida energética gracias a que contiene proteínas de alto valor biológico las cuales pueden ser asimiladas por el organismo; así mismo, posee vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales para el organismo que ayudan a mantener la masa muscular y evitar el catabolismo (Gomez, Vera & Gamarra 2024); mientras que el maíz morado INIA 601, con su elevada cantidad de antioxidante ayuda a eliminar los radicales libres, contribuyendo a un mejor rendimiento celular generando mayor energía y vitalidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

(Pérez 2019), en su trabajo de investigación “Aprovechamiento del suero lácteo para la formulación de una bebida energética” ejecutado en Cuenca, Ecuador; realizó 8 formulaciones con diferentes concentraciones de cafeína, sacarosa y glucosa sólida. Realizó análisis fisicoquímicos y bromatológicos a cada formulación. Finalmente, evaluó la aceptabilidad de las bebidas formuladas mediante una prueba sensorial aplicada a 54 personas considerando diversos parámetros como acidez, sabor, color, aroma y textura; concluyendo que la tercera formulación tuvo la mayor aceptabilidad la cual estaba compuesta por 1000 mL de pulpa de mora por cada 10 L de lactosuero, 250 mg/L de cafeína, 4 gramos de sacarosa y glucosa por cada 100 mL de producto y 600 mg de acesulfame K por Kg de producto.

(Colominas, Rodríguez & Zumbado 2023), elaboraron en Cuba una bebida refrescante a base de suero lácteo, fructooligosacáridos y pulpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Realizaron 16 pruebas a diferentes concentraciones con la finalidad de evaluar la respuesta, aceptabilidad y estabilidad. Observaron que la bebida que cumplía con las variables medidas fue con 67,9% de lactosuero, 20% de pulpa de acerola, 12% de jarabe de FOS y 0,1% de goma guar presentando una estabilidad de la suspensión al menos hasta las 24 horas de elaborada.

(Carulla 2017), evaluó el efecto de una bebida energética enriquecida con suero de leche en la recuperación post-entrenamiento en deportistas ciclistas de lima 2015, realizando el procedimiento en dos fases ambas post-entrenamiento, en la primera fase administró a 6 ciclistas una bebida energética con azúcares, en la segunda fase luego de 7 días se les administró una bebida energética enriquecida con suero de leche; para la evaluación

obtuvo una muestra de sangre venosa de 10mL con la cual se midieron variables sanguíneas de ácido láctico y creatinfosfoquinasa (CPK), donde observaron que el promedio de CPK antes del entrenamiento fue de 112,71U/L y luego del consumo de la bebida enriquecida con lactosuero donde el promedio de CPK fue de 135,43 U/L, concluyendo que la administración de una bebida enriquecida con suero de leche acelera la recuperación post-entrenamiento en ciclistas deportistas comparada con una bebida energética con azúcares, comprobado mediante la diferencia significativa, $p < 0.01$, (IC 95%: 18,8 a 84,6), debido a que el lactosuero al contener lactosa brinda energía de forma rápida.

(Hernández 2021) en México, evaluó el efecto antioxidante de una bebida a base de maíz morado en un modelo in vivo, para ello eligió a 18 personas con un peso normal en un rango de edad de 25 – 28 años, de los cuales 8 fueron tomados como grupo control (bebida de maíz blanco) y 10 para la bebida en estudio (bebida de maíz morado) con $20.50 \pm 0.63\text{mg/ de equivalente de cianidina-glucósido/ L}$, donde cada grupo ingirió 450 mL de la bebida correspondiente; para evaluar la capacidad antioxidante la capacidad antioxidante en el plasma empleó el método de FRAP (poder antioxidante reductor férrico) cuantificando los biomarcadores F2-Isoprostano y LDL-ox (lipoproteína de baja densidad oxidada) en el plasma por un inmunoensayo ELISA; como resultados obtuvo que luego de 120 minutos del consumo de la bebida control disminuyó significativamente los niveles de capacidad antioxidante en el plasma ($p=0.044$), mientras que luego de 180 minutos de la ingesta de la bebida en estudio esta no presentó cambios significativos observando un pico máximo de capacidad antioxidante de $14.30 \pm 120.21 \mu\text{mol ET/L}$ con lo que demuestra que el consumo de una bebida a base de maíz morado mejora significativamente la capacidad antioxidante postprandial en plasma en sujetos sanos, sin presentar efecto en los marcadores LDL-ox y F2-isprostano.

(Contreras & Guzman 2024), evaluaron la cantidad de antocianinas y su capacidad antioxidante en concentrados, extractos y bebidas tradicionales preparadas con maíz morado (*Zea mays* L.), empleando corontas y granos de maíz morado, para evaluar la cantidad de antocianina utilizaron el método de pH diferencial y para medir la capacidad antioxidante emplearon el método de difenilpicrilhidracilo (DPPH); concluyendo que el extracto de corontas de maíz morado presentó mayor cantidad de antocianinas que el resto de preparados con 456.86 ± 91.04 mg/mL y por ende con una mayor capacidad antioxidante, la cual fue de 78.18 ± 30.86 de Inhibición.

(Pesantes, Paucar & Franco 2021), en su trabajo de investigación “Elaboración de una bebida de maíz morado con máxima retención de antocianinas” realizada en Callao, Perú; llevaron a cabo la extracción y cuantificación de antocianinas de la coronta del maíz morado, utilizando el extracto obtenido de maíz morado, determinando por triplicado el contenido de antocianinas en la bebida elaborada y en una bebida de maíz morado comercial comparando los valores promedios mediante la prueba t Student ($p = 0,05$), donde obtuvieron que la bebida elaborada presentó un contenido promedio antocianinas significativamente mayor ($p = 0,05$) que el de la bebida comercial, cuya diferencia se encuentra entre 2,79 y 4,72 mg/ml.

(Delgado et al. 2021), en su estudio caracterización del consumo de café en estudiantes de medicina, seleccionando 116 estudiantes mediante muestreo aleatorio simple, estudiaron diversas variables como sexo, consumo de café por semana, dosis diaria, horas de sueño, síntomas referidos y asociación al estudio, como resultado obtuvieron que el 72% consumen café, donde 57% pertenecen al sexo femenino, 50% consumen una vez al día, 6% de 4 a 5 veces al días, concluyendo que del total de estudiantes 29 presentaron síntomas como hiperactividad y mejora cognitiva, mientras que el resto no presentó

ningún síntoma tras la ingestión de café.

(Salca 2022); en su tesis “aceptabilidad general y cuantificación de cafeína de una bebida energizante con pulpa residual de café” realizada en Perú, realizó 3 formulaciones considerando para el análisis sensorial aspectos como el sabor, aspecto, color y olor, obteniendo que la formulación de mayor aceptación fue la número 1, la cual contenía 41.2 mg/100ml de muestra compuesta por infusión de pulpa de café 40%, azúcar 20% y agua 580mL, concluyó que su aceptabilidad fue en todos los atributos evaluados, además de brindar un buen aporte de cafeína también proporciona un efecto energizante significativo, mejorando la atención y el estado de alerta en los consumidores.

(Campos 2019) en Cajamarca, en la tesis “formulación y elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja (*Citrus sinensis*)”, realizó los siguientes tratamientos: lactosuero y jugo de naranja (40/60%, 50/50% y 60/40%) y concentración de azúcar (12, 14 y 16 grados Brix), con CMC (0.25%) de azúcar y sorbato de potasio (0.05%) a 40 °C. Concluyó que la mejor formulación con mayor preferencia fue la de 40% de lactosuero y 60% de jugo de naranja; así mismo indicó que la bebida contiene: 3.8g de proteína, 41.48g de carbohidratos, 150mg de vitamina C, 14 grados Brix, 4.14 de pH y una acidez de 0.57% (ácido láctico) (Campos 2019).

2.2.Bases teóricas

2.2.1. Bebidas energizantes

Son aquellas bebidas ricas en calorías elaboradas a base de múltiples sustancias que aumentan la energía, como cafeína, taurina, extractos de hierbas, vitaminas, minerales, ginseng y aminoácidos. Tienen como objetivo aumentar el rendimiento físico y cognitivo, debiéndose esos efectos especialmente a la cafeína y la taurina (Peker & Köse 2023).

2.2.1.1.Componentes

a. Cafeína

Corresponde a la principal sustancia de las bebidas energéticas, es un compuesto orgánico heterocíclico que está formado por una base purina llamada xantina, que corresponde a un anillo de pirimidina unido a un anillo de imidazol. Puede ser obtenida a partir de diversos frutos como café, nueces, té y cacao; pero también se puede sintetizar en laboratorio (cafeína artificial). Su contenido en la bebidas se encuentra en un rango de 30 y 40 mg por 100 ml; no obstante, algunas bebidas pueden contener entre 50 a 505 mg por lo que los consumidores superan los niveles de 3mg/kg/día al combinarse con otras fuentes dietética (Perdan & Marczinski 2017).

- **Mecanismo de acción**

Se une a los receptores A1 y A2a y A2b de la adenosina, neurotransmisor que actúa sobre los receptores vasculares locales generando la vasodilatación de los lechos vasculares; mientras que la cafeína actúa como antagonista bloqueando la unión de la adenosina a su receptor afectando de forma indirecta la liberación de neurotransmisores como la noradrenalina, la dopamina, la acetilcolina, la serotonina, el glutamato y el ácido gamma-aminobutírico (GABA), el aumento de estos se debe a la acumulación de la adenosina a nivel plasmático, generando alteraciones en el estado de ánimo, la memoria, el estado de alerta y la función cognitiva (Sekula et al. 2023), (Kaur et al. 2022) y (Fiani et al. 2021). Existen dos tipos de cafeína que se los puede encontrar en las bebidas:

- **Cafeína Natural**

La cafeína conocida químicamente como 1,3,7 trimetilxantina es un alcaloide psicoestimulante, de forma natural se encuentra presente en más de 100 géneros y especies vegetales siendo las especies del género *Coffea* las principales fuentes, también se lo puede encontrar en abundancia en *Camelia sinensis* , mate (*Ilex paraguariensis*) y

coca (*Erythroxylon coca*); además está presente en semillas de cacao (*Theobroma cacao*), guaraná (*Pauliniacupana*) y en nueces de cola (*Cola sp*); el aporte de cafeína se la obtiene a través de infusiones, masticación o mediante consumo directo en bebidas. (Depaula & Farah 2019)

- **Cafeína artificial**

Es producida a través de síntesis química empleando urea como materia prima, posteriormente se combina con otras sustancias químicas como cloruro de metilo y acetato de etilo (Bev Source 2024). Corresponde a una forma de cafeína muy concentrada y generalmente su producción es más económica que la natural; dentro de sus efectos secundarios podemos mencionar al aumento de la frecuencia cardíaca y presión arterial, cefaleas y migrañas, ansiedad y nerviosismo, insomnio y alteraciones del sueño e incluso deshidratación (Guru 2023).

- b. Taurina**

Aminoácido no esencial que contiene azufre, es el más abundante del medio intracelular presente en los seres humanos y corresponde a un componente normal de la dieta humana, interviene en la modulación del cuerpo humano, se encuentra en elevadas concentraciones en el cerebro, el corazón y el músculo esquelético, su consumo recomendado es de 40 a 400 mg; su principal efecto corresponde a la excitabilidad neuronal (Cadoni & Tiziana 2023); no obstante, al combinarse con los demás componentes de las bebidas energéticas ocasiona diversos efectos adversos para la salud (Higgins, Tuttle & Higgins 2010).

Tabla 1. Efectos secundarios de la taurina presente en las bebidas energéticas.

Arritmias malignas, trastornos gastrointestinales, vasculares y neurológicos (Piccioni et al. 2021).
Síntomas físicos: temblor, dolor en el pecho (Silva et al. 2022).
Facilita arritmias ventriculares (aumentando potencialmente el riesgo de muerte cardíaca súbita, se observa cuando ocurre una abreviatura de la repolarización cardíaca y se generan períodos refractarios efectivos que pueden aumentar la vulnerabilidad ventricular al facilitar la reentrada; provocando episodios de arritmia luego de una estimulación en ráfaga que posiblemente favorece una sobrecarga de calcio y la posible liberación de calcio inducida por sobrecarga de depósito de calcio arrítmica posterior) (Ellermann et al. 2022)

c. Azúcares

Las bebidas energéticas contienen alrededor de 24 a 34 gramos de azúcar por cada 230 mL, pudiendo encontrarse como jarabe de maíz con elevado contenido de fructosa, sacarosa o glucosa; la acción de la sacarosa es realizada al ejercer un estímulo en el sistema nervioso simpático generando un incremento en la liberación de renina, retención renal de sodio y la resistencia vascular conllevando a elevar la presión arterial; por otra parte, la glucosa aumenta el gasto cardíaco a través del aumento de la actividad simpática y vasodilatación relacionada con la liberación de insulina mediada por glucosa (Kaur et al. 2022).

d. Glucuronolactona

Las bebidas energéticas contienen de 2000 a 2400 mg/L (European Commission 2003). Es producida por el organismo humano y forma parte de diversos procesos metabólicos

originados en el hígado; el ácido glucurónico, el precursor de la glucuronolactona cumple un rol muy importante en la desintoxicación y el metabolismo a través de la conjugación en el hígado de múltiples sustancias que son eliminadas mediante la orina; además, neutraliza los elementos nocivos producidos por el organismo en estrés, cansancio mental y/o físico (Martínez 2015).

e. Otros componentes

Algunas bebidas pueden contener ginseng, guaraná (semillas similares a las del café, pero contienen más del doble de cafeína), vitaminas del grupo B como: B3, B5, B6 y B12, cuya función consiste en el metabolismo de los carbohidratos, las proteínas y reducir el cansancio y la fatiga (Sánchez 2023).

2.2.1.2. Epidemiología problema de salud pública

En Perú la ingesta de bebidas energéticas ha ido incrementando 653.3% en volumen y 305.3% en ventas según Euromonitor Internacional; en los últimos años la industria de estas bebidas ha presentado un mayor crecimiento, las ventas aumentaron en un 14.5% durante los años 2021 y 2022, años post pandemia que constituyeron el regreso a su estilo de vida habitual, ejecutando el trabajo presencial y actividad física, considerando la publicidad y los medios de comunicación los factores que llevan a su consumo; además, de la necesidad de sentirse despiertos y con energía (Cáceres & Huayta 2024; Reyes, Rodríguez & Oyola 2024).

La epidemiología de las bebidas energéticas es un tema de interés que va en aumento especialmente en la población joven; de acuerdo a un estudio realizado en estudiantes de medicina el 83,9% de los participantes habían probado alguna vez estas bebidas y el 32,6% consumían al menos una lata al mes, la ingesta se debe a diversos factores como: motivación, es decir, permanecer despierto y estudiar; sexo, el género masculino es más propenso al consumo de las bebidas energéticas; edad, se encuentra en el rango de 12 a

18 años; además el consumo de tabaco es uno de los factores que lleva al consumo de estas bebidas (Pintor et al. 2020).

Otro estudio realizado en 300 estudiantes de medicina, nos indica que el consumo de bebidas energéticas es de 35 % donde el 27.23% representa la cantidad de estudiantes cuyo consumo es cada día, mientras que el 7.78 % pertenece a los que consumen una vez a la semana; en este caso los factores asociados a la ingesta de las bebidas energéticas son el bajo rendimiento académico y también la procedencia del tipo de educación secundaria donde se observa que los estudiantes que provienen de un colegio parroquial tienen un 49% menos de probabilidad del consumo de bebidas energéticas (Cáceres & Huayta 2024).

2.2.1.3.Fisiología

La cafeína (70 – 200 mg por lata de 500 mL) y la taurina constituyen los principales ingredientes estimulantes de las bebidas energéticas; la cafeína realiza su acción mediante su unión directa al receptor de adenosina/proteína G en la superficie de la célula cardíaca ejerciendo un estímulo indirecto en el sistema simpático, teniendo como efecto final un aumento de noradrenalina y adrenalina circulantes; además de generar efectos inotrópicos y cronotrópicos positivos en el sistema cardiovascular; así mismo, la taurina al combinarse con la cafeína está relacionada con el desencadenamiento de efectos metabólicos y neurológicos como dolor abdominal, diarrea, nerviosismo, irritabilidad y ansiedad (Piccioni et al. 2021)

2.2.1.4.Fisiopatología

La fisiopatología relacionada con el consumo de bebidas energéticas se orienta en el estudio y análisis de sus efectos sobre la salud, centrándose principalmente en el sistema cardiovascular y en la función metabólica.

Los efectos negativos de las bebidas energéticas en el sistema cardiovascular se deben a la combinación de sus diversos ingredientes los cuales poseen la capacidad de cambiar individual y mediante su combinación la fisiología del sistema cardiovascular; debido a sus efectos estimulante que presentan siendo los principales: la cafeína, la taurina, los azúcares y las vitaminas B (Kaur et al. 2022).

Tabla 2. Ingredientes de las bebidas energéticas y sus efectos fisiopatológicos, cardiovasculares y metabólicos (Martínez 2020) y (Alsunni 2015).

Ingredientes o compuestos	Efectos cardiovasculares y metabólicos
Cafeína	Aumento de la frecuencia cardiaca
Taurina	Aumento de la presión arterial Arritmias Aumento de la contractibilidad del corazón Gasto energético Irritabilidad Nerviosismo Ansiedad
Azúcares	Reflujo gastro-esofágico Náuseas Aumento de glucosa en sangre Resistencia a la insulina Obesidad Diabetes

2.2.1.5. Conservantes

- **Ácido benzoico**

Ácido carboxílico aromático, antiguamente era extraído de la resina de árboles pertenecientes al género *Styrax*, hoy en día es obtenido de forma sintética en el laboratorio mediante la oxidación de naftaleno de anhídrido Ftálico con óxido de vanadio y a través hidrólisis de clorobenceno; se emplea en la industria alimentaria como un conservante, ya que ayuda a prevenir la contaminación de los productos alimenticios con microorganismos durante su fabricación, debido a que actúa sobre la pared generando la lisis celular y destrucción de estos (Ojeda 2022).

- **Ácido cítrico**

Aditivo más común usado en la actualidad, el 70 % se utiliza en alimentos y bebidas (aromatizante, conservante, acidulante y controlador de pH, evita la oxidación, potencia el sabor y mejora la absorción de calcio); mientras que el 20 % es empleado en la industria farmacéutica y cosmética; el 10 % va destinado a detergentes de limpieza y suavizantes (Sweis & Cressey 2018).

- **Ácido fosfórico**

Es empleado en la elaboración de bebidas no alcohólicas, actúa como aditivo alimentario y es reconocido con el número E338, la función principal en las bebidas energéticas es modificar el pH, especialmente regular el grado de acidez con la finalidad de obtener su sabor característico (Dziezak 2015).

2.2.2. Bebidas Antioxidantes

Las bebidas antioxidantes se consideran beneficiosas para la salud debido a las propiedades protectoras de sus compuestos bioactivos, que neutralizan radicales libres y previenen el daño oxidativo celular (González et al. 2025).

La capacidad antioxidante es brindada por los diferentes compuestos que poseen los productos utilizados, existen antioxidantes de origen animal y vegetal como se muestran en la siguiente tabla (Abeyrathne et al. 2022):

Tabla 3. Compuestos antioxidantes y su mecanismo de acción.

Origen	Compuestos	Mecanismo de acción
Vegetal	Polifenoles	Neutralizan especies reactivas de
	Flavonoides	oxígeno/nitrógeno (ROS/RON) y activan cascadas
	Antocianinas	de señalización celular. Inhiben reacciones en
	Carotenoides	cadena mediante transferencia de hidrógeno
	Vitaminas	(HAT), transferencia electrón-protón secuencial (SET-PT) o quelación de metales de transición (TMC).
Animal	β -lactoglobulina	Actúan sobre los promotores de la oxidación
	caseína	lipídica, como Fe_2^+ , Cu_2^+ , H_2O_2 , peróxidos
	hidrolizada	lipídicos y aldehídos; siendo aplicados en la industria alimentaria para prevenir o retrasar la oxidación lipídica del ciclo alimentario.

Los antioxidantes también corresponden a moléculas pequeñas que fueron sintetizadas, los cuales son empleados como aditivos en diferentes industrias, siendo una de ellas la alimentaria con la finalidad de retrasar la oxidación de nutrientes; son compuestos de bajo peso molecular formados por diferentes estructuras químicas, algunos de ellos son los galatos, la etoxiquina, etc (Stoia & Oancea 2022).

2.2.3. Leche

La leche es un producto del ordeño higiénico realizado en una o varias hembras del ganado lechero con una alimentación de calidad y conservando un estado de salud bueno, debe ser libre de calostro y es sometida a diversos tratamientos o procesos que aseguren su inocuidad (Rodiles, Trujillo & Zamora 2022) ya sea para el consumo humano o para su transformación en diversos productos.

Durante el año 2023 la producción lechera en nuestro país logró alcanzar 2.2. millones de toneladas; la producción lechera es realizada en las 24 regiones abarcando costa, sierra y selva; calificando Cajamarca en primer lugar como una de las 5 regiones con mayor producción de leche con 17.9 % (León 2024); el crecimiento es constante, se estima un incremento del 2% cada año (Gobierno regional de Cajamarca 2023).

2.2.3.1. Características nutrimentales de la leche de vaca

La leche de vaca se caracteriza por ser es una fuente de proteína de alto valor biológico, debido a su contenido de aminoácidos indispensables y la digestibilidad de los mismos. La parte proteínica abarca el 20 % de las proteínas que contiene el lactosuero, mientras que el 80% corresponde a las caseínas. Así mismo, este alimento tiene la capacidad de realizar diversas acciones biológicas como: mejora de la absorción de otros nutrientes, acciones antibacterianas, antitrombóticas, e inmunomoduladores; además contiene grasas saturadas (70%) e insaturadas (30%). A la vez, es rica en diversos minerales (calcio, fósforo, magnesio, zinc y selenio) y vitaminas tanto liposolubles e hidrosolubles (A, D, E, C y B) (Uscanga et al. 2019).

2.2.3.2. Lactosuero

Corresponde al subproducto lácteo obtenido a partir de la separación del coágulo de la leche, de la crema o también de la leche semidescremada durante el proceso de fabricación del queso a través de la acción ácida o mediante enzimas del tipo de cuajo

(renina, enzima digestiva de los rumiantes) que se encargan de romper el sistema coloidal de la leche en dos partes; sólida (compuesta principalmente por proteínas insolubles y lípidos) y líquida (consiste en el lactosuero, en su interior están suspendidos los componentes nutricionales que no integrados a la coagulación de la caseína); se caracteriza por tener un pH de 5. Un aproximado de 90% de toda la leche empleada en la fabricación de queso es descartada como suero de leche, la eliminación sin control y el poco aprovechamiento ocasiona contaminación al ambiente especialmente a las fuentes hídricas (Zambrano et al. 2021); debido a que la producción mundial es muy elevada, siendo aproximadamente de $180 \text{ a } 190 \times 10^6$ toneladas por año (Torres & Romero 2020).

- **Tipos de suero de leche (Chacón et al. 2017)**

- a. Suero dulce**

Se origina cuando la fracción de caseína de la leche es separada por medio de la acción enzimática del resto de las proteínas lácteas a un pH de 6.5, presenta una acidez de 0.10 - 0.20 %.

- **Suero ácido**

Es obtenido luego de la coagulación ácida de las caseínas a un pH menor a 5, su acidez es de 0.40- 0.60%.

- b. Composición general**

El lactosuero contiene un 55 % de los nutrientes originales de la leche, de estos, 96% corresponden a lactosa (46 g/L a 52 g/L), 25 % a proteínas (6 g/L a 10 g/L) y 8 % a materia grasa (5 g/L). También posee minerales como calcio (0.6 g/L), fósforo (0.7 g/L), magnesio (0.17 g/L), sodio (0.3 g/L) y potasio (1 g/L)(Williams M & Dueñas A 2021), su contenido de grasa es bajo (3 g/L a 5 g/L) y acidez (máximo 2 g/L de ácido láctico) (Mazorra & Moreno 2019).

c. Proteína

Corresponde a las proteínas heterogéneas, las cuales representa aproximadamente el 20% del total de la proteína láctea; es rico en aminoácidos esenciales como: metionina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, lisina, histidina, triptófano, y treonina; las proteínas presentes en el suero de leche se muestran en la siguiente tabla (Aponte et al. 2023):

Tabla 4. Proteínas presentes en el lactosuero.

proteína	Contenido (%p/v)	Peso molecular (kDa)	Punto isoeléctrico (pI)
B-lactoglobulina	48	18.4 – 36.9	5.4 – 5.5
α- lactoalbúmina	19	14.2	4.2 – 4.5
Proteasas - peptonas	20	4.80	5.1 – 6.0
Albumina sérica	6	69	4.8
Inmunoglobulina	8	160	5.5 – 8.3
Lactoferrina	0.01	80	8.0 – 8.5

Tabla 5. Composición del lactosuero ácido y dulce (Asas et al. 2021).

Componente	Lactosuero ácido (g/L)	Lactosuero dulce (g/L)
Lactosa	44,0- 46,0	46,0- 52,0
Sólidos totales	63,0- 70,0	63,0- 70,0
Proteínas	6,0- 8,0	6,0- 10,0
Fosfatos	2,0- 4,5	1,0- 3,0
Calcio	1,2- 1,6	0,4- 0,6

Cloruros	1,1	1,1
Lactato	6,4	2,6
Grasas	1,0	0,2 – 0,5

- **Aprovechamiento del suero de leche**

Con el objetivo de disminuir el impacto ambiental producido por el lactosuero, existen diversas propuestas de gestión sostenible las cuales se orientan especialmente a aplicaciones biotecnológicas y alimentarias mediante el desarrollo de múltiples productos de valor agregado como suero en polvo, alimentos y bebidas funcionales, ácido láctico, bioetanol, bioplásticos, biogás, entre otros (Asas et al. 2021).

Tabla 6. Productos de valor agregado a partir de lactosuero (Zandona, Blažić & Režek Jambrak 2021).

Productos	Descripción
Polvos de suero	El proceso de fabricación de suero implica clarificación, separación de crema, pasteurización, concentración, cristalización de lactosa y secado. Este producto es valioso nutricionalmente y se usa como aditivo en alimentos, pero su producción es costosa y consume mucha energía.
Alimentos y bebidas funcionales	Los productos funcionales a base de suero, ricos en proteínas bioactivas, están en auge. Sin embargo, la producción de bebidas de suero enfrenta desafíos como el deterioro microbiano y la precipitación de proteínas por calor. Se investigan métodos no térmicos para mejorar la calidad.
Biogás	El hidrógeno, producido a partir de desechos orgánicos como el suero de queso, es una fuente de energía limpia y

eficiente. La investigación sobre su producción ha explorado la monodigestión y codigestión de suero con otros sustratos, logrando rendimientos de hasta 2,4 mol H₂ por mol de lactosa.

- **El suero de leche como energizante**

El lactosuero se ha convertido en un popular energizante debido a su composición nutricional y sus diversos beneficios para la salud; gracias a su contenido en lactosa, que corresponde a un carbohidrato simple y por lo tanto puede brindar energía rápida mediante su descomposición en glucosa y galactosa; además el lactosuero tiene la capacidad de promover la síntesis proteica y evitar el catabolismo muscular (Cribb 2005) y (Odell & Wallis 2021).

- **Beneficios**

La ingesta del lactosuero está asociada con múltiples beneficios para la salud como son: control del apetito y saciedad, recuperación del ejercicio físico y síntesis de proteínas del músculo esquelético; así mismo, las proteínas del que contiene tienen la capacidad de unirse a minerales como el zinc y el calcio, también al retinol, permitiendo el aumento de la absorción de estos nutrientes (Minj & Anand 2020). Debido a su contenido en vitaminas A, C, D y E, ayuda a fortalecer el sistema inmunitario, previniendo enfermedades como el resfriado, contribuyendo al desarrollo celular, a mantener la salud de la piel, dientes y huesos (Campos 2019).

2.2.4. Maíz morado

El maíz morado (*Zea mays* L.) corresponde a una gramínea anual perteneciente a la familia de las *Poaceae*. Se originó en Perú y es ampliamente distribuido en los diversos mercados de Asia, Estados Unidos y Europa. El color morado característico le otorga

principalmente la mazorca y el pericarpio debido a su contenido en antocianinas; es empleado de múltiples formas siendo las más comunes la preparación de bebidas y postres tradicionales (Guillén, Mori & Paucar 2014).

- **Maíz morado INIA 601**

Su origen fue el año 1990 en la Subestación Experimental Cajabamba. La población “NEGRO” se formó con 256 progenies, 108 de la variedad Morado de Caraz y 148 progenies de la variedad local Negro de Parubamba, posee grandes cantidades de genes que se encargan de regular adecuadamente su nivel de antocianina lo que lo convierte en la variedad con mayor propiedad antioxidante (Investigación Agraria 2020). El contenido de antocianinas se encuentra en la coronta (tusa) con 6.34% - 6.38% y la panca (brácteas) con 2.94% -3.03% siendo estas las partes con mayor contenido de este flavonoide (Vásquez et al. 2020).

d. Composición química

El maíz morado está compuesto químicamente por ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio y sodio, azufre y fósforo, y compuestos fenólicos como las antocianinas; además contiene cerca de 80% de almidón, 10% de azúcares que le aportan el sabor dulce, 11% de proteínas, y 2% de minerales y vitaminas (complejo B y ácido ascórbico) concentrados principalmente en el endospermo (Guillén et al. 2014).

e. Antocianinas

Las antocianinas son compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides y en su fórmula se encuentran dos anillos aromáticos unidos por una estructura de tres carbonos. En su forma natural esta estructura se encuentra esterificada a uno o dos azúcares, denominándose antocianinas simples; sin embargo, si además del azúcar en la molécula se encuentra un radical acilo, se denominan antocianinas de acrilato. El contenido de antocianinas varía entre especies, los maíces con bajo contenido de antocianinas son los

maíces amarillos y rosados; los que tienen niveles medios de antocianinas son los azules; y los maíces con mayores niveles son los de grano morado y negro. Se pueden encontrar en una proporción de 2.6 – 3.8 gramos por cada 100 gramos de peso seco, en la forma de cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido y peonidina-3-glucósido (Rabanal & Medina 2021).

- **Propiedades funcionales de las antocianinas**

Estudios demuestran que 456,86 mg/ml de antocianinas presentan capacidad antioxidante considerable (Contreras 2019), es decir, tienen el poder de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) y la capacidad de eliminar los radicales libres de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y ácido azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS). Así mismo, pueden reducir el riesgo de diversas enfermedades, como el caso de la diabetes tipo 2, ya que posee la capacidad de inactivar las enzimas digestivas de los hidratos de carbono; también se ha demostrado que las antocianinas pueden mejorar la secreción y reducir la resistencia a la insulina, disminuir la inflamación y el estrés oxidativo de los músculos (Kozłowska & Nitsch 2024). Además, contribuyen a disminuir enfermedades coronarias, poseen efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos, también mejoran la visión y el rendimiento cognitivo (Naigua 2023).

- **Mecanismo de acción**

Su efecto antioxidante lo ejercen mediante 2 mecanismos: mediante la transferencia de átomos de hidrógeno (HAT), donde el antioxidante se encarga de brindar un átomo de hidrógeno (protón y electrón) a un radical libre y lo transforma en un producto más estable, el antioxidante se convierte en un radical en sí mismo, se diferencia en que es mucho menos reactivo que el radical libre inicial dando como resultado la inhibición del proceso de oxidación; la transferencia de un solo electrón (SET), se da cuando el radical libre se estabiliza cuando el antioxidante acepta un electrón y la molécula antioxidante en

sí misma se convierte en un intermediario catiónico radical, por lo tanto, el radical antioxidante generado recientemente es más estable que el radical libre inicial; la actividad antioxidante de las antocianinas también está relacionada con la presencia de grupos sustituyentes en su estructura de tres anillos, por su parte, los grupos hidroxilo (-OH) sirven como donadores de hidrógeno en reacciones redox y los grupos metoxilo (-OCH₃) son donadores de electrones intramolecular (Garcia & Blesso 2021).

Tabla 7. Factores que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas (Enaru et al. 2021).

Factor	Descripción
pH	El pH influencia las antocianinas, se encuentran de color rojo representando la forma del catión flavilio lo que los convierte ser solubles en agua; a pH de 2-4 la especie azul quinoidal se presenta en abundancia; a pH de 5-6 se convierte en compuestos sin color: pseudobase carbinólica y una chalcona; mientras que a pH de 7 las antocianinas se degradan.
Temperatura	Puede experimentar cambios como glicosilación, ataque nucleofílico del agua, la ruptura y polimerización con la pérdida de este pigmento y posterior degradación; por lo tanto, en los procesos de pasteurización se recomienda realizarlo a una temperatura de 65-75°C durante 10 minutos para no perder gran cantidad de antocianinas (Leandro 2021).
Oxígeno	Por su estructura insaturada que presentan se ven afectadas por la presencia de oxígeno, ya que este acelera su

degradación mediante oxidativo directo o a través de enzimas oxidantes.

2.2.5. Café

Corresponde al extracto que se obtiene de los granos mondados, tostados y molidos de la planta del café tratados con agua caliente, siendo consumida como bebida filtrada o sin filtrar; los granos del café (semillas) provienen de los frutos del arbusto *Coffea arabica*, se trata de un fruto de hueso (bayas o “cerezas” del café) que presenta un color rojo oscuro a violeta con 2 semillas que se originan de su floración blanca (Siedentopp 2009). Hoy en día es una de las bebidas con mayor consumo en el mundo, con un promedio de seiscientos millas de millones de tazas por año (Gutiérrez et al. 2020).

2.2.5.1. Tipos de café (Konieczka et al. 2020)

a. Café Arábica

Fue importada a los países de América Latina y el Caribe debido al clima cálido de 15 °C a 24 °C que favorece su desarrollo, tienen un crecimiento de tres a cinco metros de altura y tienen la capacidad de cultivarse en zonas que van desde los 800 a 2000 m.s.n.m. es resistente a las condiciones adversas, los granos se caracterizan por contener más trigonelina y lípidos que el café Robusta, presentando un sabor suave y rico.

b. Café Robusta

Puede alcanzar una altura de 7 a 13 metros, se cultiva en zonas ubicadas a 200 y 900 m.s.n.m. y a una temperatura de 24 °C a 30 °C y, debido a que no son tan resistentes a los cambios ambientales, a diferencia del café arábica contiene mayor cantidad de cafeína y ácidos clorogénicos, es por ello que presenta un sabor amargo y fuerte.

- **Variedad Catimor**

Corresponde a un híbrido derivado del cruce entre Caturra y el Híbrido de Timor. Esta combinación le brinda características específicas como resistencia a ciertas enfermedades, a pesar de ello puede presentar desafíos, en términos de calidad de taza puede alcanzar calificaciones organolépticas muy satisfactorias, destacándose principalmente notas de caña, frutos secos y chocolate (Palacios 2022).

Esta variedad suele tener mayor cafeína que otras variedades, esto fue demostrado en un estudio realizado por Navarro et al, en el año 2021, donde mediante la determinación de la cantidad de cafeína en café tostado molido de las variedades Catimor, Caturra y Pache, obtuvieron que la variedad Catimor obtuvo la mayor cantidad promedio de este alcaloide con 1,214 g/100g (Navarro, Pezo & García 2021).

2.2.5.2.Composición

Los granos de café están compuestos principalmente por carbohidratos, además de proteínas, lípidos, compuestos fenólicos, ácidos clorogénicos y alcaloides, esencialmente cafeína y taninos. Contiene de 2 a 3 % de cafeína, 3 a 5 % de taninos, 13 % de proteínas y entre 10 a 15 % de aceites fijos (Sharma 2020).

En la siguiente tabla se muestra la composición de los tipos de café (Puerta 2011):

Tabla 8. Compuestos presentes en los tipos de café.

Componente	Tipo de café	
	Robusta %	Arábica %
Cafeína	2.20	1.20
Proteína	9.50	9.80
Carbohidratos	56.40	50.8
Sacarosa	4.0	8.0

Lípidos	10.0	16.2
Ácidos clorogénicos	10.4	6.9
Ácidos alifáticos	1.2	1.1
Minerales	4.4	4.2

2.2.6. Bebida energizante natural

Es una preparación que combina diversos ingredientes naturales los cuales poseen propiedades energizantes y rehidratantes, su principal objetivo es evitar la fatiga y mejorar el rendimiento físico y cognitivo. Puede elaborarse a base de frutas, hierbas, o subproductos aprovechables con propiedades estimulantes (Bahamonde & Mejia 2022). Se comercializan como bebidas energéticas, pero sin poseer cafeína artificial, sin colorantes, ni edulcorantes; en su reemplazo emplean fuentes naturales de cafeína, siendo utilizados en gran proporción el té verde y el café frío (Finlays 2023) . Por otra parte, en el caso de los edulcorantes naturales no calóricos, la stevia es uno de los más considerados para su uso en una bebida energética, debido a que posee propiedades como mantener el estado de alerta, sensación de vitalidad y bienestar; así mismo, facilita la digestión y posee propiedades antioxidantes (Duran et al. 2012).

Para considerar a una bebida como energética se necesita que esta contenga al menos un promedio de 32 mg por cada 100 ml de bebida; debido a que la ingesta máxima diaria de cafeína es de 400 mg por adulto, mujeres embarazadas y lactantes 200 mg y 3mg/kg en niños (Reissig, Strain & Griffiths 2009).

5.2.8.1 Beneficios (Proper WILD 2020)

- Refuerzo del sistema inmunológico por su contenido de antioxidantes.
- Poseen menos calorías que las convencionales.

- Brindan energía sostenida y estable, ya que no poseen edulcorantes artificiales, ni elevadas cantidades de azúcar.
- Mejoran el estado de ánimo, la memoria, y vigilia; así mismo, ayudan a mantener un estado mental relajado.

2.2.7. Optimización de procesos y formulaciones

La optimización es una herramienta clave en la industria alimentaria que se encarga de adaptar los procesos con el fin de mejorar sus parámetros, generando la mejora sistemática de los diferentes sistemas de producción a través de la identificación de las condiciones de funcionamiento más convenientes para lograr resultados óptimos y con mayor eficacia (Arteaga et al. 2025).

2.2.7.1. Fundamentos del diseño experimental

Existen tres principales fundamentales: aleatorización, replicación y control local (Malosetti, Van & Matute 2013):

a. Aleatorización

Consiste en asignar de forma aleatoria los tratamientos a las unidades experimentales para evitar la confusión entre los efectos atribuibles al tratamiento y otros efectos desconocidos.

b. Replicación

Realizar replicaciones de un tratamiento dentro del experimento favorece a cuantificar la variación que existe entre las unidades experimentales, además permite aumentar la fiabilidad de los efectos estimados.

c. Control local

Consiste en controlar las condiciones en las que se desarrolla el experimento, empleando características conocidas de las unidades en experimentación para explicar la variación.

2.2.7.2.Optimización mediante la metodología de superficie de respuesta (RSM)

La metodología de RSM consiste es un conjunto de técnicas estadísticas que se emplean para la evaluación de los factores que afectan de forma significativa un proceso, teniendo como principal objetivo identificar las condiciones óptimas de la operación con la ventaja de evaluar múltiples factores con un número reducido de muestras (Chen & Chen 2025).

a. Diseño experimental Simplex centroide

El diseño simplex centroide o diseño de mezclas es una combinación de técnicas matemáticas y estadísticas que permiten modelar y analizar los efectos de cada uno de los componentes individuales con la finalidad de encontrar la fórmula óptima; la mezcla debe estar conformada por dos o más componentes considerando que la respuesta y las características del producto obtenido dependen de la proporción relativa entre los componentes de la mezcla y no de la cantidad total de componentes(Squeo et al. 2021).

b. Técnicas de optimización

- **Optimización múltiple**

Proceso estadístico que permite determinar la proporción ideal de factores respuesta con la finalidad de satisfacer diferentes objetivos al mismo tiempo; abarca problemas que involucran diversas respuestas o variables de forma simultánea brindando soluciones que optimizan múltiples objetivos (Arteaga et al. 2025).

- **Función de deseabilidad**

La función de deseabilidad global (DG) convierte problemas de optimización multivariados en univariados al evaluar la calidad integral del producto en cada punto factorial mediante la media geométrica de deseabilidades individuales (0-1) (De la Vara & Domínguez 2002).

Concepto Central

Cada respuesta estimada ($\hat{Y}_i$) se transforma en $d_i \in [0,1]$:

- $d_i = 1$: Valor óptimo deseado
- $d_i = 0$: Resultado inaceptable (DG=0 total)
- $DG = \left(\prod d_i^{w_i} \right)^{1/\sum w_i}$

Maximizar DG identifica automáticamente las condiciones óptimas en diseños experimentales.

c. Técnicas de análisis y modelado

- **Gráficos de contorno**

Representación gráfica bidimensional de una superficie tridimensional que permite observar el comportamiento de una variable de respuesta considerando los dos factores continuos, mostrando líneas que tienen el mismo valor (isolíneas) que señalan combinaciones óptimas (Nicolay & Murcia 2024).

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1. Nivel de investigación

Explicativo: Explicó las causas de las variaciones en respuestas funcionales mediante interacciones sinérgicas y antagonistas entre los componentes.

3.2. Tipo y diseño de estudio

3.2.1. Tipo de investigación

Aplicada: Esta investigación se evocó mediante la optimización de la formulación hacia resultados útiles, con aplicaciones prácticas en la industria alimentaria aprovechando subproductos (suero de leche) y recursos locales (maíz morado INIA 601 y café Var. Catimor) para maximizar propiedades bioactivas como capacidad antioxidante y energizante.

3.2.2. Diseño de investigación

Experimental: En esta investigación se manipularon las variables de porcentaje de lactosuero, porcentaje de concentrado de maíz morado y porcentaje de esencia de café, para determinar la cantidad de antocianinas, cafeína, proteínas y capacidad antioxidante con la finalidad de determinar la óptima formulación.

3.3. Material biológico

El material biológico corresponde al café variedad Catimor, el cual fue obtenido de la provincia de Jaén, el lactosuero obtenido a partir de la coagulación de la leche y separación de la misma obtenida del mercado San Martín, Cajamarca y las corontas del maíz morado INIA 601 fueron compradas de INIA Baños del Inca- Cajamarca.

3.4. Procedimientos

3.4.1. Proceso de obtención del suero de leche (Campos 2019)

- La leche fue adquirida del mercado San Martín de la ciudad de Cajamarca.

- Se filtró mediante un colador, con el objetivo de eliminar material extraño.
- Posteriormente se sometió a calentamiento hasta que alcance una temperatura de 65° por 10 minutos empleando una olla grande, una cocina a gas y un termómetro.
- Luego se dejó enfriar hasta 37°C y se agregó cuajo (0.03 g/L) dejando reposar la mezcla durante 30 minutos hasta observar la formación de la cuajada.
- La cuajada fue cortada empleando un cuchillo, realizando pequeños cuadros para que salga la mayor cantidad posible del suero y se dejó reposar 5 minutos.
- Empleando un colador se separó la cuajada del suero.
- Finalmente, el suero se almacenó a 4 °C hasta su empleo en la elaboración de la bebida energética.

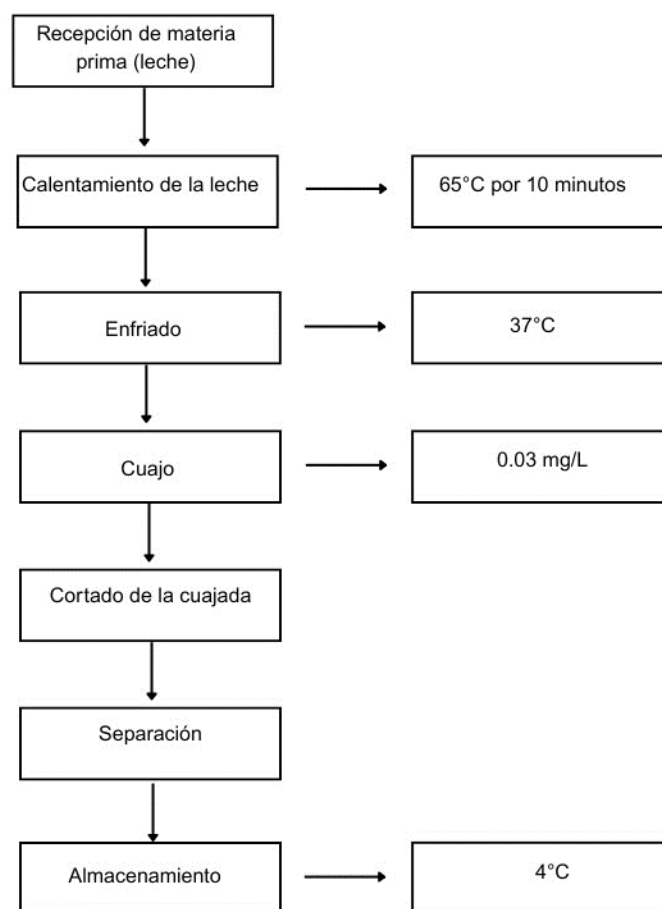


Figura 1. Flujograma del proceso de obtención del lactosuero.

3.4.2. Proceso de la elaboración del extracto de maíz morado (corontas de maíz)

(Rondón 2014) y (Contreras & Guzman 2024)

- Se recepcionó 1 kilo gramo de corontas de maíz morado INIA 601.
- Se seleccionaron manualmente para separar las corontas que presenten signos de deterioro o daño.
- Para la extracción, se llevó a ebullición durante 20 minutos a 90 °C, empleando 33.3 gramos de coronta por 100 ml de agua.
- Se filtró el contenido con el fin de eliminar residuos de la coronta y obtener el extracto de corontas de maíz morado
- Finalmente, se colocó en un recipiente y se almacenó a 4°C.

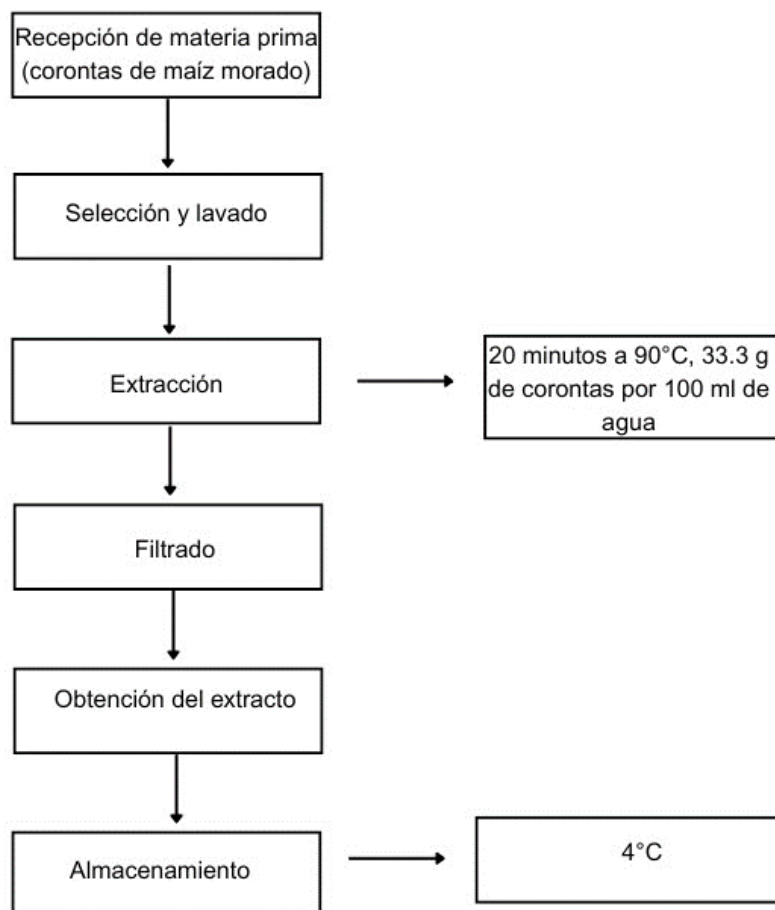


Figura 2. Flujograma, proceso de obtención del extracto de corontas de maíz morado.

3.4.3. Descripción del proceso de obtención de la esencia de café (Salca 2022).

- Se recepcionó 1 kg de café molido Var Catimor.
- Se procedió a pesar 180 gramos de café por cada litro de agua.
- Para la extracción se colocó la cantidad de agua establecida junto con el café en un recipiente y se llevó a ebullición durante 4 minutos a una temperatura de 98°C.
- Se filtró mediante una tela fina con el objetivo de eliminar cualquier partícula de café.
- La esencia obtenida se colocó en un recipiente.
- Se almacenó a 24-30°C.

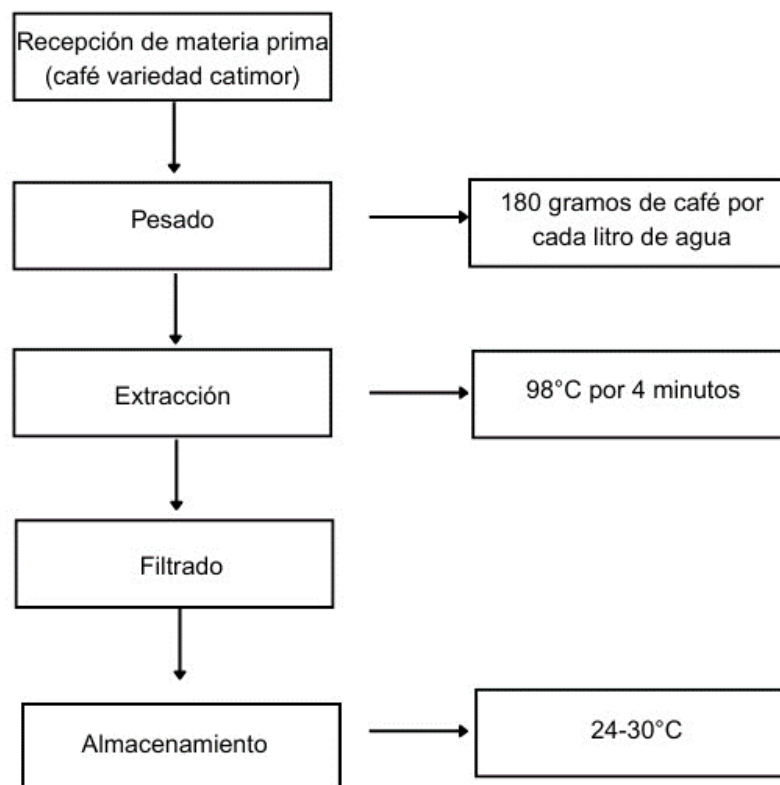


Figura 3. Flujograma, proceso de obtención de la esencia de café.

4.7.4. Descripción del proceso de elaboración del jarabe simple (Paima 2017)

- Se empleó 700 gramos de sacarosa por cada litro de agua.
- Se pesó el azúcar requerido.

- Se calentó el agua hasta que llegue al punto de ebullición y se adicionó el azúcar agitando constantemente hasta observar una mezcla homogénea.
- Se dejó reposar el jarabe para que alcance la temperatura ambiente.
- Finalmente, con un refractómetro se midió los grados brix del jarabe (60-65°).

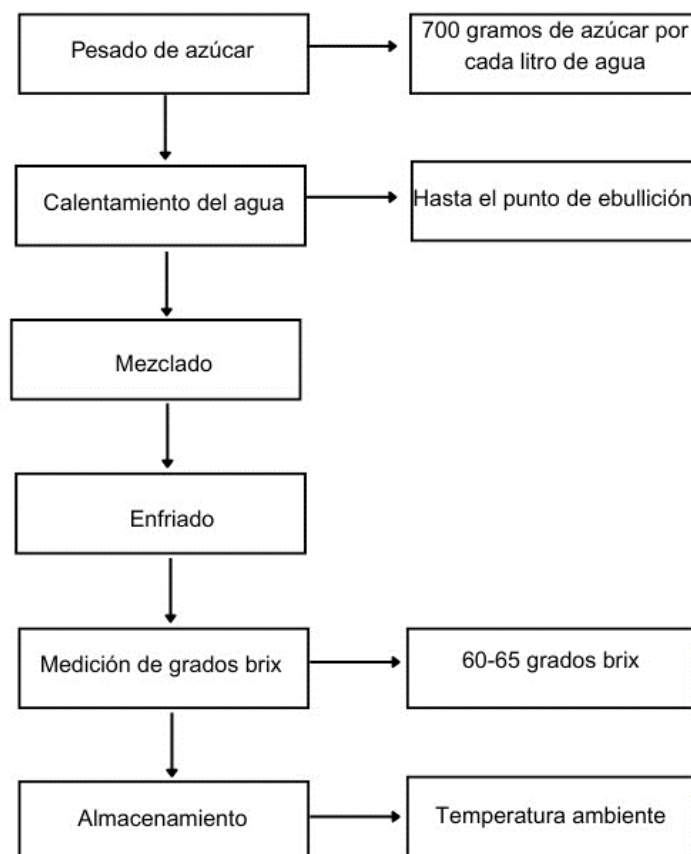


Figura 4. Proceso de obtención del jarabe simple.

4.7.5. Descripción del proceso de elaboración del jarabe terminado, bebida (Rodríguez et al. 2020) y (Ardila & Cordero 2016)

El porcentaje de lactosuero, extracto de maíz morado y esencia de café se colocaron en un recipiente de plástico de primer uso según el tratamiento a realizar, posteriormente se agregó 80g del jarabe simple a cada formulación, se llevó a pasteurización a 75°C durante 10 minutos cada una de las bebidas, luego se realizó el enfriamiento en un baño de agua a 6°C hasta llegar a 20°C. Las bebidas de 180 mL contenidas en un recipiente de 250 mL

de capacidad, fueron almacenadas a 4°C para posteriormente analizarlas.

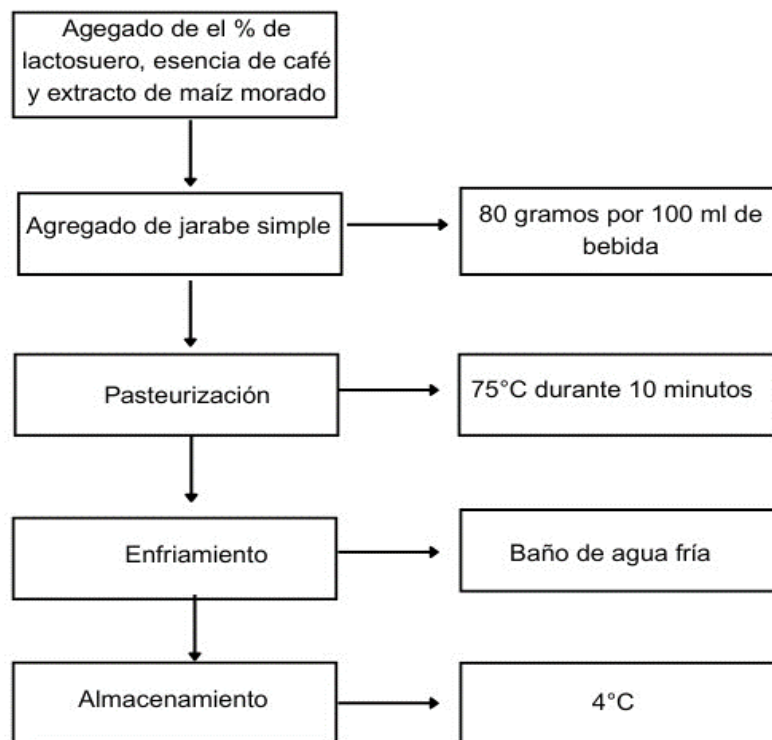


Figura 5. Proceso de obtención del jarabe terminado, bebida energética.

3.5.Evaluación fisicoquímica

3.5.1. Método Biuret: Cantidad de proteínas (Fernández & Galván 2020)

- Preparación de soluciones estándar de proteínas, se empleó albúmina de suero bovina (BSA) al 22%, a partir de la solución madre constituida por 0.45 ml en 100ml de agua destilada se prepararon las siguientes soluciones:

- Solución 1: 0,1 mg / mL de BSA
- Solución 2: 0,2 mg/ mL de BSA
- Solución 3: 0,5 mg/ Ml de BSA
- Solución 4: 1,0 mg/ mL de BSA

A las cuales se agregó 4 ml de reactivo biuret y se dejó reposar de 5 a 10 minutos.

- **Preparación de la muestra**

- Se tomó una alícuota de 0.1 ml de la muestra a analizar.
- Posteriormente se colocó en un tubo de ensayo y se agregó 4 ml de reactivo biuret
- Se mezcló suavemente para asegurar que el reactivo se distribuya uniformemente.
- Se dejó reposar de 5 a 10 minutos hasta formar un complejo colorido.
- Si es necesario, diluir la muestra con agua destilada para que la concentración esté dentro del rango adecuado.
- Mezclar suavemente para asegurar que el reactivo se distribuya uniformemente.

- **Medición de Absorbancia**

- Se empleó el espectrofotómetro GENESYS™ 06. para medir la absorbancia de las soluciones estándar y de la muestra a una longitud de onda de 540 nm.

- **Cálculo de la concentración**

- Se realizó mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$do = \frac{A - b}{metro}$$

Donde:

do: Concentración,

A: Medida de absorbancia,

B: Intercepto,

metro: Pendiente de la curva estándar.

3.5.2. Cuantificación de la Cafeína

- **Preparación de soluciones de calibración** (Vuletić, Bardić & Odžak 2021)

La solución madre de cafeína (100 ppm) se preparó disolviendo 0,01 g de cafeína en 100 ml de cloroformo empleando un matraz volumétrico. A partir de la cual se prepararon diluciones: 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm y 25 ppm.

- **Extracción de cafeína de las formulaciones de la bebida energética**

Se tomó 10 mL de cada muestra y se colocó en un tubo de ensayo. Se añadió 1 mL de solución de carbonato de sodio al 20% (p/v) y 5 mL de cloroformo. Se agitó durante unos minutos hasta observar la separación de capas. Se tomó una alícuota de 0,1 mL de la parte inferior de cada muestra y se mezcló con 5 mL de cloroformo

- **Medición de absorbancia**

Se midió la absorbancia de las soluciones estándar y de cada una de las muestras a 274 nm.

- **Cálculo de la cafeína**

Se empleó la siguiente ecuación reemplazando valores de absorbancia con los obtenidos en la ecuación de la curva de calibración.

$$A = mx + b$$

Donde:

- A= eje y, representa la absorbancia que resulta al medir la muestra
- m: pendiente
- b: intersección en el eje Y
- x: cantidad de cafeína en ppm

3.5.3. Cuantificación de antocianinas

Se tomó una alícuota de 0,3 ml de extracto de maíz morado, el cual fue diluido en 2,7 ml de solución buffer de cloruro de potasio (pH 1) y acetato de sodio (pH 4,5) por separado, se dejó reposar por un tiempo de 20 minutos, posteriormente se procedió a realizar la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro a 510 y 700 nm, finalmente se calculó la cantidad de antocianinas empleando la siguiente fórmula (Sánchez & Castro 2023):

$$\text{Antocianinas totales} = \frac{A_{\text{neta}} \times M \times FD \times 10^3}{\varepsilon \times l}$$

Donde:

- *Antocianinas totales: concentración de antocianinas totales en mg/L*

- *A_{neta}: absorbancia neta*

$$A_{\text{neta}} = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}=1.0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}=4.5}$$

- *M= masa molar de la cianidina-3-glucósido = 449,2 g/mol*

- *FD= factor de dilución (1 en 50)*

- *10³=factor para convertir g a mg*

- *ε = absortividad molar= 26900 $\frac{\text{L}}{\text{mol}} \times \text{cm}$*

- *l= longitud del paso de celda = 1 cm*

3.5.4. Determinación de la capacidad antioxidante

Método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) (Arauzo 2021) y (Contreras 2019)

- Se preparó la primera solución DPPH, empleando una fiola de 10 mL a la cual se adicionó 50 mg de DPPH aforando con metanol.
- La segunda solución DPPH se preparó agregando en una fiola de 100 ml la primera solución DPPH aforando con metanol.
- Se mezcló 5 mL de muestra + 1 mL de agua, se agitó y centrifugó durante 10 min a 3000 rpm.
- La muestra centrifugada fue filtrada.
- Se empleó 0,95 mL de lo filtrado y se colocó en un tubo de ensayo añadiendo 0,5 mL de la segunda solución de DPPH.
- Se dejó en repo por 60 minutos.
- Pasado el tiempo se realizó la lectura de absorbancia a 515 nm.

- El cálculo como % de inhibición de cada muestra se obtuvo mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de inhibición} = 100 \times \left(1 - \frac{A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}}\right)$$

Donde: A_{muestra} = Absorbancia de la muestra a 515 nm

A_{control} = Absorbancia del reactivo DPPH

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos estadísticos

Los datos serán recolectados en una guía de laboratorio.

3.10. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos estadísticos

Se empleó el programa Statgraphics, utilizando el método de superficie de respuesta con las técnicas de gráficos de contorno, optimización múltiple y función de deseabilidad.

- **Análisis de varianza (ANOVA)**

Se empleó para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de las diferentes formulaciones de la bebida energética y antioxidante.

- **Optimización**

Se optimizó los valores en función de variables de salida; maximizando el contenido de factores, valores óptimos, mediante la optimización de múltiples respuestas y función de deseabilidad.

CAPÍTULO IV

4.1.RESULTADOS

4.1.1. Proteínas

Tabla 9. Cantidad de proteínas mg/ ml.

Nº Formulación	Absorbancia nm	Cantidad de proteínas mg/ml
1	1.963	36.987
2	1.424	26.076
3	2.053	38.445
4	1.670	31.056
5	1.771	33.101
6	1.922	36.157
7	1.791	33.506
8	1.852	34.740
9	1.520	28.020
10	2.042	38.587
11	1.670	31.056

Cantidad de proteínas obtenida de las 11 formulaciones en una medición de 274 nm de absorbancia.

Tabla 10. Análisis de varianza para proteínas.

Valor - P	Nivel de confianza %
< 0.05	95.0

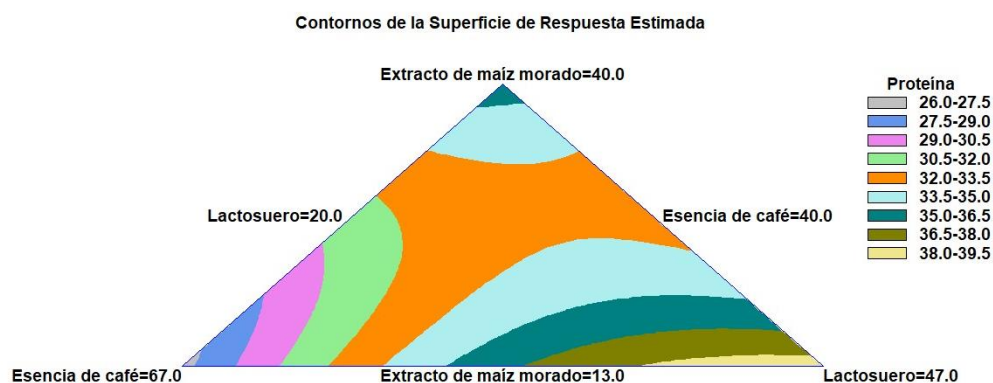


Gráfico 1. Contornos de superficie de respuesta estimada para proteínas.

Cada esquina representa el 100% de un solo ingrediente. La concentración de cada componente disminuye a medida que se aleja de su vértice opuesto. Las bandas de color representan rangos de niveles de proteína como se detalla en la leyenda. Las áreas con colores más cálidos (naranja, rojo/marrón) indican niveles más altos de proteína (hasta 39.5), mientras que los colores más fríos (verde claro, azul) muestran niveles más bajos (desde 26.0). El área de mayor concentración de proteína (colores naranjas/marrón en la parte superior central y la parte inferior derecha) se encuentra en mezclas con esencia de café y lactosuero, pero bajas en extracto de maíz morado (área inferior derecha), proporciones altas de extracto de maíz morado y esencia de café, pero bajas en lactosuero (área superior central). Las concentraciones más bajas (tonos azules y verdes) se localizan en la zona izquierda cerca del vértice del lactosuero con proporciones más equilibradas pero menores niveles de proteína general.

4.1.2. Capacidad Antioxidante

Tabla 11. Capacidad antioxidante (% inhibición).

Nº	Absorbancia control: 1.833			Promedio	Capacidad antioxidante (%)
Formulación	Absorbancia nm				
1	0,523	0, 529	0,542	0.531	71.013
2	1, 176	1, 177	1, 164	1.172	36.043
3	1,241	1,245	1,246	1.244	32.133
4	0,793	0,791	0,788	0.791	56.865

5	0,815	0,817	0,814	0.815	55.519
6	1,211	1,210	1,210	1.210	33.970
7	0,940	0,939	0,941	0.940	48.718
8	0,531	0,532	0, 534	0.532	70.958
9	1,157	1,167	1, 165	1.163	36.552
10	1,244	1, 255	1, 268	1.256	31.497
11	0,794	0,792	0, 796	0.794	56.683

Tabla 12. Análisis de varianza para capacidad antioxidante.

Valor - P	Nivel de confianza %
< 0.05	95.0

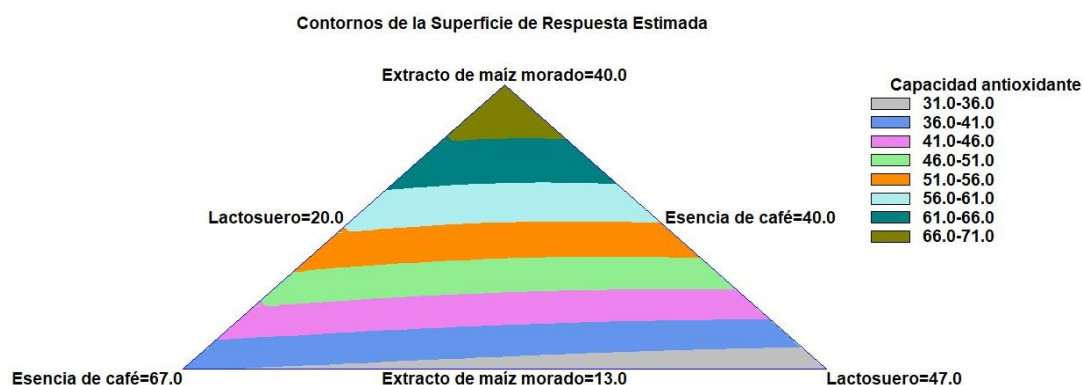


Gráfico 2. Contornos de superficie de respuesta estimada para la capacidad antioxidante.

El diagrama ternario muestra que cada vértice representa el 100% de un ingrediente y la concentración disminuye al alejarse de su lado opuesto. La leyenda codifica la capacidad antioxidante: los valores altos (61.0-71.0) son verde oscuro y marrón, mientras que los valores bajos (31.0-41.0) son gris y azul claro. La forma del gráfico indica que se requieren combinaciones no lineales para optimizar la capacidad antioxidante.

4.1.3. Antocianinas

Tabla 13. Cantidad de antocianinas ml/ mg.

N° formulación	Absorbancia neta nm	Cantidad de antocianina (mg/mL)
1	1.756	0.293
2	0.946	0.158
3	0.883	0.148
4	1,574	0.263
5	1,542	0.257
6	0,870	0.145
7	1,171	0.196
8	1,773	0.296
9	0.947	0.158
10	0.892	0.149
11	1,590	0.266

Tabla 14. Análisis de varianza para antocianinas.

Valor - P	Nivel de confianza %
< 0.05	95.0

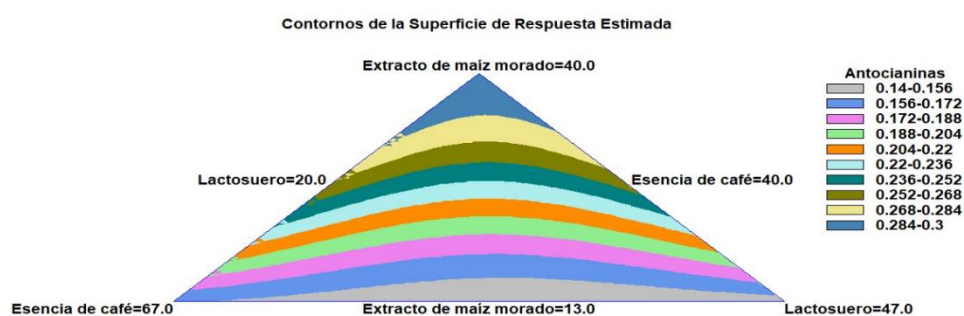


Gráfico 3. Contornos de superficie de respuesta estimada para antocianinas.

Los tres vértices del triángulo representan el 100% de un solo ingrediente. La concentración de un ingrediente disminuye a medida que las líneas se alejan de su vértice opuesto. Las bandas de color en el interior del triángulo indican rangos específicos de concentración de antocianinas, tal como se muestra en la leyenda (de 0.14 a 0.3). El patrón de las isolíneas sugiere que los niveles más altos de antocianinas (colores más oscuros, especialmente el azul oscuro en el centro inferior y el verde oliva/ marrón claro en el centro) se logran con combinaciones de los tres ingredientes.

4.1.4. Cafeína

Tabla 15. Cantidad de cafeína ppm.

Nº Formulación	Absorbancia nm	Concentración de cafeína ppm
1	1.074	262.872
2	1.205	296.462
3	1.051	256.974
4	1.122	275.179
5	1.046	255.692
6	1.153	283.128
7	1.097	268.769
8	1.051	256.974
9	1.203	295.949
10	1.048	256.205
11	1.123	275.436

Tabla 16. Análisis de varianza para cafeína.

Valor - P	Nivel de confianza %
< 0.05	95.0

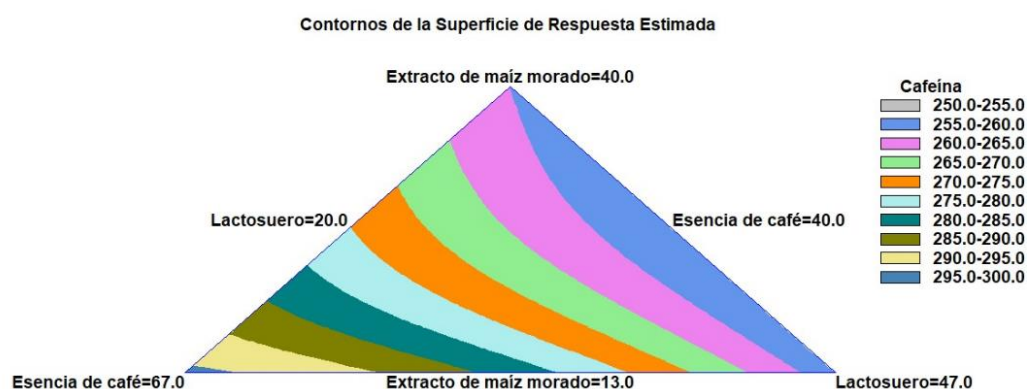


Gráfico 4. Superficie de respuesta estimada para la cantidad de cafeína.

El diagrama ternario muestra cómo la concentración de cafeína varía en función de la mezcla de tres ingredientes; cada vértice representa el 100% de un ingrediente puro y la concentración disminuye al moverse del vértice opuesto. Las bandas de color (isolíneas) indican rangos de concentración desde 250.0 hasta 300.0. Las zonas de alto rendimiento están representadas por colores oscuros (azul marino, marrón, gris) indicando los niveles más altos de cafeína (285.0-300.0), mientras que las zonas de bajo rendimiento son representadas por colores claros (verde claro, naranja), con niveles bajos de cafeína (260.0-275.0).

4.1.5. Optimización múltiple

El Tratamiento 4, constituido por 26.50% de extracto de maíz morado, 53.50% esencia de café y 20.00% de lactosuero, el cual mostró valores observados de 31.057 mg/ml de

proteínas, 56.865% de capacidad antioxidante, 0.263 mg/ml de antocianinas y 275.179 ppm de cafeína, presentó mayor deseabilidad que el resto de formulaciones resultando como una buena formulación para la bebida; no obstante, el análisis estadístico predijo que el verdadero valor óptimo de deseabilidad (0.596) se obtiene con una formulación diferente: 32.88% para el concentrado de maíz morado, 47.12% para la esencia de café y 20.00% para el lactosuero, alcanzando respuestas óptimas previstas superiores de 33.228 mg/mL para proteínas, 64.268% para capacidad antioxidante, 0.288 mg/mL para antocianinas y 267.353 ppm para cafeína.

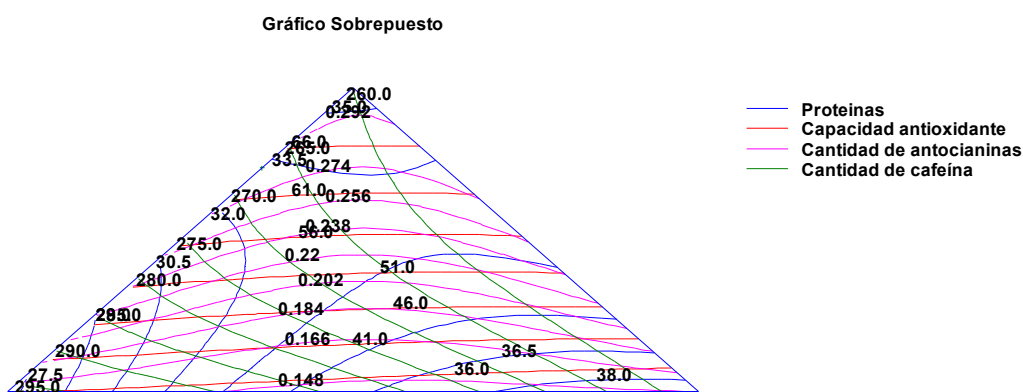


Gráfico 5. Superficie sobrepuesta, muestra la superposición de los factores optimizados de la bebida.

En el gráfico los ejes muestran las proporciones relativas de tres ingredientes (extracto de maíz morado, esencia de café y lactosuero); las isolíneas (colores) representa un nivel constante para una variable específica, según la leyenda. Las áreas donde convergen las líneas que representan valores altos para todas las variables deseadas indican las formulaciones más prometedoras. Se puede observar que el centro inferior y la parte superior central son áreas donde convergen altos valores para la mayoría de las variables, sugiriendo estas como posibles zonas óptimas.

4.2. DISCUSIÓN

42.1. Proteínas

Las bebidas energéticas en su gran mayoría se caracterizan por no contar con la presencia de proteínas en su contenido; no obstante, la actual tendencia en la alimentación y debido a la preocupación de los consumidores el mercado de las bebidas busca agregar mayor valor nutricional a estas, agregando por ejemplo nutrientes como las proteínas (Ahern, Arendt & Sahin 2023); macronutrientes que tienen como función principal recuperación y reparación muscular, ya que reducen el daño muscular y favorecen a las síntesis proteína; pero también sirven como fuente de energía secundaria fundamentalmente cuando las reservas de glucógeno son bajas contribuyendo con 2 a 10% de energía total (González et al. 2016).

En este estudio los valores obtenidos acerca de la cantidad de proteínas contenidos en la bebida energética fueron como mayor valor 38.445 mg/ml y menor valor 28.020 mg/ml respectivamente; valores similares a los que fueron reportados por Patlán y Caudillo, quienes en el desarrollo de una bebida a base de lactosuero y frijol de soya evaluaron el contenido proteico de esta con un resultado de 39.25 mg/ml de proteína (Patlán & Caudillo 2020).

El lactosuero es considerado como un producto más valioso que otras fuentes de proteínas animal y vegetal, debido a que es una fuente que cumple con los requerimientos de los aminoácidos esenciales, destacando la leucina (Aponte et al. 2023); este alimento al combinarse con otros productos incrementa su valor nutricional y aporte proteico.

Por otra parte, dado que el valor-P para este modelo fue menor que 0.05, significa que existe una relación estadísticamente significativa entre proteínas y el resto de componentes, con un nivel de confianza del 95.0%. indicando que los datos encontrados son consistentes y el método utilizado para analizar los datos es válido y confiable

(Greenland et al. 2016)

Con base en el análisis estadístico, la relación entre los ingredientes y la cantidad de proteínas puede describirse con el modelo estimado que se representa con la ecuación que muestra efectos sinérgicos y antagonistas que afectan la cantidad de proteína:

Modelo cúbico especial para Proteínas = 35.8567*Concentrado de maíz morado + 27.0407*Esencia de café + 38.6907*Lactosuero - 1.44278*Concentrado de maíz morado*Esencia de café - 16.4426*Concentrado de maíz morado*Lactosuero + 13.4174*Esencia de café*Lactosuero.

Donde los 3 primeros coeficientes indican cómo cambia la variable respuesta (proteína) al incrementar individualmente cada factor manteniendo constante los demás. Es decir, un incremento unitario en lactosuero sugeriría un aumento de aproximadamente 38.69 mg/mL en el contenido proteico si los demás factores permanecen constantes. Mientras que los 3 últimos factores representan cómo la combinación simultánea de dos factores afecta la respuesta y se interpretan como efectos no aditivos: el efecto combinado puede ser distinto a la suma de los efectos individuales. Por ejemplo, la combinación de maíz morado y lactosuero tiene un gran coeficiente negativo (-16.44), lo que sugiere que altas cantidades simultáneas de estos dos pueden disminuir el contenido de proteína más de lo que cada uno por separado aportaría; esto es debido a que las antocianinas contiene polifenoles como las antocianinas en su forma de cianidina-3-glucósido que actúan como potentes antioxidantes pero que también pueden interactuar con proteínas formando complejos que afectan su solubilidad y funcionalidad. Estas interacciones son responsables de efectos negativos en la concentración aparente de proteínas en formulaciones combinadas (Rabanal & Medina 2021) (Xue et al. 2024). La interacción positiva entre café y lactosuero (+13.41) indica que su combinación mejora el contenido proteínico más de lo esperado por su efecto individual, debido a que compuestos fenólicos

específicos del café pueden modificar de forma no covalente las proteínas del suero como la β -lactoglobulina, alterando sus propiedades estructurales y mejorando la solubilidad, la estabilidad y la bioactividad de las proteínas en la matriz de la bebida lo que puede aumentar el contenido proteico detectable o biodisponible más allá de la simple adición (Ali et al. 2013).

Al realizar la optimización para la cantidad de proteínas fue de 38.740 mg/mL con 13.0 % de concentrado de maíz morado, 42.0 % de esencia de café y 45% de lactosuero, maximizando la cantidad de proteínas deseadas en la bebida.

42.2. Capacidad Antioxidante

Capacidad que posee una sustancia o molécula la cual al consumirse actúa protegiendo contra el daño causado por los radicales libres, es decir regula la defensa antioxidante o inhibe la producción de moléculas inestables que pueden dañar células y tejidos mediante reacciones de oxidación, evitando el desarrollo de enfermedades crónicas producidas por exceso de estrés oxidativo (Flores et al. 2024).

El maíz morado INIA 601 se caracteriza por su elevado contenido en antocianinas especialmente encontradas en la coronta; se encontró valores de 71.013 % (mayor) y 31.497% (menor) de inhibición en la bebida, los cuales son respaldados por el estudio de Rabanal y Medina quienes investigaron sobre la capacidad antioxidante de maíz morado mediante ensayos in vitro donde obtuvieron un porcentaje de inhibición de 71.1% (28.9 $\mu\text{g mL}^{-1}$) (Rabanal & Medina 2021). Así mismo, otro estudio ejecutado por Contreras y Torres con el objetivo de determinar la cantidad de antocianinas y capacidad antioxidante de concentrados y extractos de maíz morado tradicional encontraron un valor de 41.21% de inhibición cuyo valor se encuentra dentro del rango del porcentaje obtenido (Contreras & Guzman 2024).

Por otra parte, los resultados indican que la capacidad antioxidante, la concentración de

antocianinas y el contenido proteico en la bebida a base de lactosuero, café y maíz morado están significativamente relacionados con las proporciones y combinaciones de estos componentes. Esto significa que las variaciones en los niveles de lactosuero, café y maíz morado afectan de manera consistente y precisa los valores de capacidad antioxidante, antocianinas y proteínas.

El modelo estimado para la capacidad antioxidante en la bebida se describe en la siguiente ecuación:

Modelo cúbico especial para capacidad antioxidante = $71.0161 \times \text{Concentrado de maíz morado} + 36.3281 \times \text{Esencia de café} + 31.8456 \times \text{Lactosuero} + 11.9184 \times \text{Concentrado de maíz morado} \times \text{Esencia de café} + 15.3741 \times \text{Concentrado de maíz morado} \times \text{Lactosuero} - 1.44587 \times \text{Esencia de café} \times \text{Lactosuero}$. El incremento unitario de concentrado de maíz morado favorece a un aumento de 71.0161 % de capacidad antioxidante manteniendo los demás factores constantes; la combinación de Concentrado de maíz morado y Esencia de café (11.9184) es una interacción positiva, es decir que potencian la capacidad antioxidante, esto es debido a que los ácidos clorogénicos y polifenoles presentes en el café tienen la capacidad de combatir el estrés oxidativo a través de la eliminación de radicales libres, actuando como quelante de metales, reduciendo la peroxidación lipídica e inhibiendo la actividad de la NADPH oxidasa (Tarahi et al. 2024), los cuales mediante la combinación con la cianidina 3 glucósido generan un efecto sinérgico al actuar a través de distintas rutas moleculares, amplificando la capacidad total para neutralizar radicales libres y reducir el daño oxidativo más allá de la suma de sus efectos individuales. La sinergia entre el Concentrado de maíz morado*Lactosuero (15.3741), es debido a que el lactosuero posee proteínas como la lactoferrina, alfa-lactoalbúmina y beta-lactoglobulina, las cuales durante su hidrólisis liberan péptidos con actividad antioxidante propia, que pueden actuar como captadores de radicales libres y estabilizadores de compuestos

antioxidantes como los del maíz morado, protegiéndolas de degradación por pH, temperatura o metabolismo lo que prolonga y potencia su efecto antioxidante (García 2024). Esencia de café y Lactosuero es antagonismo debido a la formación de complejos proteína-polifenol, en la que compuestos fenólicos del café como los ácidos clorogénicos se unen a proteínas del suero de leche, puede reducir la disponibilidad de antioxidantes libres y por lo tanto, su actividad antioxidante (Shahidi & Dissanayaka 2023).

Al realizar la optimización para la capacidad antioxidante fue de 70.985 con 40.0 % de concentrado de maíz morado, 40.0 % de esencia de café y 20% de lactosuero, maximizando la capacidad antioxidante deseada en la bebida.

4.2.3. Antocianinas

Las antocianinas corresponden a los compuestos coloreados y solubles en agua, pertenecen a los flavonoides, están presentes en frutos, hojas, raíces y otras partes de las plantas como corontas de maíz; se caracterizan por ejecutar diversas actividades biológicas como su actividad antioxidante debido a que poseen propiedades antiinflamatorias, hepatoprotectoras, analgésicas y anticancerígenas (Mohammed & Khan 2022).

En el maíz morado las antocianinas se encuentran en mayor proporción en las corontas, utilizándolos en la bebida se obtuvo valores que van de 0.145 a 0.293 mg/ml, valores cercanos a los que fueron obtenidos por Pesantes y otros investigadores en la elaboración de una bebida de maíz morado con máxima retención de antocianinas los cuales fueron de 2,79 y 4,72 mg/ml (Pesantes et al. 2021). El contenido de antocianinas en las corontas del maíz morado INIA 601 puede alcanzar entre 6.1% y 6.38% en estado natural, pero al ser diluidas mediante procesos de extracción y preparación de bebidas disminuyen su contenido (Vásquez et al. 2020).

Existe una relación estadísticamente significativa entre los niveles de antocianinas y los

ingredientes del café, maíz morado y suero de leche en la bebida. Esto indica que las variaciones en estos componentes realmente afectan la concentración de antocianinas y que el modelo empleado para analizar esta relación es válido y confiable.

El modelo estimado para la cantidad de antocianinas en la bebida corresponde a los datos de la siguiente ecuación:

Modelo cúbico especial para cantidad de antocianinas = $0.295729 \times \text{Concentrado de maíz morado} + 0.159229 \times \text{Esencia de café} + 0.149729 \times \text{Lactosuero} + 0.128429 \times \text{Concentrado de maíz morado} \times \text{Esencia de café} + 0.0977714 \times \text{Concentrado de maíz morado} \times \text{Lactosuero} - 0.0772286 \times \text{Esencia de café} \times \text{Lactosuero}$, donde al aumentar la cantidad de maíz morado genera un aumento de antocianinas; la interacción entre la esencia de café y el lactosuero puede provocar una disminución de antocianinas debido a que las proteínas presentes en el lactosuero pueden unirse o interactuar fuertemente con los compuestos fenólicos del café, los que son responsables de los atributos bioactivos de la esencia de café, dicha interacción puede afectar la biodisponibilidad y estabilidad de estos componentes en la bebida, en particular, la formación de complejos entre proteínas del lactosuero y compuestos fenólicos puede reducir la concentración libre y la actividad biológica de las antocianinas en la bebida (Rashidinejad et al. 2022).

Mediante la optimización para la cantidad de antocianinas los resultados fueron de 0.295 mg/mL con 39.0% de concentrado de maíz morado, 41.0 % de esencia de café y 20.0 % de lactosuero.

4.2.4. Cafeína

La cafeína es un estimulante natural del sistema nervioso central, forma parte de las metilxantinas y es reconocido a nivel mundial como el estimulante psicoactivo más utilizado, es contenido principalmente en los granos de café, pero también está presente de forma natural en ciertos tipos de té y granos de cacao; por su capacidad estimulando

es empleado en los refrescos y bebidas energéticas, brindando efectos como disminución de la fatiga y somnolencia, aumento de energía (Evans & Richards 2022).

En el estudio los valores encontrados de cafeína están en un rango de 296.462 - 255.692 ppm, esto es respaldado por el estudio realizado por investigadores de la Central de Café & Cacao del Perú, quienes reportaron 28mg/100ml (280ppm) de cafeína en una bebida a base de cáscara de café incluyendo diferentes variedades de café considerando también la variedad Catimor (Café & Cacao 2023) la cual posee mayor cantidad de cafeína que las otras variedades con características como acidez media, cuerpo robusto y notas afrutadas y florales (Anacafé 2020). Los valores encontrados se encuentran dentro del rango de cafeína aceptable especialmente para adultos, ya que pueden consumir hasta 400mg de cafeína por día equivalente hasta 10 latas de una bebida con 280 ppm de cafeína, por ello el rango se encuentra dentro de los valores seguros como lo menciona la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA 2015).

Por otra parte, la variación en la cantidad de cafeína no es producto del azar, sino que está asociada a las características o composición de esos componentes; el modelo estimado para la cantidad de cafeína en la bebida es el siguiente:

Modelo cúbico especial para cantidad de cafeína = $260.025 \cdot \text{Concentrado de maíz morado} + 296.307 \cdot \text{Esencia de café} + 256.691 \cdot \text{Lactosuero} - 13.0573 \cdot \text{Concentrado de maíz morado} \cdot \text{Esencia de café} - 13.9115 \cdot \text{Concentrado de maíz morado} \cdot \text{Lactosuero} + 23.2675 \cdot \text{Esencia de café} \cdot \text{Lactosuero}$. La esencia de café tiene el mayor coeficiente, es decir, es la variable que más influye directamente en la cantidad de cafeína; la interacción entre maíz morado y esencia de café tiene un efecto negativo: cuando ambos aumentan juntos la cantidad total de cafeína disminuye un poco en comparación con la suma de sus efectos individuales debido a que las antocianinas pueden formar complejos con alcaloides como la cafeína y con otros compuestos fenólicos del café provocando que se

altere la solubilidad y estabilidad molecular de la cafeína, disminuyendo su concentración libre y detectable en la bebida final (Hernández 2021). Por otra parte, la interacción entre concentrado de maíz morado y lactosuero disminuye la cantidad de cafeína debido a que proteínas del lactosuero como β -lactoglobulina interactúan no covalentemente con compuestos fenólicos del maíz morado como antocianinas mediante enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y enlaces iónicos provocando la formación de agregados o precipitados que reducen la cantidad libre y estable de cafeína en la bebida (Hernández 2021) (Guillén et al. 2014)(Rondón 2014).

A través la optimización para la cantidad de antocianinas los resultados fueron de 296.206 mg/ mL con 13.0% de concentrado de maíz morado, 67.0 % de esencia de café y 20.0 % de lactosuero.

4.2.5. Optimización múltiple

La Optimización de Múltiples Respuestas permite determinar las configuraciones de los diversos factores en experimentación que cubren las características deseadas para una o más respuesta simultáneamente; se realiza mediante la construcción de la Función de Deseabilidad basada sobre los valores de las variables respuesta, la cual se maximiza. Según lo anterior la formulación número 4 es una buena alternativa como bebida energética y antioxidante ya que alcanzó una deseabilidad de 0.55, con 26.50 % de extracto de maíz morado, 53.50 % de esencia de café y 20.0 % de lactosuero; sin embargo, la bebida óptima estuvo compuesta por 32.88% de extracto de maíz morado, 47.12% de esencia de café y 20.00 % de lactosuero; y logró un valor de deseabilidad global mayor que la 4 con 0.59.

La combinación de lactosuero y maíz morado permite desarrollar bebidas con alto valor nutricional, con proteínas, minerales, antioxidantes estables y biodisponibles; el lactosuero puede ser mezclado eficazmente con concentrado de maíz morado para obtener

bebidas nutraceuticas sensorialmente aceptables maximizando tanto el aporte antioxidante como el beneficio proteico; por su parte el café en las bebidas enriquece el sabor y la complejidad aromática además aporta cafeína natural con potencial energético estable, las proporciones se pueden ajustar según las necesidades o requerimientos de cafeína, antocianinas y proteínas (Rondón 2014); el lactosuero como base en bebidas permite el aprovechamiento de sus elementos funcionales y nutricionales como proteínas y lactosa (Leurino L, Rozycki & Cortez J 2023). Tener como componente al maíz morado conocido por sus propiedades antioxidantes en una bebida energética a base de café y suero de leche puede ofrecer beneficios para la salud; no obstante, es fundamental considerar las posibles interacciones de los diferentes componentes, un estudio demuestra que al añadir proteínas contenidas en el suero de leche (10mg/ml) a una bebida de maíz morado favoreció al aumento de la absorbancia de las antocianinas sin verse afectada por la temperatura que fue precalentado la proteína de suero, manteniendo su estabilidad y color evitando su degradación prolongando la vida media ampliando así su empleo en la elaborados de alimentos o bebidas que requieran de procesos térmicos (Ren S & Giusti M 2021). Siendo una opción saludable para aumentar la ingesta diaria de este flavonoide y beneficiarse de sus potenciales efectos bioactivos, ya que por día se puede obtener 95 mg de antocianinas a partir de 300 g de alimentos elaborados a base de maíz morado y 750 ml de varias bebidas elaboradas con diversas partes del maíz morado como hojas, corontas y estigmas del maíz, debido a su contenido de antocianinas en diferentes partes y en proporción distinta (Mendoza et al. 2023).

Por otra parte, añadir café a una bebida puede hacer que sea energizante debido a la cafeína, un estimulante natural que bloquea la adenosina, sustancia que causa fatiga. Esta acción puede mejorar la atención, la concentración y el rendimiento físico. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el café no es una fuente de "energía estable" en el

sentido de que su efecto es temporal y puede causar efectos secundarios si se consume en exceso. El café añadido en una bebida será el responsable de brindar energía debido a su aporte de cafeína aumentando el estado de alerta y la concentración; no obstante, es necesario considerar durante el procesamiento las condiciones y métodos de extracción para obtener calidad y composición química adecuada, siendo algunos de los métodos que minimizan su alteración química, la extracción con agua fría la cual evita solubilidad de compuestos, extracción por presión permite extraer sabores de forma eficiente y la extracción con ultrasonido mejora el perfil aromático de la bebida (Zamanipoor et al. 2020; Claassen et al. 2021),

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- Se optimizó la bebida energizante y antioxidante a base de lactosuero, maíz morado y café, la cual estuvo compuesta por 32.88% de extracto de maíz morado, 47.12% de esencia de café y 20.00% de lactosuero, la misma que alcanzó una deseabilidad global de 0.59, confirmando que los valores óptimos predichos son la mejor referencia para la elaboración de futuras bebidas.
- Se identificaron los valores máximos para cada variable respuesta, los cuales fueron de 38.59 mg/mL para proteínas, 71.01% para capacidad antioxidante, 0.29 mg/mL para antocianinas y 296.46 ppm para cafeína.

LISTA DE REFERENCIAS

- Abeyrathne, E., Nam, K., Huang, X. & Ahn, D.U., 2022, *Plant-and Animal-Based Antioxidants' Structure, Efficacy, Mechanisms, and Applications: A Review*, *Antioxidants*, 11(5).
- Ahern, N., Arendt, E. & Sahin, A., 2023, 'Protein Soft Drinks: A Retail Market Analysis and Selected Product Characterization', *Beverages*, 9(3).
- Ali, M., Homann, T., Khalil, M., Kruse, H. & Rawel, H., 2013, 'Milk whey protein modification by coffee-specific phenolics: Effect on structural and functional properties', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(28), 6911–6920.
- Anacafé, 2020, *Guía de variedades de café*, Guatemala.
- Aponte, Á., Prieto, G., Castellanos, Y., Muvdi, C. & Yurievich, I., 2023, 'Review. Aplicaciones del lactosuero y sus derivados proteínicos', *Ciencia en Desarrollo*, 14(2), 139–155.
- Arauzo, J., 2021, '*CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FUNCIONAL DE CARAMBOLA (Averrhoa carambola L.) Y GRANADILLA (Passiflora ligularis)*' – PhD thesis, Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín.
- Ardila, M. & Cordero, J., 2016, *DESARROLLO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS CON COMPONENTES NATURALES* – PhD thesis, FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, Bogotá.
- Arteaga, E., Ramírez, C., Sánchez, E., Segovia, J., Osorio. Oswaldo & Gómez, J., 2025, *Advancing Optimization Strategies in the Food Industry: From Traditional Approaches to Multi-Objective and Technology-Integrated Solutions*, *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(7).
- Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J. & Verdezoto, D., 2021, 'Whey: environmental impact,

- uses and applications via biotechnology mechanisms', *Agroindustrial Science*, 11(1), 105–116.
- Bahamonde, L. & Mejia, A., 2022, '*Diseño de una bebida energética a base de avena y maca libre de cafeína*' – PhD thesis, San Ignacio de Loyola.
- Bev Source, 2024, *Cafeína y alcohol: una historia de advertencia sobre bebidas*.
- Cáceres, M. & Huayta, C., 2024, *Prevalencia y factores asociados al consumo de bebidas energéticas entre estudiantes de Medicina en una universidad privada de Huancayo, 2023* – PhD thesis, Universidad Continental, Huancayo.
- Cadoni, C. & Tiziana, A., 2023, 'Energy drinks at adolescence: Awareness or unawareness?', *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 17.
- Café & Cacao, 2023, 'Bebida-con-cascara-de-cafe_Optimized'.
- Campos, Y., 2019, *FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA NUTRITIVA A BASE DE LACTOSUERO CON JUGO DE NARANJA (Citrus sinensis)* – PhD thesis, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Carulla, A., 2017, *EFFECTO DE UNA BEBIDA ENERGÉTICA ENRIQUECIDA CON SUERO DE LECHE EN LA RECUPERACIÓN POST-ENTRENAMIENTO EN DEPORTISTAS CICLISTAS DE LIMA 2015* – PhD thesis, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima.
- Castañeda, B., 2010, *Inducción de antocianinas y capacidad antioxidante por oligogalacturónidos en uvas de mesa cv. 'Flame Seedless'* – PhD thesis, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Sonora.
- Chacón, L., Chávez, A., Rentería, A. & Rodríguez, J., 2017, 'PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO: USOS, RELACIÓN CON LA SALUD Y BIOACTIVIDADES', *Asociación Interciencia*, 42, 712–718.
- Chen, H.Y. & Chen, C., 2025, 'A Study of the Response Surface Methodology Model

- with Regression Analysis in Three Fields of Engineering’, *Applied System Innovation*, 8(4).
- Claassen, L., Rinderknecht, M., Porth, T., Röhnisch, J., Seren, H., Scharinger, A., Gottstein, V., Noack, D., Schwarz, S., Winkler, G. & Lachenmeier, D., 2021, ‘Cold brew coffee—pilot studies on definition, extraction, consumer preference, chemical characterization and microbiological hazards’, *Foods*, 10(4).
- Colominas, A., Rodríguez, D. & Zumbado, H., 2023, ‘Bebida refrescante de suero lácteo con adición de harina de arroz y sabor naranja’, *Agronomía Mesoamericana*, 34(2).
- Contreras, D., 2019, *Determinación de Capacidad Antioxidante y Fenoles Totales en Semillas de Vitis vinifera L. ‘Vid’, del Valle de Cañete* – PhD thesis, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho.
- Contreras, M. & Guzman, A., 2024, *Cantidad de antocianina y su capacidad antioxidante en concentrados, extractos y bebidas tradicionales preparadas con maíz morado (Zea mays L.)* – PhD thesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Cos, P., Calomme, M., Pieters, L., Vlietinck, A.J. & Berghe, D. Vanden, 2000, ‘Relación estructura-actividad de los flavonoides como compuestos antioxidantes y prooxidantes’, *Estudios en Química de Productos Naturales*, vol. 22, pp. 307–341.
- Cribb P, 2005, *LAS PROTEÍNAS DEL SUERO DE LECHE DE LOS ESTADOS UNIDOS Y LA NUTRICIÓN EN LOS DEPORTES*.
- Delgado, E., Blanco, A., Ferrer, Y., Rodríguez, L. & Díaz, J., 2021, ‘Caracterización del consumo de café en estudiantes de medicina’, *Revista Científica Estudiantil de Cienfuegos*, 4.
- Depaula, J. & Farah, A., 2019, *Caffeine consumption through coffee: Content in the beverage, metabolism, health benefits and risks*, *Beverages*, 5(2).

- Duran, S., Rodríguez, M., Cordon, K. & Record, J., 2012, 'Estevia (stevia rebaudiana), edulcorante natural y no calórico', *Rev Chil Nutr*, 39.
- Dziezak, J., 2015, 'ACIDS/Natural Acids and Acidulants', *Agricultural and Food Sciences, Chemistry*.
- EFSA, 2015, 'Scientific Opinion on the safety of caffeine', *EFSA Journal*, 13(5).
- Ellermann, C., Hakenes, T., Wolfes, J., Wegner, F.K., Willy, K., Leitz, P., Rath, B., Eckardt, L. & Frommeyer, G., 2022, 'Cardiovascular risk of energy drinks: Caffeine and taurine facilitate ventricular arrhythmias in a sensitive whole-heart model', *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 33(6), 1290–1297.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T., Stanila, A. & Diaconeasa, Z., 2021, 'Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation', *Antioxidants*, 10(12).
- Erazo F, Paredes A & Ureta R, 2024, 'ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ENERGIZANTE A BASE DE LACTO SUERO DULCE CON ADICIÓN DE GUARANÁ', *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Espinosa R, Paguay M, Paredes C & Puwainchir E, 2025, 'Impacto del consumo de bebidas energéticas en la salud y el rendimiento académico de estudiantes de educación superior', *Runas. Journal of Education and Culture*, 6(11), e250222.
- European Comission, 2003, 'Dictamen sobre la cafeína, la taurina y la D-glucurono - g - lactona como componentes de las bebidas denominadas "energéticas" (emitido el 21 de enero de 1999)', *Food Safety*.
- Evans, J. & Richards, J., 2022, 'Caffeine', *NCBI Bookshelf*.
- Fernández, E. & Galván, A., 2020, 27. *Métodos para la cuantificación de proteínas*.
- Fiani, B., Zhu, L., Musch, B., Briceno, S., Andel, R., Sadeq, N. & Ansari, A., 2021, 'The Neurophysiology of Caffeine as a Central Nervous System Stimulant and the Resultant Effects on Cognitive Function', *Cureus*, 13.

- Finlays, 2023, *The industries for coffee, natural energy drinks*.
- Flores, B., Hernández, S., Guzmán, A., Espitia, J. & Garza, P., 2024, 'Methods for determination of antioxidant capacity of traditional and emergent crops of interest in Mexico: An overview', *Scientia Agropecuaria*, 15(4), 593–615.
- García, C. & Blesso, C.N., 2021, 'Antioxidant properties of anthocyanins and their mechanism of action in atherosclerosis', *Free Radical Biology and Medicine*, 172, 152–166.
- García, V., 2024, *CARACTERIZACIÓN DEL LACTOSUERO DULCE PROCEDENTE DE ECUADOR, ANTES Y DESPUÉS DE UN PROCESO DE DIGESTIÓN IN VITRO: EVALUACIÓN DE LOS PÉPTIDOS BIOACTIVOS, COMPOSICIÓN MINERAL Y PROPIEDADES ANTIOXIDANTES* – PhD thesis, Universidad de Granada.
- Gobierno regional de cajamarca, 2023, *Nota de Prensa N° 2374*.
- Gómez W, Vera A & Gamarra H, 2024, 'Efectos del consumo de café como bebida estimulante', *Erasmus*, 70.
- González, C., Ruz, P., Rojas, R., Romero, F. & La Cruz, D. De, 2016, 'REVISIÓN / REVIEW EFECTOS DE BEBIDAS CARBOHIDRATADAS Y PROTEICAS SOBRE LA RECUPERACIÓN DEL ESFUERZO EFFECTS OF CARBOHYDRATE-PROTEIN BEVERAGES ON RECOVERY FROM EXERCISE', *International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 16(62), 373–401.
- González-Pérez, G.S., Pérez-Flores, J.G., García-Curiel, L., Pérez-Escalante, E., Jaimez-Ordaz, J. & Contreras-López, E., 2025, 'Bebidas antioxidantes naturales: bases biofuncionales, tendencias de consumo y enfoque en población universitaria', *Investigaciones Básicas y Aplicadas en Alimentos*, (2), e008.

- Greenland, S., Senn, S.J., Rothman, K.J., Carlin, J.B., Poole, C., Goodman, S.N. & Altman, D.G., 2016, 'Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations', *European Journal of Epidemiology*, 31(4), 337–350.
- Guillén, J., Mori, S. & Paucar, L., 2014, 'Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo', *Scientia Agropecuaria*, 5, 211–217.
- Guru, 2023, *Cafeína natural versus sintética: ¿cuál es la diferencia?*
- Gutiérrez, V., Peñaloza, M., Ibarra, A., Castillo, J.S., Badoui, N. & Alba, L.H., 2020, 'Regular coffee drinking and cardiovascular risk: A critical review of the literature', *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(6), 607–615.
- Hernández, M., 2021, *BEBIDA A BASE DE MAÍZ MORADO (ZEA MAYS) COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EFECTO ANTIOXIDANTE EN UN MODELO IN VIVO* – PhD thesis, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Higgins, J.P., Tuttle, T.D. & Higgins, C.L., 2010, 'Energy beverages: Content and safety', *Mayo Clinic Proceedings*, 85(11), 1033–1041.
- Investigación Agraria, 2020, *Maiz Morado INIA 601*.
- Kaur, A., Yousuf, H., Ramgobin-Marshall, D., Jain, Rahul & Jain, Rohit, 2022, *Energy drink consumption: a rising public health issue*, *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 23(3).
- Konieczka, P., Aliaño, M., Ferreira, M., Barbero, G. & Palma, M., 2020, 'Characterization of Arabica and Robusta coffees by ion mobility sum spectrum', *Sensors (Switzerland)*, 20(11).
- Kozłowska, A. & Nitsch, A., 2024, 'Anthocyanins and Type 2 Diabetes: An Update of Human Study and Clinical Trial', *Nutrients*, 16(11), 1674.
- la Vara, R. De & Domínguez, J., 2002, *Métodos de superficie multirespuesta: un estudio*

comparativo, vol. 9.

Leandro, C., 2021, *CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO Y ANTOCIANINAS EN LA PULPA DE CAMU CAMU (Myrciaria dubia) DURANTE LA PASTEURIZACIÓN* – PhD thesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

León, J., 2024, *Producción de leche fresca de Perú alcanzó las 2.2 millones de toneladas en 2023*.

Leurino L, Rozycki, S. & Cortez J, 2023, ‘Optimización del comportamiento reológico de una bebida láctea a base de lactosuero formulada con distintos hidrocoloides Autores/as’, *INNOTECH*, (26).

Malosetti, M., Van, F. & Matute, M., 2013, ‘Principios fundamentales del diseño experimental: las 3 “R”’, *Introducción al diseño experimental*, p. 7.

Martínez, C., 2015, ‘Bebidas_con_Cafeina_Taurina’, *Revista del consumidor*.

Martínez, S., 2020, ‘Efectos de las bebidas energéticas sobre el sistema cardiovascular Effects of energy drinks on the cardiovascular system CARTA AL DIRECTOR’, *Enferm Cardiol*, 27, 80–81.

Mazorra, M. & Moreno, J., 2019, ‘Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal’, *CienciaUAT*, 14(1), 133.

Minj, S. & Anand, S., 2020, *Whey Proteins and Its Derivatives: Bioactivity, Functionality, and Current Applications*, *Dairy*, 1(3), 233–258.

Mohammed, H. & Khan, A., 2022, ‘Anthocyanins: Traditional Uses, Structural and Functional Variations, Approaches to Increase Yields and Products’ Quality, Hepatoprotection, Liver Longevity, and Commercial Products’, *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4).

Naigua, D., 2023, *ELABORACIÓN DE UN SNACK DE HARINA DE MAÍZ MORADO*

- NIXTAMALIZADO CON ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA* – PhD thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Navarro, E., Pezo, M. & García, M., 2021, ‘Cuantificación de cafeína y su efecto en la calidad sensorial en tres variedades de café (*Coffea arabica* L.), según nivel altitudinal en la Región San Martín’, *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 4–14.
- Nicolay, Y. & Murcia, G., 2024, ‘REVISTA SIGMA Optimización de una superficie de respuesta empleando R estudio’, *Sigma*, 2, 16–24.
- Odell, O. & Wallis, G., 2021, *The application of lactose in sports nutrition*, *International Dairy Journal*, 116.
- Ojeda, S., 2022, *Validación del método de cuantificación simultánea de conservantes y cafeína presentes en bebidas azucaradas por espectroscopía ultravioleta en la provincia de Tungurahua* – PhD thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Paima, J., 2017, *Influencia de tres pisos altitudinales en las características físicas y sensoriales del café (*Coffea arábica* L.) variedad Catimor en los distritos de Lamas y Alonso de Alvarado Roque*. – PhD thesis, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Tarapoto.
- Palacios, A., 2022, *SISTEMAS DE FERMENTACIÓN "ANÁLISIS SENSORIAL DEL CAFÉ CATIMOR (*Coffea arabica*) INOCULADO CON CEPAS DE *Saccharomyces cerevisiae* EN DOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN* – PhD thesis, Universidad Nacional de Jaén, Jaén.
- Patlán, M. & Caudillo, O., 2020, ‘Elaboración de una bebida funcional a base de suero de leche y frijol de soja como posible auxiliar contra la sarcopenia’, *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 604–608.
- Peker, Z. & Köse, D., 2023, ‘Content Analysis of Locally Marketed Energy Drinks:

- Turkish Market', *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 51(4), 341–349.
- Perdan, C. & Marczinski, C., 2017, *Taurine, caffeine, and energy drinks: Reviewing the risks to the adolescent brain*, *Birth Defects Research*, 109(20), 1640–1648.
- Pérez, J., 2019, '*Aprovechamiento del suero lácteo para la formulación de una bebida energética*' – PhD thesis, UNIVERSIDAD DE CUENCA, Ecuador .
- Pesantes, G., Paucar, J. & Franco, J., 2021, 'Elaboración de una bebida de maíz morado con máxima retención de antocianinas', *Revista de investigación científica y tecnológica*, 2.
- Piccioni, A., Covino, M., Zanza, C., Longhitano, Y., Tullo, G., Bonadia, N., Rinninella, E., Ogetti, V., Gasbarrini, A. & Franceschi, F., 2021, *Energy drinks: a narrative review of their physiological and pathological effects*, *Internal Medicine Journal*, 51(5), 636–646.
- Pintor, E., Rubio, M., Grille, C., Álvarez, C. & Herreros, B., 2020, 'Energy drinks consumption prevalence, motivation and associated factors in medical students: Cross-sectional study', *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica*, 24(1), 61–67.
- Proper WILD, 2020, *proper WILD*.
- Puerta, G., 2011, *COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA TAZA DE CAFÉ*.
- Rabanal, M. & Medina, A., 2021, 'Analysis of anthocyanins in the purple corn (*Zea mays* L.) from Peru and its antioxidant properties', *Terra Latinoamericana*, 39.
- 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., 2022, '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.

- Reissig, C., Strain, E. & Griffiths, R., 2009, 'Caffeinated energy drinks-A growing problem', *Drug and Alcohol Dependence*, 99(1–3), 1–10.
- Ren S & Giusti M, 2021, 'The effect of whey protein concentration and preheating temperature on the color and stability of purple corn, grape and black carrot anthocyanins in the presence of ascorbic acid', *Investigación alimentaria internacional*, 144.
- Reyes, S., Rodríguez, A. & Oyola, M., 2024, 'Consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios y sus factores asociados Consumption of energy drinks in university students and its associated factors', *Nutr Clín Diet Hosp.*, 44, 257–265.
- Rodiles, J., Trujillo, R. & Zamora, R., 2022, 'La leche y los derivados lácteos', *Millonaria, ciencia y arte*.
- Rodríguez, A., Abad, C., Pérez, A. & Diéguez, K., 2020, 'Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*', *Scielo*, 18.
- Rondón, K., 2014, *Elaboración de un concentrado protéico y una bebida nutracéutica a base de suero de leche y maíz morado* – PhD thesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Salca, D., 2022, *ACEPTABILIDAD GENERAL Y CUANTIFICACION DE CAFEÍNA DE UNA BEBIDA ENERGIZANTE CON PULPA RESIDUAL DE CAFÉ* – PhD thesis, Universidad Norbert Wiener, Lima.
- Sánchez, E. & Castro, D., 2023, 'Extracción y cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción', *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8), 47–80.
- Sánchez, P., 2023, *Bebidas energéticas y sus efectos* – PhD thesis, Universidad de Extremadura, Plasencia.
- Sekula, M.J., Kaleta, N., Pawlucski, P., Maciak, A., Domagalski, Ł., Andrzej, E. & Cuper,

- P., 2023, 'Energy drinks - product ingredients and their potential toxicity', *Journal of Education, Health and Sport*, 44(1), 185–202.
- Shahidi, F. & Dissanayaka, C., 2023, 'Phenolic-protein interactions: insight from in-silico analyses – a review', *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1).
- Sharma, H., 2020, 'A Detail Chemistry of Coffee and Its Analysis', IntechOpen, p. 2.
- Siedentopp, U., 2009, 'Heil- und genusspflanze kaffee-coffee -pharmaceutical drug and mild stimulant', *Deutsche Zeitschrift fur Akupunktur*, 52(2), 64–68.
- Silva, P., Ramírez, E., Arias, J. & Fernández, T., 2022, 'Patrones de consumo de bebidas energéticas y sus efectos adversos en la salud de adolescentes', *Revista española de salud pública*, 96.
- Squeo, G., Angelis, D. De, Leardi, R., Summo, C. & Caponio, F., 2021, 'Background, applications and issues of the experimental designs for mixture in the food sector', *Foods*, 10(5).
- Stoia, M. & Oancea, S., 2022, *Low-Molecular-Weight Synthetic Antioxidants: Classification, Pharmacological Profile, Effectiveness and Trends*, *Antioxidants*, 11(4).
- Sweis, I. & Cressey, B., 2018, 'Potential role of the common food additive manufactured citric acid in eliciting significant inflammatory reactions contributing to serious disease states: A series of four case reports', *Toxicology Reports*, 5, 808–812.
- Tarahi, M., Gharagozlou, M., Niakousari, M. & Hedayati, S., 2024, *Protein–Chlorogenic Acid Interactions: Mechanisms, Characteristics, and Potential Food Applications*, *Antioxidants*, 13(7).
- Torres, Q. & Romero, L., 2020, 'Alternativas tecnológicas para uso del lactosuero: valorización económica de residuos', *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30.

- Tsisios N, 2025, 'Trends in 2025: Fuelling the Future'.
- Uscanga, L., Orozco, J., Vázquez, R., Aceves, G., Albrecht, R., Amieva, M., Bazaldua, L. & Bernal, R., 2019, 'Posición técnica sobre la leche y derivados lácteos en la salud y en la enfermedad del adulto de la Asociación Mexicana de Gastroenterología y la Asociación Mexicana de Gerontología y Geriatria', *Revista de Gastroenterología de México*, 84(3), 357–371.
- Vásquez, V., Piña, P., Medina, A., Cabrera, H., Seminario, A., Jiménez, L. & Seminario, J., 2020, 'Anthocyanin content in crown and bracts from six cultivars of purple maize (*Zea mays* L.) from Peru', *Manglar*, 17(4), 353–358.
- Vetter, V. & Naim, M., 2024, *Cardiovascular Toxicity of Energy Drinks in Youth: A Call for Regulation*, *Journal of Pediatrics*, 275.
- Vuletić, N., Bardić, L. & Odžak, R., 2021, 'Spectrophotometric determining of caffeine content in the selection of teas, soft and energy drinks available on the Croatian market', *Food Research*, 5(2), 325–330.
- Williams M & Dueñas A, 2021, 'Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero: Antecedentes investigativos y usos tradicionales', *Revista de las Agrocencias*, 39–50.
- Xue, H., Zhao, J., Wang, Y., Shi, Z., Xie, K., Liao, X. & Tan, J., 2024, 'Factors affecting the stability of anthocyanins and strategies for improving their stability: A review', *Food Chemistry: X*, 24.
- Zamanipoor, M., Yakufu, B., Tse, E., Rezaeimotlagh, A., Hook, J., Bucknall, M., Thomas, D. & Trujillo, F., 2020, 'Brewing coffee? – Ultra-sonication has clear beneficial effects on the extraction of key volatile aroma components and triglycerides', *Ultrasonics Sonochemistry*, 60.
- Zambrano, W., Belén, M., Rivadeneira, D. & Alberto, A., 2021, 'Alternativas para el

aprovechamiento del lactosuero: Antecedentes investigativos y usos tradicionales’,
La Técnica: Revista de Agrociencias, 39–50.

APÉNDICES

Apéndice 1. Análisis fisicoquímico de la bebida energética.

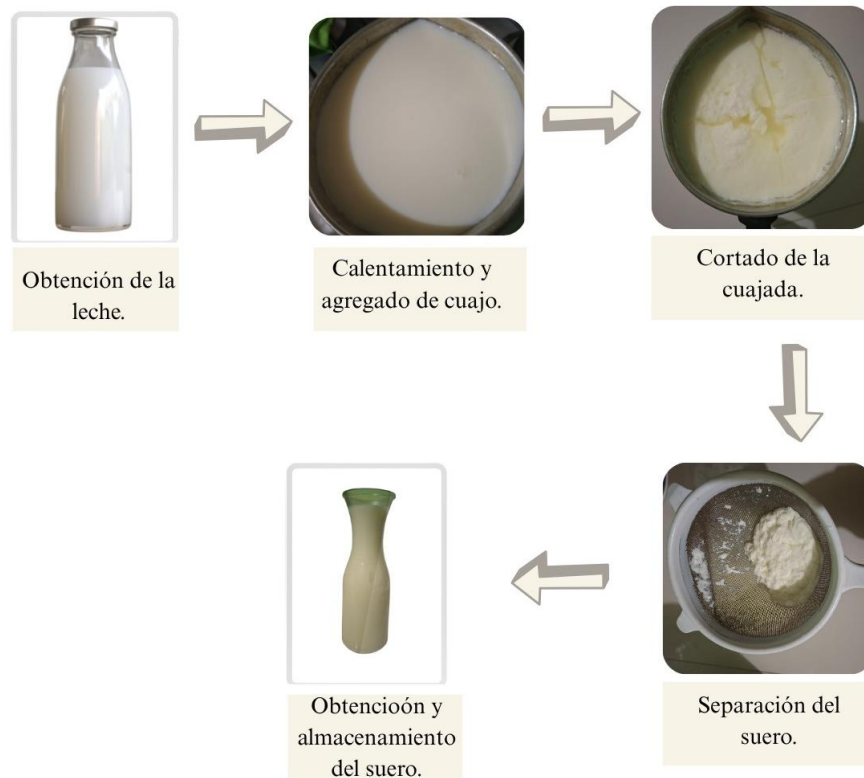
Formulación (100 mL)	Cafeína (ppm)	Antocianinas (mg/ mL)	Proteína (mg/ml)	Capacidad Antioxidante (%) Inhibición
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

Apéndice 2. Diseño metodológico: Simplex centroide.

Cód.	Componente	Mín.	Máx.
X1	Concentrado de maíz morado	0.1	
X2	Esencia de café	0.4	
X3	Lactosuero	0.2	
Total		0.73	

Tratamientos	Valores codificados			Valores reales		
	X1	X2	X3	Concentrado de maíz morado	Esencia de café	Lactosuero
1	1.00	0.00	0.00	40.00	40.00	20.00
2	0.00	1.00	0.00	13.00	67.00	20.00
3	0.00	0.00	1.00	13.00	40.00	47.00
4	0.50	0.50	0.00	26.50	53.50	20.00
5	0.50	0.00	0.50	26.50	40.00	33.50
6	0.00	0.50	0.50	13.00	53.50	33.50
7	0.33	0.33	0.33	22.00	49.00	29.00
8	1.00	0.00	0.00	40.00	40.00	20.00
9	0.00	1.00	0.00	13.00	67.00	20.00
10	0.00	0.00	1.00	13.00	40.00	47.00
11	0.50	0.50	0.50	26.50	53.50	20.00

Apéndice 3. Proceso de obtención del lactosuero.



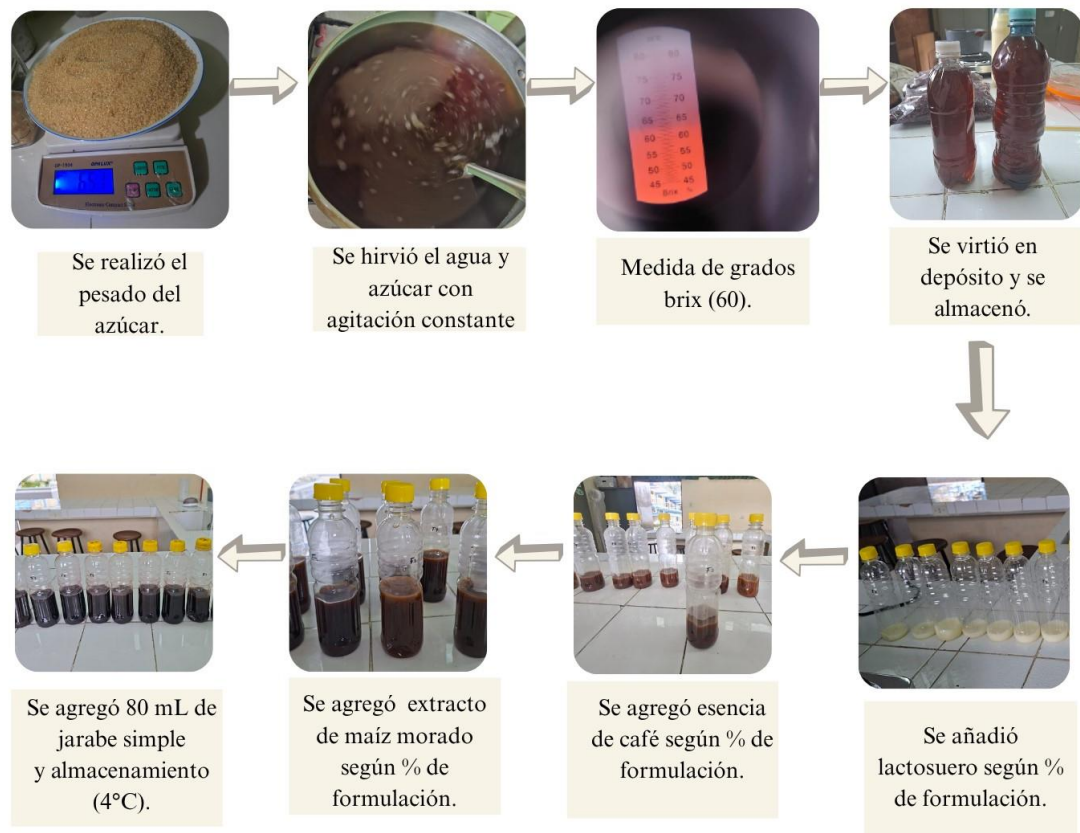
Apéndice 4. Proceso de obtención del extracto de corontas de maíz morado.



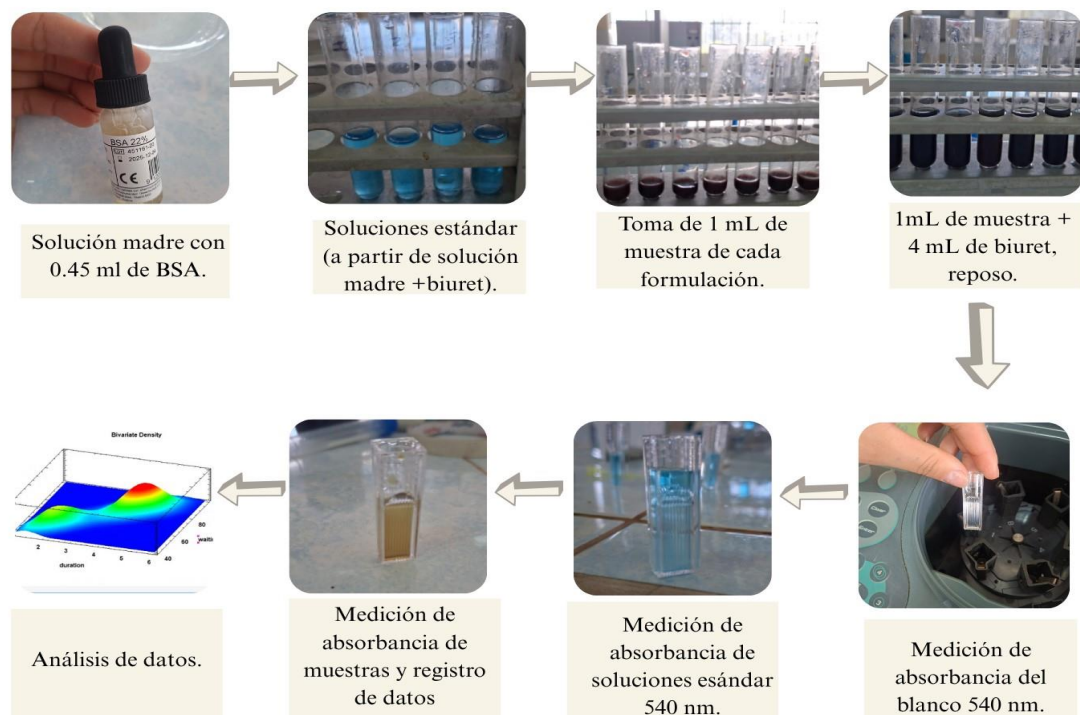
Apéndice 5. Proceso de obtención de la esencia de café.



Apéndice 6. Proceso de obtención del jarabe simple y jarabe terminado (bebida).



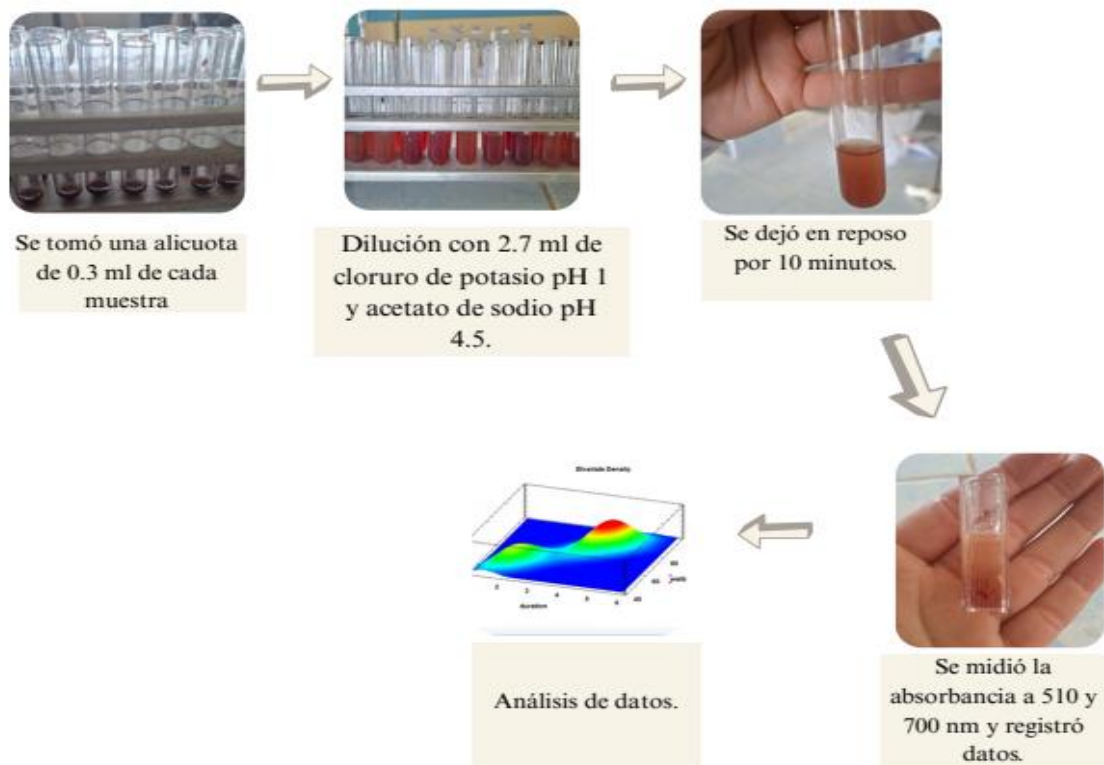
Apéndice 7. Proceso cuantificación de proteínas.



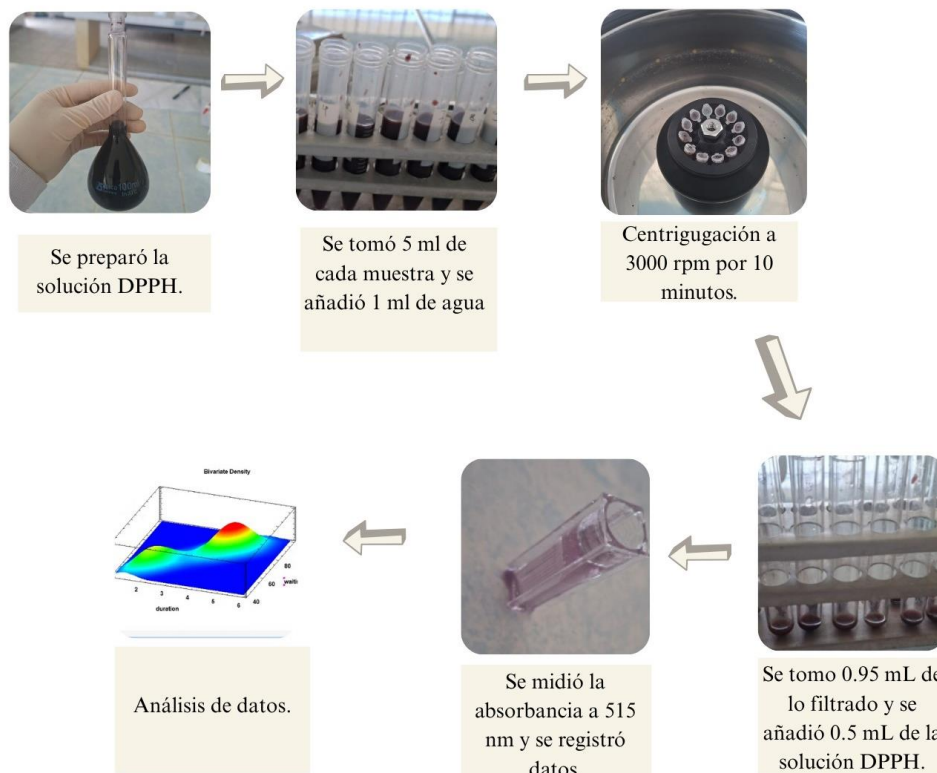
Apéndice 8. Proceso de cuantificación de cafeína.



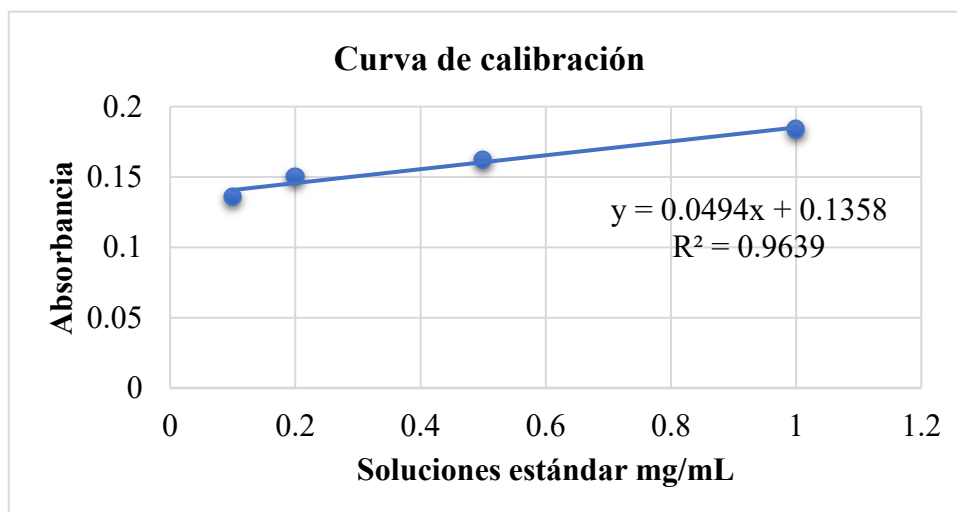
Apéndice 9. Proceso de cuantificación de antocianinas.



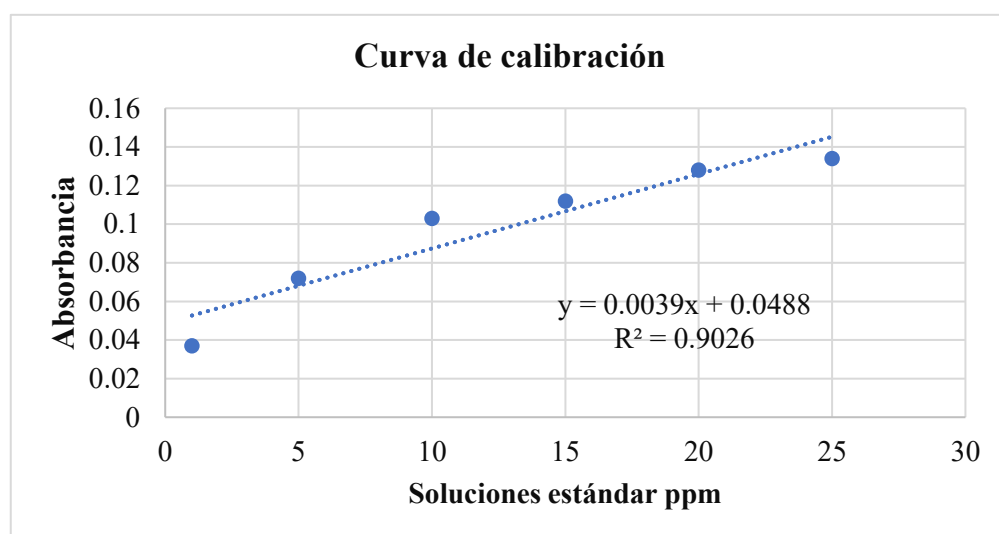
Apéndice 10. Proceso de determinación de capacidad antioxidante.



Apéndice 11. Curva de calibración para proteínas.



Apéndice 12. Curva de calibración para cafeína.



Apéndice 13. ANOVA para proteínas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Cúbico Especial	167.621	6	27.9368	25.19	0.0039
Error total	4.43699	4	1.10925		
Total (corr.)	172.058	10			

R-cuadrada = 97.4212 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 93.553 por ciento

Error estándar del est. = 1.05321

Error absoluto medio = 0.401182

Estadístico Durbin-Watson = 2.79715 (P=0.9003)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.540818

Apéndice 14. ANOVA para antocianinas

ANOVA para Antocianinas totales

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Cúbico Especial	0.0397907	6	0.00663178	2792.33	0.0000
Error total	0.0000095	4	0.000002375		
Total (corr.)	0.0398002	10			

R-cuadrada = 99.9761 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.9403 por ciento

Error estándar del est. = 0.0015411

Error absoluto medio = 0.000636364

Estadístico Durbin-Watson = 1.21053 (P=0.1021)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.157895

Apéndice 15. ANOVA para capacidad antioxidante.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cúbico Especial	2261.98	6	376.997	4310.23	0.0000
Error total	0.349863	4	0.0874658		
Total (corr.)	2262.33	10			

R-cuadrada = 99.9845 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.9613 por ciento
Error estándar del est. = 0.295746
Error absoluto medio = 0.125636
Estadístico Durbin-Watson = 2.64862 (P=0.8481)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.337228

Apéndice 16. ANOVA para cafeína

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cúbico Especial	2354.24	6	392.373	87.91	0.0003
Error total	17.8535	4	4.46337		
Total (corr.)	2372.09	10			

R-cuadrada = 99.2474 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.1184 por ciento
Error estándar del est. = 2.11267
Error absoluto medio = 0.676091
Estadístico Durbin-Watson = 1.33147 (P=0.1441)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0902495

Apéndice 17. Modelo Cúbico Especial Resultados de Ajuste de Modelo para Proteína.

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
A:Extracto de maíz morado	35.8645	0.744731		
B:Esencia de café	27.0485	0.744731		
C:Lactosuero	38.6985	0.744731		
AB	-1.598	3.64842	-0.437998	0.6840
AC	-16.722	4.71009	-3.55025	0.0238
BC	13.138	4.71009	2.78933	0.0493
ABC	5.7045	34.9706	0.163123	0.8783

R-cuadrada = 97.4212 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 93.553 por ciento
Error estándar del est. = 1.05321
Error absoluto medio = 0.401182
Estadístico Durbin-Watson = 2.79715 (P=0.9003)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.540818

Las interacciones (AB, AC, BC, ABC) muestran cómo la combinación de ingredientes afecta el resultado, más allá de sus efectos individuales. AB (-1.598): Interacción negativa y no significativa (P=0.6840) indica un ligero antagonismo cuando se mezclan A y B. AC (-1.598): Interacción negativa y altamente significativa (P=0.0238), muestra un fuerte antagonismo entre el extracto de maíz morado y el lactosuero; mezclarlos reduce la respuesta más de lo esperado.

BC (13.138): Interacción positiva y significativa ($P=0.0493$) indica sinergia; la mezcla aumenta la respuesta de forma notable y estadísticamente real. ABC (5.7045): Interacción triple positiva pero no significativa ($P=0.8783$).

Apéndice 18. Modelo Cúbico Especial Resultados de Ajuste de Modelo para Antocianinas

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:Extracto de maíz morado	0.2945	0.00108972		
B:Esencia de café	0.158	0.00108972		
C:Lactosuero	0.1485	0.00108972		
AB	0.153	0.00533854	28.6595	0.0000
AC	0.142	0.00689202	20.6035	0.0000
BC	-0.033	0.00689202	-4.78814	0.0087
ABC	-0.903	0.0511707	-17.6468	0.0001

R-cuadrada = 99.9761 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.9403 por ciento
Error estándar del est. = 0.0015411
Error absoluto medio = 0.000636364
Estadístico Durbin-Watson = 1.21053 ($P=0.1021$)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.157895

Todos los efectos individuales son altamente significativos (Valor-P = 0.0000). AB (0.153): Interacción positiva y altamente significativa ($P=0.0000$) indica sinergia (el efecto combinado es mayor que la suma individual). AC (0.142): Interacción positiva y altamente significativa ($P=0.0000$) indica sinergia. BC (-0.033): Interacción negativa y significativa ($P=0.0087$) indica antagonismo (el efecto combinado es menor que la suma individual). ABC (-0.903): Interacción triple negativa y altamente significativa ($P=0.0001$) indica un fuerte antagonismo cuando se mezclan los tres ingredientes simultáneamente.

Apéndice 19. Modelo Cúbico Especial Resultados de Ajuste de Modelo para Antocianinas.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:Extracto de maíz morado	70.9855	0.209124		
B:Esencia de café	36.2975	0.209124		
C:Lactosuero	31.815	0.209124		
AB	12.53	1.02449	12.2304	0.0003
AC	16.475	1.32262	12.4564	0.0002
BC	-0.345	1.32262	-0.260847	0.8071
ABC	-22.476	9.81993	-2.28882	0.0840

R-cuadrada = 99.9845 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.9613 por ciento
Error estándar del est. = 0.295746
Error absoluto medio = 0.125636
Estadístico Durbin-Watson = 2.64862 ($P=0.8481$)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.337228

Las interacciones muestran el efecto adicional, positivo o negativo, cuando los ingredientes se

mezclan. AB (12.53): Interacción positiva y altamente significativa ($P=0.0003$) indica sinergia (el efecto combinado es mayor que la suma individual). AC (16.475): Interacción positiva y altamente significativa ($P=0.0002$) indica sinergia. BC (-0.345): Interacción negativa pero no significativa ($P=0.8071 > 0.05$) efecto antagónico es mínimo. ABC (-22.476): Interacción triple negativa pero no significativa ($P=0.0840 > 0.05$) indica un antagonismo notable, pero no alcanza el umbral de significancia estándar.

Apéndice 20. Modelo Cúbico Especial Resultados de Ajuste de Modelo para cafeína.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A: Extracto de maíz morado	259.923	1.49388		
B: Esencia de café	296.206	1.49388		
C: Lactosuero	256.59	1.49388		
AB	-11.027	7.3185	-1.50673	0.2064
AC	-10.257	9.44815	-1.08561	0.3387
BC	26.922	9.44815	2.84945	0.0464
ABC	-74.613	70.1489	-1.06364	0.3474

R-cuadrada = 99.2474 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.1184 por ciento
Error estándar del est. = 2.11267
Error absoluto medio = 0.676091
Estadístico Durbin-Watson = 1.33147 ($P=0.1441$)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0902495

AB (-11.027): Interacción negativa y no significativa ($P=0.2064$) indica un ligero antagonismo.

AC (-10.257): Interacción negativa y no significativa ($P=0.3387$) indica un ligero antagonismo.

BC (26.922): Interacción positiva y significativa ($P=0.0464$) indica sinergia; mezclar esencia de café y lactosuero aumenta la respuesta de forma notable y estadísticamente real.

ABC (-74.613): Interacción triple negativa y no significativa ($P=0.3474$) indica un antagonismo notable, pero no es estadísticamente concluyente.

Apéndice 21. Optimización de múltiples respuestas.

Datos/Variabes:

Proteína (mg/mL)
Capacidad antioxidante (%)
Antocianinas totales (mg/mL)
Cafeína (ppm)

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Respuesta</i>	<i>Observado</i>	<i>Observado</i>
Proteína	26.077	38.81
Capacidad antioxidante	31.497	71.013
Antocianinas totales	0.145	0.296
Cafeína	255.692	296.462

	<i>Deseabilidad</i>	<i>Deseabilidad</i>		<i>Pesos</i>	<i>Pesos</i>	
<i>Respuesta</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Meta</i>	<i>Primero</i>	<i>Segundo</i>	<i>Impacto</i>
Proteína	26.077	38.81	Maximizar	1.0		3.0
Capacidad antioxidante	31.497	71.013	Maximizar	1.0		3.0
Antocianinas totales	0.145	0.296	Maximizar	1.0		3.0
Cafeína	255.692	296.462	Maximizar	1.0		3.0

<i>Fila</i>	<i>Proteína</i>	<i>Capacidad antioxidante</i>	<i>Antocianinas totales</i>	<i>Cafeína</i>	<i>Deseabilidad</i>	<i>Deseabilidad</i>
					<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>
1	36.988	71.013	0.293	262.872	0.530031	0.620155
2	26.077	36.043	0.158	296.462	0.167808	0.0
3	38.81	32.133	0.148	256.974	0.0449164	0.0563111
4	31.057	56.865	0.263	275.179	0.555553	0.553389
5	33.101	55.519	0.257	255.692	0.0	0.0
6	36.158	33.97	0.145	283.128	0.0	0.0
7	33.506	48.718	0.196	268.769	0.407391	0.407391
8	34.741	70.958	0.296	256.974	0.530031	0.382325
9	28.02	36.552	0.158	295.949	0.167808	0.201832
10	38.587	31.497	0.149	256.205	0.0449164	0.0
11	31.057	56.683	0.266	275.436	0.555553	0.557695

La formulación 4 es una buena opción, no obstante, no es la óptima porque muestra una deseabilidad menor que la deseabilidad global.

Apéndice 22. Optimización de deseabilidad.

Optimizar Deseabilidad

Valor óptimo = 0.596196

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Extracto de maíz morado	13.0	40.0	32.8768
Esencia de café	40.0	67.0	47.1232
Lactosuero	20.0	47.0	20.0

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
Proteína	33.2283
Capacidad antioxidante	64.2676
Antocianinas totales	0.288204
Cafeína	267.353

La imagen presenta los resultados del proceso de optimización de deseabilidad y de la formulación óptima, con un valor óptimo general de 0.596196, lo que confirma que se ha encontrado la combinación ideal de los factores de entrada para satisfacer todos los puntos de requerimiento en cuanto a proteínas, cafeína, antocianinas y capacidad antioxidante, permitiendo su uso para la elaboración de próximas bebidas.