

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Formulación y evaluación funcional de néctar de arándano
(*Vaccinium myrtillus*), maca (*Lepididium meyenii*) y camu
camu (*Myrciaria dubia*)**

**Tesis para obtener el título profesional de
Ingeniero Agroindustrial**

Autores:

**Bach. Loreño Jiménez, Estrella María
Bach. Loreño Jiménez, Fénex Oscar**

Asesor:

**Ms. Álvarez Carrillo, José Joaquín
DNI N° 33261142
Código ORCID: 0009-0008-9888-6095**

**Nuevo Chimbote - PERÚ
2026**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Yo, Ms. Álvarez Carrillo, José Joaquín, certifico mi asesoramiento de la tesis titulada: **“Formulación y evaluación funcional de néctar de arándano (*Vaccinium myrtillus*), maca (*Lepidium meyenii*) y camu camu (*Myrciaria dubia*)”**, cuyo autores son los **Bachilleres. Loreño Jiménez, Estrella María y Loreño Jiménez, Fénex Oscar**, ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al Reglamento General de grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa.

Ms. Álvarez Carrillo, José Joaquín

Asesor

DNI: 33261142

Código ORCID: 0009-0008-9888-6095

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



AVAL DEL JURADO EVALUADOR

Tesis titulada: **“Formulación y evaluación funcional de néctar de arándano (*Vaccinium myrtillus*), maca (*Lepidium meyenii*) y camu camu (*Myrciaria dubia*)”**, cuyo autores son los **Bachilleres. Loreño Jiménez, Estrella María y Loreño Jiménez, Fénex Oscar.**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. Castillo Martínez, Williams Esteward
Presidente

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009

Ms. Vásquez Guzmán, Juan Carlos
Secretario

DNI: 40787073

Código ORCID: 0000-0002-7112-4006

Ms. Álvarez Carrillo, José Joaquín
Integrante

DNI: 33261142

Código ORCID: 0009-0008-9888-6095

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las dieciocho horas y media del día ocho de mayo del año dos mil veintiséis, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso; el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 055-2026-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** **Presidente**
- **Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán**..... **Secretario**
- **Ms. Jose Joaquin Alvarez Carrillo**..... **Integrante,**

para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **“Formulación y Evaluación Funcional de Néctar de Arándano (*vaccinium myrtillus*) Maca (*Lepididium meyenii*) y Camu Camu (*myrciaria dubia*)”**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

**LOREÑO JIMENEZ ESTRELLA MARIA
LOREÑO JIMENEZ FENEX OSCAR**

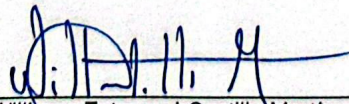
Asimismo, tienen como Asesora a la docente: **Ms. Jose Joaquin Alvarez Carrillo**

Finalizada la sustentación, los Tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. Acto seguido el Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

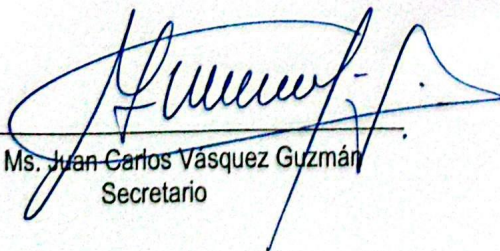
NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
LOREÑO JIMENEZ ESTRELLA MARIA	17	BUENO

Siendo las 19:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

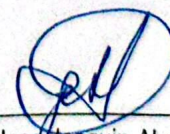
Nuevo Chimbote, 08 de mayo del 2026



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Presidente



Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán
Secretario



Ms. Jose Joaquin Alvarez Carrillo
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las dieciocho horas y media del día ocho de mayo del año dos mil veintiséis, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso; el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 055-2026-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** **Presidente**
- **Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán**..... **Secretario**
- **Ms. Jose Joaquin Alvarez Carrillo****Integrante,**

para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **“Formulación y Evaluación Funcional de Néctar de Arándano (*vaccinium myrtillus*) Maca (*Lepididium meyenii*) y Camu Camu (*myrciaria dubia*)”**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

LOREÑO JIMENEZ ESTRELLA MARIA
LOREÑO JIMENEZ FENEX OSCAR

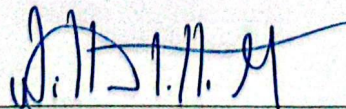
Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Ms. Jose Joaquin Alvarez Carrillo**

Finalizada la sustentación, los Tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. Acto seguido el Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

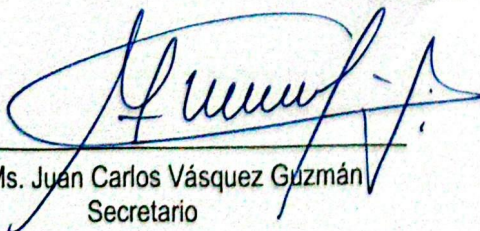
NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
LOREÑO JIMENEZ FENEX OSCAR	17	BUENO

Siendo las 19:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

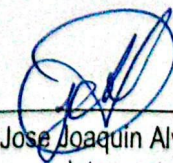
Nuevo Chimbote, 08 de mayo del 2026



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Presidente



Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán
Secretario



Ms. Jose Joaquin Alvarez Carrillo
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jose Joaquin Alvarez Carrilo
Título del ejercicio: Proyecto de Tesis
Título de la entrega: Formulación y evaluación funcional de néctar de arándano (Va...
Nombre del archivo: NFORME_DE_TESIS_FINAL-NECTAR-levantamiento_de_observa...
Tamaño del archivo: 36.18M
Total páginas: 124
Total de palabras: 22,068
Total de caracteres: 124,445
Fecha de entrega: 12-may-2026 09:48p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2959886278

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**“Formulación y evaluación funcional de néctar de arándano
(*Vaccinium myrtillus*), maca (*Lepidium meyenii*) y camu camu
(*Myrciaria dubia*)”**

Informe de Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTORES:

Bach. Loreño Jiménez, Estrella María

Bach. Loreño Jiménez, Fénex Oscar

ASESOR:

Mg. José Joaquín Álvarez Carrillo

DNI: 33261142

Código ORCID: 0009-0008-9888-6095

NUEVO CHIMBOTE- PERÚ

2026

Formulación y evaluación funcional de néctar de arándano (*Vaccinium myrtillus*), maca (*Lepidium meyenii*) y camu camu (*Myrciaria dubia*)

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	1library.co Fuente de Internet	1%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	app.inti.gob.ar Fuente de Internet	<1%
7	laccei.org Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1%
10	repositorio.unf.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Comenzar con Dios por la posibilidad de alcanzar este punto, bendecidos con salud y fortaleza para seguir adelante y cumplir mis objetivos, así como tener un futuro profesional brillante.

A mi grandiosa familia por siempre incentivarnos, apoyarnos e inspirarnos, en especial a nuestros padres por darnos su amor, sus consejos y grandes valores que rindieron frutos en nuestra formación personal y profesional.

Al cuerpo docente de nuestra institución, por proporcionar sus conocimientos, orientar nuestra educación y ayudarnos a convertirnos en individuos competentes y capaces.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera más sincera a la Universidad Nacional del Santa por ofrecernos la posibilidad de formarnos en términos académicos y por darnos los recursos que se requieren para realizar este proyecto de investigación.

Nuestra gratitud va para nuestra familia, pues nos proporcionaron apoyo y comprensión sin condiciones a lo largo de nuestra etapa en la universidad, brindando todo el respaldo posible para que pudiéramos finalizar nuestros estudios.

Queremos expresar nuestro agradecimiento, en particular, a nuestro asesor Mg. José Joaquín Álvarez Carrillo, debido a su guía invaluable, su compromiso inquebrantable y su destacado conocimiento en la materia de estudio. Su orientación experta ha sido crucial para llevar a cabo con éxito esta tesis.

Además, a lo largo de este programa, expreso mi agradecimiento a todos los maestros de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por compartir conmigo sus experiencias, su sabiduría y su tiempo. Sus enseñanzas han sido de gran ayuda para mi formación académica y han aportado al progreso de esta investigación.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. MARCO TEORICO.....	17
2.1. Antecedentes de Investigación.....	17
2.2. Arándano.....	20
2.2.1. Descripción Botánica y distribución.....	20
2.2.2. Requisitos Agronómicos.....	22
2.2.3. Composición química.....	24
2.2.4. Beneficios del arándano.....	25
2.3. Camu camu.....	26
2.3.1. Composición química.....	27
2.3.2. Beneficios del camu camu.....	30
2.4. Maca.....	31
2.4.1. Composición química.....	32
2.4.2. Beneficios nutricionales de la maca.....	33
2.5. Néctar de fruta.....	35
2.5.1. Proceso del néctar.....	36
2.5.2. Norma técnica peruana para elaboración de jugos, néctares y bebidas....	38
III. MATERIALES Y METODOS.....	40
3.1. Lugar de Ejecución.....	40
3.2. Materias Primas e insumos.....	40
3.3. Materiales, Equipos y Reactivos.....	41
3.3.1. Materiales de Laboratorio.....	41
3.3.2. Reactivos.....	42
3.3.3. Equipos.....	42
3.3.4. Otros materiales.....	43
3.4. Métodos.....	45
3.4.1. Diagrama de flujo de la elaboración del Néctar.....	45
3.4.2. Descripción de operaciones para la obtención de néctar de arándano, camu camu y maca.....	46
3.5. Métodos de Análisis.....	49

3.5.1.	Análisis de Composición Proximal.....	49
3.5.2.	Análisis de Características Físicoquímico.....	49
3.5.3.	Análisis de Características Funcionales.....	50
3.5.4.	Análisis Sensorial.....	52
3.6.	Diseño Experimental.....	52
3.7.	Diseño estadístico.....	54
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	55
4.1.	Caracterización de materia prima.....	55
4.1.1.	Arándano.....	55
4.1.2.	Camu Camu.....	58
4.1.3.	Harina de Maca.....	61
4.2.	Caracterización físicoquímica de las formulaciones de néctar.....	63
4.2.1.	Sólidos Solubles.....	63
4.2.2.	pH.....	65
4.2.3.	Acidez Titulable.....	68
4.2.4.	Densidad.....	70
4.2.5.	Viscosidad.....	71
4.3.	Color Instrumental de las formulaciones de néctar.....	75
4.4.	Contenido de Vitamina C de las formulaciones de néctar.....	82
4.5.	Caracterización funcional de las formulaciones de néctar.....	86
4.5.1.	Contenido de Compuestos Fenólicos Totales.....	86
4.5.2.	Capacidad Antioxidante.....	90
4.6.	Selección de la formulación óptima del néctar funcional.....	93
4.6.1.	Selección de los tratamientos con mejores características físicoquímicas y funcionales.....	93
4.6.2.	Evaluación sensorial de los tratamientos seleccionados.....	94
4.6.3.	Determinación de la formulación óptima.....	100
V.	CONCLUSIONES.....	102
VI.	RECOMENDACIONES.....	103
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
VIII.	ANEXOS.....	109
	Anexo 1. Caracterización Químico Proximal y Físicoquímica de las Materias Primas.....	109
	Anexo 2. Elaboración del Nectar Funcional.....	112
	Anexo 3. Determinación de las Características Físicoquímicas del Nectar Funcional.....	113

Anexo 4. Determinación de la Capacidad Antioxidante y Contenido de Polifenoles	118
Anexo 5. Ficha de la Evaluación Sensorial	121
Anexo 6. Desarrollo del Análisis Sensorial del Néctar Funcional.....	122

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arándano Azul (<i>Vaccinium corymbosum</i>).....	22
Figura 2. Fruto Camu Camu (<i>Myrciaria dubia</i>)	27
Figura 3. Tubérculo Maca Amarilla (<i>Lepidium meyenii</i>).....	32
Figura 4. Néctar de fruta	36
Figura 5 Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de arándano.....	45
Figura 6. <i>Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de camu camu</i>	46
Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de néctar de arándano, camu camu y maca	47
Figura 8. Diagrama del diseño experimental para obtener un néctar funcional optimo a base de arándano, camu camu y maca.....	56
Figura 9. Efecto de la formulación y dilución sobre el contenido de sólidos solubles (°Brix) del néctar funcional.....	67
Figura 10. Efecto de la formulación y dilución sobre el pH del néctar funcional	70
Figura 11. Efecto de la formulación y dilución sobre la acidez del néctar funcional	72
Figura 12. Efecto de la formulación y dilución sobre la acidez del néctar funcional	73
Figura 13. Efecto de la formulación y dilución sobre la viscosidad del néctar funcional	75
Figura 14. Apariencia visual de las diferentes formulaciones de néctar funcional en función de la formulación (F1-F3) y dilución (D1-D3)	79
Figura 15. Efecto de la formulación y dilución sobre la luminosidad del néctar funcional	81
Figura 16. Efecto de la formulación y dilución sobre a* del néctar funcional	82
Figura 17. Efecto de la formulación y dilución sobre b* del néctar funcional	84
Figura 18. Efecto de la formulación y dilución sobre la vitamina C del néctar funcional	87
Figura 19. Efecto de la formulación y dilución sobre el contenido de Polifenoles Totales del néctar funcional	92
Figura 20. Efecto de la formulación y dilución sobre la capacidad antioxidante (ABTS) del néctar funcional	95
Figura 21. Atributo de olor sensorial del néctar funcional.....	97
Figura 22. Atributo de color sensorial del néctar funcional.....	99
Figura 23. Atributo de color sensorial del néctar funcional.....	100
Figura 24. Atributo de aceptabilidad general sensorial del néctar funcional.....	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Composición química del fruto de arándano (g/100g)</i>	24
Tabla 2. <i>Composición química de 100 g de pulpa de Camu camu</i>	27
Tabla 3. <i>Análisis bromatológico de la raíz seca de maca</i>	32
Tabla 4. <i>Niveles de variables independientes en el Diseño Factorial Categórico</i>	55
Tabla 5. <i>Plan de prueba nominal para el diseño experimental</i>	55
Tabla 6. <i>Composición proximal de arándano en 100 g de pulpa</i>	57
Tabla 7. <i>Caracterización Físicoquímica de arándano en 100 g de pulpa</i>	59
Tabla 8. <i>Composición proximal de camu camu en 100 g de pulpa</i>	60
Tabla 9. <i>Caracterización Físicoquímica de camu camu en 100 g de pulpa</i>	62
Tabla 10. <i>Composición proximal de harina de maca</i>	64
Tabla 11. <i>Análisis de varianza de los Sólidos Solubles (°Brix) en base a los ensayos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	67
Tabla 12. <i>Análisis de varianza del pH en base a los ensayos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	69
Tabla 13. <i>Análisis de varianza de la Acidez (%) en base a los ensayos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	71
Tabla 14. <i>Análisis de varianza de la Densidad (g/ml) en base a los ensayos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	73
Tabla 15. <i>Análisis de varianza de la viscosidad (cP) en base a los ensayos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	75
Tabla 16. <i>Resultados de los parámetros físicoquímicos de las formulaciones de néctar elaboradas a partir de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca</i>	76
Tabla 17. <i>Resultados de los parámetros de color instrumental del néctar funcional a partir de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca</i>	78
Tabla 18. <i>Análisis de varianza de Luminosidad (L*) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	80
Tabla 19. <i>Análisis de varianza de a* en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y</i>	82
Tabla 20. <i>Análisis de varianza de b* en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	83
Tabla 21. <i>Resultados del contenido de vitamina C en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca</i>	84

funcionales y sensoriales.
viii

Tabla 22. Análisis de varianza de vitamina C en base a los ensayos del néctar de arándano, camu camu y maca	87
Tabla 23. Resultados del contenido de Polifenoles Totales del néctar funcional a partir de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca Resultados del contenido de Polifenoles Totales del néctar funcional a partir de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca.....	90
Tabla 24. Análisis de varianza del Contenido de Polifenoles Totales en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca	91
Tabla 25. Análisis de varianza del Contenido de Polifenoles Totales en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca	93
Tabla 26. Análisis de varianza de la capacidad antioxidante (ABTS) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca	94
Tabla 27. Comparación de los tratamientos seleccionados con mejores características fisicoquímicas y funcionales	96
Tabla 28. Análisis de Varianza de olor sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional.....	98
Tabla 29. Análisis de Varianza de color sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional Análisis de Varianza de color sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional	99
Tabla 30. Análisis de Varianza de sabor sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional.....	100
Tabla 31. Análisis de Varianza de sabor sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional.....	102
Tabla 32. Medias de los atributos sensoriales y comparación múltiple de Tukey de las formulaciones de néctar funcional	102
Tabla 33. Características Fisicoquímicas y funcionales del mejor tratamiento del néctar a partir de pulpa de arándano, harina de maca amarilla y pulpa de camu camu.....	103

RESUMEN

El Perú posee una amplia diversidad de frutas y cultivos andinos con alto valor nutricional y funcional, entre los que destacan el arándano, el camu camu y la maca, reconocidos por su elevado contenido de compuestos bioactivos, antioxidantes y micronutrientes beneficiosos para la salud. Esta investigación tuvo como objetivo formular y evaluar un néctar funcional a base de arándano, camu camu y harina de maca, con el fin de determinar la formulación óptima que maximice sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales.

viii

Para la formulación del producto, se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3^2 , considerando como factores la formulación y la dilución. El factor formulación incluyó tres niveles: F1 (55% PA, 5% HM y 40% PCC), F2 (60% PA, 10% HM y 30% PCC) y F3 (65% PA, 15% HM y 20% PCC); mientras que el factor dilución comprendió tres niveles: D1 (1:1), D2 (1:2) y D3 (1:3), obteniéndose nueve tratamientos.

Los tratamientos fueron evaluados mediante análisis fisicoquímicos y de color instrumental, evidenciándose que ambas variables influyeron significativamente ($p < 0.05$) en las características del producto. A partir de estos resultados, se seleccionaron los tres tratamientos con mejores propiedades para su evaluación sensorial mediante prueba de aceptabilidad y comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$). El tratamiento F1D1 fue identificado como el óptimo, destacando principalmente en el atributo color y mostrando una aceptabilidad general favorable.

El tratamiento óptimo evidenció valores de 14.69 °Brix, pH de 3.14, acidez de 0.240%, densidad de 1.065 g/mL y viscosidad de 60.1 cP, lo que indica un producto con adecuada estabilidad y consistencia tipo néctar premium. Asimismo, presentó un contenido de fenólicos totales de 134.84 mg GAE/100 mL, una capacidad antioxidante de 1368.5 μ mol Trolox/100 mL y de vitamina C de 4.46 mg/100 g, confirmando su potencial funcional.

En conclusión, la combinación de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca permite desarrollar un néctar funcional con propiedades fisicoquímicas, sensoriales y antioxidantes favorables, constituyendo una alternativa innovadora para la valorización de materias primas nativas y con alto potencial de aplicación en el mercado de bebidas saludables.

Palabras clave: néctar funcional; arándano; camu camu; maca; formulación; capacidad antioxidante; compuestos fenólicos; aceptabilidad sensorial

ABSTRACT

Peru boasts a wide variety of Andean fruits and crops with high nutritional and functional value, including blueberries, camu camu, and maca, recognized for their high content of bioactive compounds, antioxidants, and micronutrients beneficial to health. The objective of this research was to formulate and evaluate a functional nectar based on blueberries, camu camu, and maca flour, in order to determine the optimal formulation that maximizes its physicochemical, functional, and sensory properties.

For the product formulation, a completely randomized design with a 3^2 factorial arrangement was used, considering formulation and dilution as factors. The formulation factor included three levels: F1 (55% PA, 5% HM, and 40% PCC), F2 (60% PA, 10% HM, and 30% PCC), and F3 (65% PA, 15% HM, and 20% PCC). The dilution factor comprised three levels: D1 (1:1), D2 (1:2), and D3 (1:3), resulting in nine treatments.

The treatments were evaluated using physicochemical and instrumental color analyses, revealing that both variables significantly influenced ($p < 0.05$) the product's characteristics. Based on these results, the three treatments with the best properties were selected for sensory evaluation using Tukey's multiple comparison test ($p < 0.05$). Treatment F1D1 was identified as the optimal treatment, standing out primarily in the color attribute and showing favorable overall acceptability.

The optimal treatment exhibited values of 14.69 °Brix, pH of 3.14, acidity of 0.240%, density of 1.065 g/mL, and viscosity of 60.1 cP, indicating a product with adequate stability and a premium nectar-like consistency. It also presented a total phenolic compound content of 134.84 mg GAE/100 mL, an antioxidant capacity of 1368.5 μ mol Trolox/100 mL, and a vitamin C content of 4.46 mg/100 g, confirming its functional potential.

In conclusion, the combination of blueberry pulp, camu camu, and maca flour allows for the development of a functional nectar with favorable physicochemical, sensory, and antioxidant properties, constituting an innovative alternative for the valorization of native raw materials and with high potential for application in the healthy beverage market.

Keywords: functional nectar; blueberry; camu camu; maca; formulation; antioxidant capacity; phenolic compounds; sensory acceptability

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las enfermedades no transmisibles (ENT), tales como la obesidad, la diabetes mellitus tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares, se han consolidado como uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial (Bazalar Pereda *et al.*, 2024). Estos trastornos están estrechamente afines con patrones alimentarios inadecuados, el elevado consumo de productos ultra procesados y bebidas azucaradas, así como con estilos de vida sedentarios. En el contexto peruano, esta problemática resulta particularmente preocupante, ya que más del 60% de la población adulta presenta sobrepeso u obesidad, situación que incrementa el riesgo de desarrollar complicaciones metabólicas y cardiovasculares a mediano y largo plazo (MINSA, 2022).

Paralelamente, el crecimiento poblacional proyectado para las próximas décadas plantea un desafío adicional para los sistemas alimentarios globales, no solo en términos de cantidad, sino también de calidad nutricional (ONU, 2019). La necesidad de producir alimentos suficientes, accesibles y con alto valor nutricional exige el desarrollo de alternativas innovadoras que respondan tanto a la demanda creciente como a la preocupación por la salud y el bienestar (OMS, 2018). En este escenario, el diseño y desarrollo de alimentos funcionales surge como una estrategia relevante para contribuir a la prevención de enfermedades crónicas mediante la alimentación.

Los alimentos funcionales se definen como aquellos que, además de cumplir su función básica de nutrición, aportan beneficios adicionales para la salud, ya sea por la presencia de compuestos bioactivos, antioxidantes, fibra dietaria, vitaminas o minerales en concentraciones significativas (Mozo & Chuquicusma, 2023). En

los últimos años, el interés del consumidor por este tipo de productos ha experimentado un crecimiento sostenido, impulsado por una mayor conciencia sobre la relación entre dieta y salud. Dentro de esta categoría, las bebidas funcionales ocupan un lugar destacado debido a su practicidad, facilidad de consumo y amplia aceptación en diferentes grupos etarios (Jiménez, 2019).

En el mercado de bebidas, los néctares constituyen una alternativa intermedia entre los jugos 100% fruta y las bebidas azucaradas. Se caracterizan por contener un porcentaje determinado de pulpa de fruta, generalmente entre 25% y 50%, mezclada con agua y, en algunos casos, azúcares o edulcorantes. Esta matriz líquida ofrece ventajas tecnológicas importantes, ya que permite la incorporación y estabilidad de compuestos bioactivos, así como la formulación de mezclas que optimicen tanto el perfil nutricional como las características sensoriales del producto final (Calvo *et al.*, 2019).

En Perú, la diversidad agroecológica ofrece una amplia disponibilidad de frutas y cultivos con alto potencial funcional que aún no han sido plenamente aprovechados en la industria de bebidas. Entre ellos destacan el arándano, la maca y el camu camu, tres materias primas con propiedades nutricionales y nutracéuticos ampliamente reconocidas (Arellano-Acuña *et al.*, 2016).

El arándano (*Vaccinium myrtillus*) es un fruto apreciado por su elevado contenido de antocianinas y otros compuestos fenólicos con potente actividad antioxidante. Estos compuestos han sido asociados con la reducción del estrés oxidativo, la mejora de la salud cardiovascular y posibles efectos protectores a nivel cognitivo (Aaby *et al.*, 2025). Además, el Perú es considerado uno de los principales

productores y exportadores de arándano a nivel mundial, lo que garantiza su disponibilidad y relevancia económica (Castro, 2019).

La maca (*Lepidium meyenii*), por su parte, es un tubérculo andino tradicionalmente utilizado por sus propiedades energizantes y adaptogénicas. Su composición incluye proteínas, minerales como el potasio y compuestos bioactivos tales como esteroides vegetales, a los cuales se les atribuyen efectos en la regulación hormonal y el bienestar general (Dokkedal-Silva *et al.*, 2024). La revalorización de la maca en productos industrializados no solo aporta beneficios nutricionales, sino que también fortalece la identidad y el aprovechamiento de cultivos originarios

El camu camu (*Myrciaria dubia*), fruta amazónica reconocida por su extraordinaria concentración de vitamina C, es la fuente natural más rica de este nutriente (García-Chacón *et al.*, 2024). La vitamina C desempeña un papel fundamental en el fortalecimiento del sistema inmunológico, la síntesis de colágeno y la neutralización de radicales libres. Su incorporación en una bebida funcional podría contribuir significativamente al aporte antioxidante del producto.

La combinación de estas tres materias primas en un néctar funcional plantea una propuesta innovadora desde el punto de vista tecnológico y nutricional. Sin embargo, el desarrollo de un producto de estas características requiere una formulación óptima que equilibre adecuadamente las proporciones de cada ingrediente, garantizando un perfil sensorial aceptable para el consumidor y, al mismo tiempo, maximizando su contenido de compuestos bioactivos y estabilidad fisicoquímica (Huertas & Quispe, 2020).

Asimismo, es necesario evaluar parámetros como sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable, contenido de vitamina C, comportamiento reológico y estabilidad durante el almacenamiento, con el fin de asegurar la calidad y vida útil del producto. La aceptación sensorial resulta igualmente determinante, ya que el éxito comercial de una bebida funcional depende no solo de sus beneficios para la salud, sino también de su sabor, aroma, color y textura.

En este contexto, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la formulación óptima de un néctar a base de arándano (*Vaccinium myrtillus*), maca (*Lepidium meyenii*) y camu camu (*Myrciaria dubia*) que permita maximizar sus propiedades nutricionales y su aceptabilidad sensorial?

Para dar respuesta a esta interrogante, se estableció como objetivo general formular y evaluar un néctar funcional a base de arándano, maca y camu camu, con el fin de determinar la formulación óptima que maximice sus beneficios nutricionales, funcionales y sensoriales, contribuyendo al desarrollo de néctares innovadores orientados a la promoción de estilos de vida saludables.

Asimismo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: a) Determinar la composición proximal y las características fisicoquímicas del arándano, camu camu y harina de maca como materias primas.; b) Formular diferentes tratamientos del néctar funcional mediante un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial; c) Evaluar las características fisicoquímicas y funcionales de las formulaciones (°Brix, pH, acidez, viscosidad, vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante), con el fin de seleccionar los mejores tratamientos y d) Determinar el tratamiento óptimo del néctar en función de sus características sensoriales (color, olor, sabor y aceptabilidad general).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

Barrionuevo (2024) desarrolló y evaluó un néctar a base de mashua, mango y maracuyá, empleando un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 3^2 . En este estudio se consideraron como factores las formulaciones, compuestas por distintas proporciones de pulpa de mango, jugo de maracuyá y pulpa de mashua. Se establecieron tres combinaciones específicas: (i) 77.5% de pulpa de mango, 15% de jugo de maracuyá y 7.5% de pulpa de mashua; (ii) 80% de pulpa de mango, 10% de jugo de maracuyá y 10% de pulpa de mashua; y (iii) 82.5% de pulpa de mango, 5% de jugo de maracuyá y 12.5% de pulpa de mashua. Asimismo, se evaluaron tres niveles de dilución (1:2.5, 1:3 y 1:3.5). Como resultado, se determinó que el tratamiento óptimo correspondió a la formulación con 82.5% de pulpa de mango, 5% de jugo de maracuyá y 12.5% de pulpa de mashua, utilizando una dilución de 1:2.5.

Simpalo-Lopez et al. (2024) desarrollaron una bebida funcional a base de pulpa de arándano (PA), extracto soluble de maíz morado (EM) e infusión de moringa (IM), utilizando un diseño experimental de mezclas simplex-centroide. El estudio comprendió 10 formulaciones con proporciones variables de 40–50% de arándano, 30–35% de maíz morado y 25–30% de moringa. Se evaluaron parámetros como la aceptabilidad sensorial, el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante. Los autores observaron que una mayor proporción de pulpa de arándano mejoró significativamente la aceptación sensorial, particularmente el atributo sabor, mientras que el incremento del extracto de maíz morado redujo dicha preferencia. Además, las formulaciones con mayor contenido de PA presentaron valores superiores de fenoles totales y

capacidad antioxidante. La formulación considerada óptima estuvo compuesta por 45% de PA, 30% de EM y 25% de IM, obteniendo una aceptación sensorial de 8.72 puntos, 371.25 mg GAE/100 g de fenoles totales y una capacidad antioxidante de 49.26 μ moles TE/mg.

Caballero y Paredes (2017) desarrollaron y evaluaron un néctar elaborado a partir de guanábana y quinua, endulzado con stevia. En su estudio, formularon seis tratamientos que combinaron distintos tipos de quinua (tostada y sin tostar) con pulpa de guanábana en proporciones de 80:20, 85:15 y 90:10. La evaluación sensorial, realizada con un panel de consumidores semientrenados, evidenció una mayor preferencia por la formulación compuesta por 80% de pulpa de guanábana y 20% de quinua sin tostar. Esta combinación presentó una composición final de 91.4% de humedad, 7.83% de proteínas y un contenido de vitamina C de 4.52 mg/100 g. Asimismo, el producto mostró condiciones microbiológicas adecuadas, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.

Gómez y Yauri (2019) evaluaron el efecto de la incorporación de pulpa de tuna roja sobre las propiedades nutricionales y organolépticas de un néctar de maca en la provincia de Junín. Para ello, elaboraron tres formulaciones: Se formularon tres tratamientos: A (20% de pulpa de tuna y 80% de jugo de maca), B (40% de pulpa de tuna y 60% de jugo de maca) y C (60% de pulpa de tuna y 40% de jugo de maca), además de una muestra control elaborada exclusivamente con néctar de maca, sin incorporación de pulpa de tuna. Todas las formulaciones fueron preparadas con una dilución de 1:3 (jugo: agua). Los resultados de la evaluación sensorial, analizados estadísticamente, evidenciaron que la formulación B,

compuesta por 40% de pulpa de tuna, obtuvo el mayor grado de aceptación entre los consumidores.

Chuquivilca (2017) elaboró un plan de negocio enfocado en la creación de una empresa dedicada a la exportación y comercialización de un néctar de maca y quinua endulzado con stevia, presentado en envases Tetra Pak de 500 mL, orientado al mercado de New Jersey, Estados Unidos. El producto fue concebido para consumidores de todas las edades, destacando por su sabor agradable y la ausencia de contraindicaciones, lo que lo hace adecuado para deportistas, ejecutivos y estudiantes. Asimismo, se proyecta como una alternativa atractiva en el mercado objetivo, debido a que sus ingredientes poseen un alto valor nutricional reconocido a nivel internacional.

Obregón-La Rosa *et al.* (2019) desarrollaron un néctar funcional mediante la combinación de aguaymanto, camu camu y pitahaya, incorporando fibra soluble y aplicando un diseño experimental de mezclas. Como resultado, determinaron que la formulación óptima estuvo compuesta por 53.92% de aguaymanto, 34.08% de camu camu y 12% de pitahaya. Asimismo, evidenciaron que los parámetros fisicoquímicos como acidez, pH, sólidos solubles y contenido de vitamina C del néctar enriquecido no presentaron diferencias significativas en comparación con un néctar convencional elaborado con CMC. Sin embargo, el producto enriquecido mostró mayores valores de fibra total y viscosidad respecto al néctar tradicional.

Calderón *et al.* (2018) desarrollaron un néctar multifrutos de segunda generación utilizando una combinación de frutas (carambola), hortalizas (yacón, zanahoria y maca) e hidrolizados proteicos. La formulación establecida incluyó: 21,42% de

carambola, 7,14% de yacón, 7,14% de zanahoria, 3,57% de maca, 1,75% de quinua, 53,54% de agua, 8,42% de azúcar, 0,02% de CMC y 0,02% de ácido cítrico. Para su conservación, el néctar fue sometido a un proceso de pasteurización a una temperatura constante de 99,6 °C, monitoreándose la variación térmica en el punto más frío del envase mediante el uso de termocuplas, obteniéndose como resultado un valor específico de temperatura.

Estos antecedentes no solo proporcionan evidencia sobre la viabilidad en la elaboración de néctares, sino que también resaltan la importancia de explorar alternativas de industrialización que beneficien a los productores locales del camu camu y arándano.

2.2.Arándano

2.2.1. Descripción Botánica y distribución

El arándano conocido por su nombre científico *Vaccinium myrtillus*, es un arbusto de bajo crecimiento originario del norte de Europa, que también se encuentra en algunas regiones de América del Norte y Asia (Antonella *et al.*, 2018). Esta planta, también llamada arándano europeo, arándano azul y arándano rojo, pertenece al amplio género *Vaccinium*, que incluye otras variedades como el arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) y el arándano rojo (*Vaccinium macrocarpon*). Aunque a menudo se confunden los arándanos azules por su apariencia similar, los verdaderos arándanos son nativos de Estados Unidos (Chu *et al.*, 2011).

El arándano es un arbusto perenne que generalmente crece entre 35 y 60 cm de altura. Estas plantas suelen desarrollarse en brezales, prados y bosques húmedos de coníferas, prefiriendo condiciones de sombra moderada y

humedad moderada. Se adaptan bien a suelos ácidos, incluyendo suelos forestales orgánicos, brezales minerales montañosos y antiguas turberas, especialmente en Europa central y septentrional (Martau *et al.*, 2023).

Los arándanos, como se muestra en la Figura 1, son silvestres y están naturalmente adaptados a ecosistemas forestales boreales y templados, lo que implica que tienen requisitos agronómicos específicos para lograr un crecimiento y productividad óptimos (Kayes, 2020). Para cultivar arándanos con éxito, es fundamental gestionar adecuadamente las condiciones del suelo, el clima, la disponibilidad de agua y los niveles de nutrientes, replicando así los entornos naturales en los que se desarrollan (Nguyen *et al.*, 2024). Cumplir con estas necesidades agronómicas es esencial para mantener la salud de las plantas y maximizar el rendimiento de las bayas, especialmente dado el creciente interés en el cultivo comercial de arándanos.

Figura 1

Fruto y planta de arándano azul (Vaccinium corymbosum)



Nota: Tomado de Quezada y Yenque (2019)

2.2.2. Requisitos Agronómicos

Los arándanos, al ser silvestres y estar naturalmente adaptados a los ecosistemas forestales boreales y templados, tienen requisitos agronómicos específicos para un crecimiento y una productividad óptimos. El cultivo exitoso de arándanos implica gestionar cuidadosamente las condiciones del suelo, el clima, la disponibilidad de agua y los niveles de nutrientes para replicar los entornos naturales en los que prosperan (Li *et al.*, 2024). Satisfacer estas necesidades agronómicas es crucial para mantener la salud de las plantas y maximizar el rendimiento de las bayas, especialmente a medida que crece el interés en el cultivo comercial de arándanos.

Las variedades de arándanos pueden clasificarse según sus necesidades de frío: altas, moderadas y bajas. Las condiciones de frío, esenciales para el inicio de la floración después del invierno, influyen significativamente en el crecimiento de las plantas perennes (Campa, 2018). Históricamente, los arándanos prosperaron en las regiones del norte de los Estados Unidos, donde las condiciones edafoclimáticas favorables, incluido un pH de 4,8 y temperaturas entre 0 y 7 °C, respaldaron su crecimiento. Sin embargo, el aumento de las temperaturas, la sequía y los fenómenos meteorológicos adversos plantean serios desafíos para la producción de arándanos. La sequía puede conducir a rendimientos reducidos, mientras que las temperaturas elevadas afectan negativamente a la polinización y al desarrollo de la fruta (Manzanero *et al.*, 2023). Los altos niveles de UV atmosférico comprometen aún más la producción y la calidad de la fruta. Las hibridaciones interespecíficas con especies silvestres de arbustos bajos del sur han dado como resultado variedades que pueden tolerar una gama más amplia de climas,

lo que ayuda a mantener el rendimiento y la calidad de la fruta. El aumento de las temperaturas globales en las últimas décadas puede haber facilitado la adaptación de estas variedades a un mayor estrés térmico durante el desarrollo de la fruta, lo que es crucial para mantener y aumentar la producción de arándanos en todo el mundo (Vaneková *et al.*, 2020).

La cosecha de arándanos, que es un arbusto silvestre, implica una cuidadosa sincronización, métodos, y consideración ambiental (Titus *et al.*, 2021), para mantener tanto la calidad de las bayas como la integridad de su hábitat natural. Creciendo en suelos ácidos en bosques y regiones montañosas, los arándanos generalmente se recolectan entre julio y agosto, sincronizados con su plena madurez para asegurar un sabor óptimo y valor nutricional (Hellstrom *et al.*, 2024). La cosecha de arándanos se realiza predominantemente a mano, un proceso intensivo en mano de obra que sigue siendo favorecido para las bayas que a menudo se cosechan para el consumo directo. A pesar del esfuerzo involucrado, la cosecha manual es popular debido a su eficacia para garantizar fruta de alta calidad mientras se minimiza el daño a las plantas.

2.2.3. Composición química

Este fruto es considerado altamente saludable debido a su importante aporte de antioxidantes, vitaminas A, C y del complejo B, así como antocianinas y minerales esenciales como zinc, cobre, hierro y selenio, además de fibra dietética (Romero, 2016). Se caracteriza también por su bajo contenido calórico y su elevado porcentaje de agua, que supera el 80% de su peso total. Asimismo, contiene diversos compuestos fitoquímicos asociados a atributos organolépticos, nutricionales y funcionales. Entre sus principales beneficios

para la salud destaca su capacidad para fortalecer el sistema inmunológico y contribuir a la prevención de enfermedades (Quezada & Yenque, 2019).

Con el propósito de brindar una visión general sobre las propiedades de este fruto, en la Tabla 1 se presenta la composición química del arándano.

Tabla 1

Composición química del fruto de arándano

Componentes	Munitz (2013)	Medina y Sánchez (2020)
Agua (g/100 g)	83.2	84.2
Carbohidratos (g/100 g)	15.3	6.05
Proteínas (g/100 g)	0.7	0.87
Fibra (g/100 g)	1.5	2.4
Azúcares totales (g/100 g)	10–14	9.96
Glucosa (g/100 g)	3.92	10.6
Grasas (g/100 g)	0.5	0.33
Acidez titulable (g/100 g)	0.3–0.38	—
Fructosa (g/100 g)	4.04	4.0
Sólidos solubles (°Brix)	10.1–14.2	—
Ácido ascórbico (mg/100 g)	14	11.5
Sacarosa (g/100 g)	0.24	1
Vitamina A (UI)	100	148
Pectinas (g/100 g)	0.5	—
Ácidos fenólicos (mg)	—	2.9
Flavonoides (mg)	—	1.27
Polifenoles totales (mg GAE/100 g)	—	4.84

Nota. Datos tomados de Munitz (2013) y Medina y Sánchez (2020).

De acuerdo con PROMPERÚ (2020), el arándano posee un importante contenido de vitamina C, con concentraciones aproximadas entre 11 y 13 mg/100 g, lo que favorece su actividad antioxidante. Además, destaca por ser una buena fuente de potasio, hierro, calcio, taninos con propiedades astringentes, diversos ácidos orgánicos y fibra dietética, la cual contribuye al adecuado funcionamiento intestinal. No obstante, una de las características más relevantes de este fruto es la presencia de pigmentos naturales, como

antocianinas y carotenoides, responsables de su elevada capacidad antioxidante.

3.1.1. Beneficios del arándano

Los arándanos son ricos en fitoquímicos antioxidantes y son valorados por sus beneficios para la salud, principalmente debido a los complejos perfiles de antocianinas, flavonoles, ácidos fenólicos y flavanoles. Los arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.) contienen más de 650 antocianinas, siendo la cianidina-3-O-glucósido la más frecuente (Chen *et al.*, 2022). Las antocianidinas clave incluyen cianidina, delphinidina y malvidina, diferenciadas por grupos hidroxilo y metoxi (Pires *et al.*, 2020). Los flavonoles como la quercetina y la miricetina ofrecen efectos antioxidantes y antiinflamatorios, mientras que las proantocianidinas mejoran la actividad antioxidante. Los ácidos fenólicos comunes incluyen los ácidos clorogénico y neoclorogénico, vinculados a efectos terapéuticos contra enfermedades como el Parkinson y el cáncer gástrico (Murai, 2023). El ácido elágico, presente en diversas bayas, es un compuesto fenólico con reconocida actividad antioxidante y potencial efecto cardioprotector, el cual ha sido asociado con la modulación del metabolismo lipídico y la presión arterial (González-Sarrías *et al.*, 2017).

Los arándanos generalmente contienen niveles más altos de antocianinas, ácidos hidroxicinámicos y fenoles totales, lo que contribuye a efectos antioxidantes y antiinflamatorios más fuertes, que son particularmente beneficiosos para combatir el estrés oxidativo y reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Dare *et al.*, 2022). Los arándanos, sin embargo, ofrecen cantidades significativas de flavonoles y, lo

que apoya la función cognitiva, mejora la sensibilidad a la insulina y protege contra enfermedades crónicas. Ambas frutas brindan valiosos beneficios para la salud, ya que los arándanos ofrecen un perfil más potente para ciertas afecciones y los arándanos azules brindan una variedad completa de efectos protectores.

3.2. Camu camu

El camu camu es un fruto originario de la Amazonía que se caracteriza por su sabor ácido y su elevado contenido de vitamina C, considerado uno de los más altos entre las frutas. Este nutriente, junto con otros compuestos antioxidantes, contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico, al mantenimiento de la salud de la piel y a la protección frente a procesos inflamatorios. Asimismo, aporta minerales como calcio, hierro, potasio y fósforo, lo que incrementa su valor nutricional (Quispe, 2022).

El camu camu destaca como una fuente importante de ácido ascórbico, el cual se encuentra en mayor concentración en la cáscara del fruto, especialmente en estados de madurez avanzada. Debido a su alto contenido de vitamina C y su potencial productivo, esta especie es considerada promisorio, ya que puede cultivarse en zonas intervenidas y presenta una creciente demanda en los mercados internacionales (Dos Santos *et al.*, 2018).

Desde el punto de vista morfológico, el fruto es esférico, de pequeño tamaño y presenta entre dos y tres semillas. Su color varía desde verde hasta tonos rojizos o púrpuras conforme avanza su maduración, con un peso que oscila entre 2 y 20 gramos. No obstante, cuando alcanza su estado maduro, resulta difícil de transportar debido a su alta perecibilidad, asociada a su elevado contenido de agua y vitamina C (Copes, 2022).

Figura 2

Fruto y planta de camu camu (*Myrciaria dubia*)



Nota: Tomado de Quezada y Yenque (2019)

3.2.1. Composición química

La Tabla 2 presenta la composición química de la pulpa de camu camu reportada por diferentes fuentes, evidenciando un alto contenido de humedad y una destacada concentración de ácido ascórbico, lo que resalta su valor nutricional y funcional.

Tabla 2

Composición química de la pulpa de camu camu

Propiedades	Copes (2022)	Sinchi (2010)	SciELO (2016)
Humedad (g/100 g)	93.30	92.32	93.20
Proteína (g/100 g)	0.50	1.31	0.50
Grasa (g/100 g)	0.10	1.70	—
Carbohidratos (g/100 g)	5.90	5.77	4.00
Ceniza(g/100 g)	0.20	0.20	0.20
Fibra (g/100 g)	0.40	0.30	0.50
Calcio (mg)	28	—	28
Fósforo (mg)	15	—	15
Hierro (mg)	0.50	—	0.50
Tiamina (mg)	0.01	—	0.01
Riboflavina (mg)	0.04	—	0.04
Niacina (mg)	0.61	—	0.61
Ácido ascórbico (mg)	—	—	2089

Nota. Valores expresados en base a 100 g de pulpa fresca. (-) dato no reportado. Elaboración propia con base en Copes (2022), Sinchi (2010) y SciELO (2016).

El camu camu presenta una destacada actividad antioxidante y propiedades biológicas que favorecen la protección celular, especialmente frente a procesos de inflamación y estrés oxidativo, lo que respalda su consideración como un alimento funcional (Beltrán & Urcia, 2018).

Asimismo, esta fruta ofrece diversos beneficios para la salud, entre ellos efectos antimicrobianos y potenciales acciones preventivas frente a la obesidad, la diabetes y enfermedades cardiovasculares. También contribuye a la protección de la mucosa intestinal y, en combinación con la maca negra, se ha asociado con un posible incremento en la producción de espermatozoides (Copes, 2022).

La pulpa de camu camu presenta características fisicoquímicas particulares, con un pH que oscila entre 1,44 y 3,5, una acidez titulable de 1,68 a 5,48 meq/kg, sólidos solubles totales entre 6,2 y 12,32 °Brix, azúcares totales de 1,51 a 1,54 g de glucosa/100 g, azúcares reductores de 2,35 a 4,70 g/100 g y un contenido de humedad de 92,5 a 93,2% (Fujita *et al.*, 2017). Estos valores pueden variar en función del origen, el genotipo y las condiciones de procesamiento.

Además de su alto contenido de vitamina C, la pulpa contiene diversos compuestos bioactivos, como quercetina (42 mg/100 g en base seca), kaempferol (2,1 mg/100 g), cianidina (306 mg/100 g), ácido elágico total y libre (16 mg/100 g y 490 mg/100 g, respectivamente), antocianinas (9,98 mg/100 g), compuestos fenólicos (861,73 mg/100 g) y flavonoides (6,53 mg/100 g), los cuales explican su elevada capacidad antioxidante (Fujita *et al.*, 2013).

Asimismo, la pulpa, tanto en estado fresco como deshidratado, presenta actividad inhibitoria sobre enzimas relacionadas con la digestión de carbohidratos, como la α -amilasa (299 a 11,568 $\mu\text{g/mL}$) y la α -glucosidasa (2,98 a 26,88 $\mu\text{g/mL}$). Sin embargo, la inhibición es más significativa en la α -glucosidasa que en la α -amilasa, en comparación con el fármaco acarbosa (3,05 $\mu\text{g/mL}$), lo cual resulta favorable, ya que una inhibición excesiva de la α -amilasa puede generar efectos adversos (Fujita *et al.*, 2015; Cardullo *et al.*, 2020; Kaneshima *et al.*, 2016).

Debido a su sabor amargo en estado fresco, el camu camu suele ser procesado en forma de pulpa congelada o en polvo para su comercialización y exportación. No obstante, el proceso de obtención de pulpa genera aproximadamente un 50% de residuos (EMBRAPA, 2012). En este contexto, el creciente número de investigaciones sobre los coproductos derivados de su procesamiento evidencia su potencial valor nutricional y funcional (Conceição *et al.*, 2020; de Abreu Figueredo *et al.*, 2020).

3.2.2. Beneficios del camu camu

El conocimiento de las propiedades de todas las partes del fruto es indispensable para indicar su adecuada funcionalidad y aplicaciones. Además, permite obtener datos sobre el mejor período de cosecha y las influencias edafoclimáticas para el uso adecuado de sus constituyentes fitoquímicos, contribuyendo a la reducción de pérdidas de cosecha y procesamiento lo que, considerando el correcto aprovechamiento de todo el fruto, significa también una reducción de costos y residuos al medio ambiente.

El camu-camu destaca por su alto contenido de vitamina C de 1,79 a 6,11 g/100 g (Freitas *et al.*, 2016), superior a otras frutas fuentes de esta vitamina, lo que le confiere a esta fruta un enorme potencial nutricional y económico (Santos *et al.*, 2018). Contiene varios fitoquímicos, aminoácidos , ácidos grasos esenciales y minerales (potasio, hierro, selenio, calcio y magnesio) (Castro *et al.*, 2018) que potencian su utilización por la industria en general.

Es internacionalmente conocida como una superfruta por su influencia benéfica en la salud, como lo presenta el estudio de Inoue *et al.* (2008) , en el cual un grupo de individuos que ingirió 70 mL de jugo de camu-camu con el equivalente a 1050 mg de vitamina C obtuvo una reducción en los marcadores de estrés oxidativo en comparación con el grupo que consumió tabletas con la misma cantidad de vitamina C. Probablemente los buenos resultados para la salud no solo se puedan atribuir al contenido de ácido ascórbico , sino también a todos los constituyentes fitoquímicos presentes en la fruta. Sin embargo, la fruta de camu-camu tiene alta acidez, lo que dificulta el consumo de la fruta fresca y favorece su procesamiento para transformación en pulpa de fruta congelada, siendo así utilizada en otros productos como jugos, helados, gelatinas y otras formulaciones en estado diluido, con o sin adición de azúcar. Debido a estas amplias oportunidades de aplicación y valor nutricional, la pulpa de camu-camu es el principal producto de la fruta en el mercado predominante de América Latina con exportación a Estados Unidos, Japón y países de Asia y Europa (Blare y Donovan, 2016 , Aguirre-Neira *et al.*, 2020).

3.3.Maca

La maca peruana (*Lepidium meyenii*) es una planta originaria de la región de los Andes en América del Sur y ha sido utilizada como medicina tradicional durante siglos por la población local. En los últimos años, ha habido un aumento del interés en la planta y sus posibles usos. Los informes indican que la maca es un útil proveedor natural de energía y una verdura nutritiva. Se han publicado varios estudios sobre la maca, lo que ha diversificado el conjunto actual de conocimientos sobre esta hierba (Wang *et al.*, 2017).

La maca ha sido utilizada tradicionalmente como remedio natural para tratar afecciones relacionadas con la menopausia, la fertilidad y los trastornos reumáticos. Sin embargo, aunque se le atribuyen diversos beneficios, la evidencia científica en humanos aún es limitada, y la mayoría de las investigaciones se han centrado en su posible efecto como estimulante sexual (Wang *et al.*, 2017).

Por otro lado, aunque estos efectos no han sido confirmados en estudios clínicos en humanos, se han realizado múltiples ensayos en modelos animales, particularmente en roedores, donde la administración de maca mostró resultados positivos, evidenciándose un aumento en la fertilidad y en los procesos de espermatogénesis (Gonzales *et al.*, 2016).

Figura 3

Tubérculo de maca amarilla (Lepidium meyenii)



Nota. Tomado de Quezada y Yenque (2019)

3.3.1. Composición química

La composición química de la maca ha sido estudiada mediante diversas técnicas analíticas, como HPLC/UV, HPLC/MS, GC/MS, ESI/MS, ESI/HRMS y RMN. Este tubérculo se caracteriza por su contenido significativo de proteínas, ácidos grasos insaturados y minerales. En estado fresco, las raíces de maca contienen más del 80% de agua.

En su forma deshidratada y pulverizada, la maca presenta entre 8,87 y 11,6% de proteínas, 1,09 a 2,2% de lípidos y 54,6 a 60% de carbohidratos, de los cuales destacan 23,4% de sacarosa, 1,55% de glucosa, 4,56% de oligosacáridos y 30,4% de polisacáridos. Además, contiene entre 8,23 y 9,08% de fibra, 4,9 a 5,0% de cenizas y un valor energético aproximado de 663 kJ/100 g (Dini *et al.*, 2016).

Tabla 3

Análisis bromatológico de la raíz seca de maca

Componentes	Contenido (%)
Proteínas	8.90 – 12.70
Lípidos	1.11 - 2.40
Carbohidratos	55.00 - 61.00
Fibra	8.30 – 9.10
Cenizas	4.80 – 4.90

Nota. Tomado de Sifuentes-Penagos *et al.* (2015)

3.3.2. Beneficios nutricionales de la maca

Zhaa *et al.* (2014) investigaron las propiedades antioxidantes de los polisacáridos de maca (*Lepidium meyenii*). Para ello, aislaron inicialmente los

polisacáridos solubles en agua a partir de un extracto acuoso de maca, el cual fue tratado con enzimas como amilasa y glucoamilasa con el fin de eliminar el almidón. Posteriormente, el polisacárido crudo fue desproteinizado mediante el método de Sevag. A partir de este procedimiento, se obtuvieron cuatro fracciones de polisacáridos (LMP) utilizando diferentes concentraciones de etanol durante la etapa de precipitación. Los resultados mostraron que todos los LMP contenían azúcares como galactosa, glucosa, ramnosa y arabinosa. La pureza de los polisacáridos se determinó mediante el método fenol-ácido sulfúrico, mientras que el contenido de proteínas se evaluó con el método de Bradford. Asimismo, se realizó un análisis estructural mediante espectroscopía FT-IR en un rango de 500 a 4000 cm^{-1} .

En cuanto a la actividad antioxidante, se evidenció que el LMP obtenido con una concentración final de etanol del 60% presentó una notable capacidad para neutralizar radicales libres, específicamente radicales hidroxilos y superóxido a una concentración de 2,0 mg/mL, con porcentajes de inhibición de 52,9% y 85,8%, respectivamente. Además, la actividad captadora de radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) fue evaluada siguiendo la metodología descrita por Yao *et al.* (2012). En conjunto, estos resultados sugieren que los polisacáridos de maca poseen un alto potencial antioxidante, lo que los posiciona como compuestos bioactivos de interés para futuras investigaciones.

Sandoval *et al.* (2002) evaluaron la actividad antioxidante de la maca, comparando su capacidad para inhibir radicales libres con la del té verde, reconocido como una fuente natural de antioxidantes. En su estudio, adicionaron extracto de maca en concentraciones de 0,3 a 1 mg/mL a

peroxinitrito (300 μ M), logrando reducir su concentración entre un 15% y 41%, lo que evidencia la presencia de compuestos fitoquímicos capaces de neutralizar este agente, asociado a procesos de inflamación crónica.

Posteriormente, analizaron la capacidad antioxidante mediante la inhibición de radicales DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) y peroxilo, obteniendo valores de IC50 de 0,61 mg/mL y 0,43 mg/mL, respectivamente. Estos resultados indican que la maca contiene compuestos solubles en agua que contribuyen a la neutralización de radicales peroxilo generados durante procesos inflamatorios.

Asimismo, se evaluó la capacidad de captación del radical hidroxilo, observándose que concentraciones de 1 a 3 mg/mL de extracto de maca ofrecieron una protección de la desoxirribosa entre 57% y 74%. Aunque el contenido de catequinas en la maca fue considerablemente menor que en el té verde (2,5 mg/g frente a 145 mg/g), los resultados en conjunto demuestran que la maca posee una significativa capacidad antioxidante y potencial para eliminar radicales libres.

3.4.Néctar de fruta

El néctar es un producto alimenticio constituido por el jugo y/o pulpa de frutos finamente dividida y tamizada, adicionada con agua potable, azúcar, ácido orgánico, preservante químico y estabilizador si fuera necesario (Barrial *et al* 2022).

El néctar es una bebida de carácter nutritivo elaborada a partir de la mezcla de pulpas o jugos de frutas con agua y azúcar. En algunos casos, su formulación puede incluir aditivos como ácido cítrico, conservantes y estabilizantes. Debido a

que no es un producto inherentemente inocuo, requiere la aplicación de un tratamiento térmico adecuado para garantizar su conservación. Se trata de un producto formulado bajo proporciones definidas, las cuales pueden ajustarse según las preferencias del consumidor (Ccencho, 2022).

Figura 4.

Néctar de fruta



Nota. Tomado de <https://portalpadrao.ufma.br/>

Según la Norma Técnica Peruana (2009), el néctar de fruta es un producto no fermentado, aunque susceptible a fermentación, obtenido mediante la adición de agua, con o sin incorporación de azúcares, miel, jarabes o edulcorantes, o combinaciones de estos. Asimismo, se permite la adición de sustancias aromáticas (naturales, idénticas a las naturales o artificiales), siempre que estén autorizadas por la autoridad sanitaria competente o por el Codex Alimentarius. También puede contener pulpa y células del mismo tipo de fruta, cumpliendo con los requisitos establecidos para este tipo de productos. En el caso del néctar mixto, este se obtiene a partir de la combinación de dos o más frutas diferentes.

3.4.1. Proceso del néctar

De acuerdo con Ccencho J. (2022) el proceso de elaboración de néctar comprende los siguientes pasos:

-) **Recepción de mercancía.** Recibe la materia prima y los insumos en condiciones adecuadas de acuerdo con las especificaciones proporcionadas por la empresa.
-) **Selección.** Consiste en elegir la fruta que satisface los estándares de calidad, apartando lo bueno de lo malo.
-) **Pesado.** Esta operación es importante porque posibilita la cuantificación de diversos procesos y, al mismo tiempo, conocer el rendimiento del producto que se ha elaborado.
-) **Enjuagado.** Se trata de quitar los residuos de pesticidas que quedan en la fruta, así como cualquier resto de tierra.
-) **Precocción.** Este método consiste en desactivar las enzimas que causan que la fruta se oscurezca y suavizarla, regulando la carga de microorganismos. Para realizar este procedimiento, se introduce la fruta en agua hirviendo entre tres y cinco minutos.
-) **Pelado.** Se puede llevar a cabo antes o después de la precocción, dependiendo del material que se esté utilizando. Si se hace primero, se debe procesar de manera inmediata para prevenir la oxidación.
-) **Pulpeado.** En este proceso, se extrae el zumo o pulpa sin semillas ni piel; siempre y cuando no contenga ninguna sustancia que altere sus propiedades organolépticas.
-) **Normalización.** En esta etapa se integran todos los ingredientes necesarios para la elaboración del néctar. La estandarización comprende

diferentes operaciones, entre ellas la dilución de la pulpa, con el propósito de mantener las características sensoriales propias del fruto, como color, aroma y sabor; el ajuste de los sólidos solubles (°Brix); la regulación del pH; y la incorporación de estabilizantes y conservantes. Asimismo, la cantidad de agua requerida se determina mediante el uso de proporciones o relaciones establecidas.

-) **Homogenización:** Este método tiene como objetivo unificar la mezcla. En este caso, se trata de combinar hasta que todos los componentes estén completamente disueltos.
-) **Pasteurización.** El néctar procesado se expone a 85°C durante un periodo de entre 10 y 15 minutos. Se lleva a cabo con el objetivo de erradicar la carga microbiana y elaborar un producto inocuo.
-) **Embalaje.** Esta operación se lleva a cabo a una temperatura que no es inferior a los 85°C. El néctar debe llenarse hasta el borde del recipiente y sellarse con rapidez.
-) **Enfriado.** El néctar envasado debe someterse a un enfriamiento rápido con el fin de preservar su calidad y asegurar la generación de vacío en el recipiente. Durante este proceso, la disminución de temperatura provoca la contracción del producto dentro de la botella, originando un vacío interno, considerado un aspecto fundamental para la adecuada conservación del néctar.
-) **La asignación de etiquetas.** Proporciona información sobre el contenido del producto.
-) **Guardado.** El néctar se conserva en un lugar seco, limpio y fresco a temperatura ambiente.

3.4.2. Norma técnica peruana para elaboración de jugos, néctares y bebidas

De acuerdo con la norma técnica peruana (NTP), para que un producto se considere néctar, las frutas deben ser frescas, limpias y maduras. Dicho de otra forma, no deben tener suciedad ni restos de sustancias tóxicas. Su producción se lleva a cabo utilizando pulpas concentradas o frutas que han sido conservadas o procesadas, siempre y cuando cumplan con las condiciones mencionadas anteriormente (Guevara, 2014).

Según el CODEX (1989), tal como se cita en Caballero & Terrones (2021), los requisitos para la elaboración del néctar son los siguientes:

-) El producto debe contener al menos un 50 % de ingredientes de fruta en peso/peso, utilizando fruta de concentración natural o su equivalente en concentrados. Sin embargo, en caso de que la fruta tenga una acidez elevada, un alto contenido de pulpa o un sabor intenso, puede permitirse un porcentaje menor. Por ningún caso, el contenido de ingredientes de fruta debe ser inferior al 25 % en peso/peso.
-) La añadidura de azúcares está regulada por el Codex Alimentarius, permitiendo el uso de endulzantes como la sacarosa o la miel, siempre que se ajusten a los parámetros establecidos.
-) El contenido de sólidos solubles debe estar entre 12 Brix y 20 Brix, medido con un refractómetro a 20 °C.
-) El producto final debe presentar el color, aroma y sabor característicos de la materia prima utilizada en su elaboración.

Según la FAO (1998), los rasgos fisicoquímicos de un néctar que sobresalen son:

-) Los sólidos solubles deben estar presentes en un mínimo del 12 a 20 °Brix.
-) La acidez titulable, expresada en ácido cítrico (g/100 ml), debe tener un contenido máximo de 0,6 y un mínimo de 0,4.
-) El pH debe estar en un rango de 3,3 a 4,2.
-) Los sólidos en suspensión deben ser del 18 % (v/v).
-) Se pueden usar conservantes como benzoato de sodio y/o potasio, con un máximo de 0,05 g/100 ml, y el producto no debe contener antisépticos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

La investigación fue realizada en los siguientes laboratorios de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa:

-) Planta Piloto Agroindustrial (PPA)
-) Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial (IITA)
-) Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales

3.2. Materias Primas e insumos

Las materias primas de estudio fueron arándano variedad Biloxi o arándano azul, producido de la zona de Virú, con un color azul sin deterioro o daño y una uniformidad en el estado maduro. Camu camu de la variedad HBK, que fue adquirido del mercado Mayorista “La Perla” de Chimbote y que proveniente de la Región Ucayali. Y harina de Maca amarilla gelatinizada, adquirida de la empresa Organix Perú, Lima, Perú.

Los insumos requeridos fueron:

-) Azúcar, empleado para regular los sólidos solubles del néctar de maca, arándano y camu camu.
-) CMC, que sirvió como estabilizador porque posibilita que el producto soporte temperaturas elevadas y no modifica las propiedades del néctar.
-) Ácido cítrico, que se empleó como regulador de la acidez, conservante natural y potenciador del gusto.
-) Sorbato de Potasio, que se utilizó como conservante antimicrobiano de alta eficacia para prolongar su vida útil.
-) Agua de Mesa, para la elaboración del néctar.

3.3. Materiales, Equipos y Reactivos

3.3.1. Materiales de Laboratorio

-) Micropipeta automática (20-200 ul), (100-1000 ul) y (1000-5000ul)
-) Puntas de micropipeta: 10, 100, 200, 1000,5000 ul
-) 1 gradilla para tubos centrifuga de 50 ml y 10 ml
-) Tubos Eppendorf de 2 ml
-) Tubos centrifuga de 10 ml
-) Bureta de 50 ml
-) Vasos precipitados de 10 y 50 ml
-) Placas Petri
-) Fiolas de 50, 100 y 1000 ml
-) Matraces Erlenmeyer 250 y 500 ml

3.3.2. Reactivos

-) Reactivo Trolox
-) Reactivo de Folin-Ciocalteu (2N)
-) Fenolftaleína 1%
-) Agua destilada
-) Etanol Absoluto
-) Metanol Absoluto
-) Fosfato sódico dibásico heptahidratado
-) Acetona
-) Folin Ciocalteu
-) Carbonato de Sodio 7%
-) Ácido gálico 97%

-) Éter de petróleo
-) Ácido Sulfúrico 95%
-) Hidróxido de Sodio 0.1 N
-) Solución estándar radical ABTS
-) Ácido oxálico
-) Etanol al 96%
-) Rojo de metilo 0.1%

3.3.3. Equipos

-) Refractómetro digital. Marca Rudolph. Modelo J157, USA.
-) Estufa. Marca LG. Modelo GC-J237SPN, China.
-) Refrigeradora. Marca: LG. Corea del Sur.
-) Centrifuga Refrigerada. Marca Sartorius. Modelo SIGMA.2.16PK
-) Colorímetro: Marca Konica Minolta. Modelo CR-310. Osaka
-) Lector Multi-Modal de Microplacas Synergy H1- BioTek
-) Sistema extractor de grasa. Marca Foss. Modelo SOXTEC
-) Balanza de Presición Electrónica. Marca Precisa. Modelo XB 320 M
-) PHmetro y conductividad. Marca Thermo Scientific. Modelo STAR A211, Singapur.
-) Espectrofotómetro digital de UV-visible. Marca Unico. Modelo SQ 2800, USA.
-) Equipo Digestor Kjeldahl
-) Equipo de Baño Maria. Marca Cole Parmer. Modelo 8892
-) Planta Polivalente de Pulpeado y Refinación. Marca Elettronica Veneta. Modelo PAS/EV, Italia.

-) Planta Trituración y Cocción. Marca Elettronica Venta. Modelo THB/EV, Italia.

3.3.4. Otros materiales

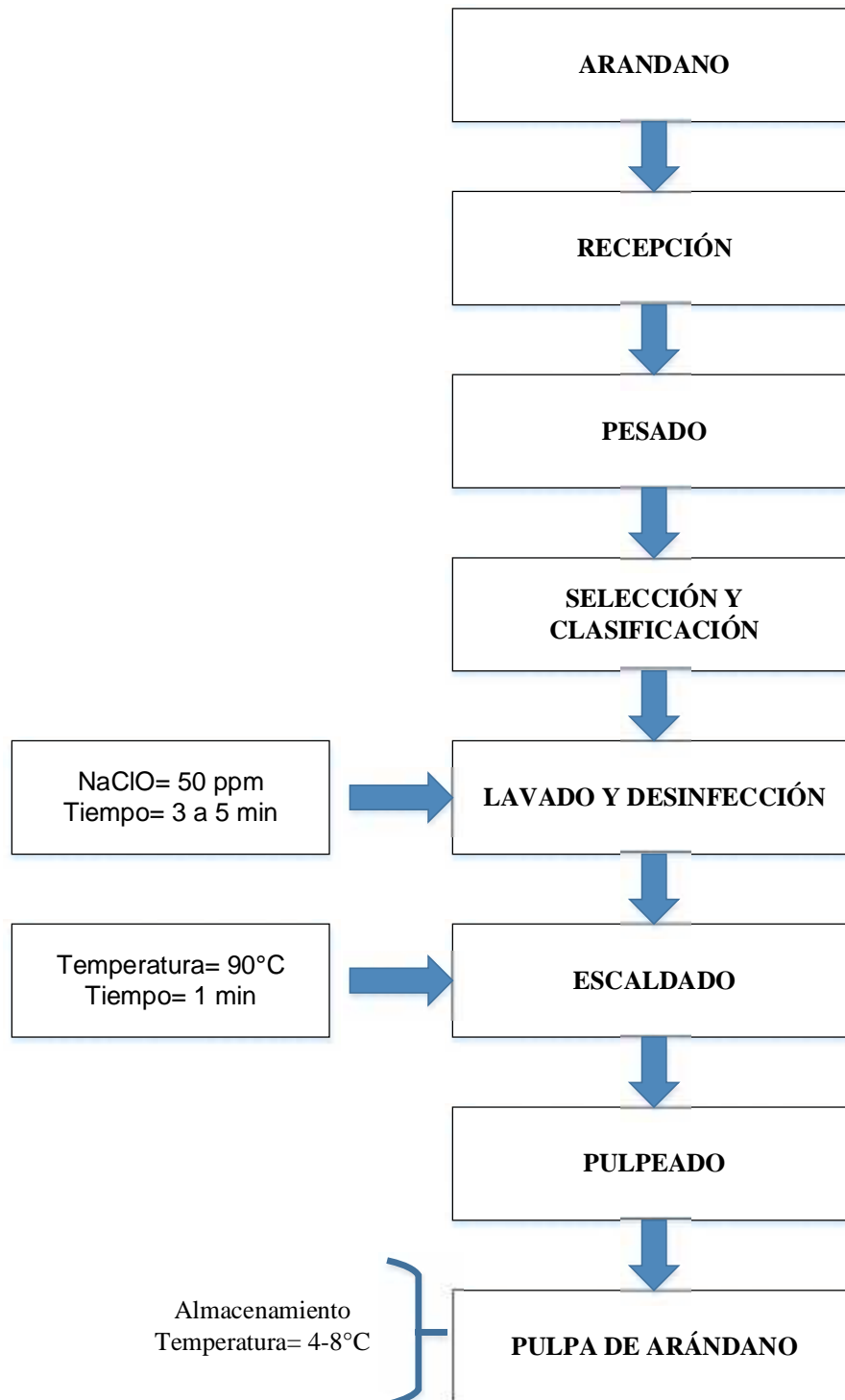
-) Recipientes de vidrio de 475 ml
-) Jarras de plástico
-) Embudo de plástico
-) Termómetro digital
-) Cuchillos
-) Recipientes de acero inoxidable
-) Cucharas
-) Mesa de acero inoxidable
-) Crisoles de porcelana
-) Papel Filtro semilento
-) Tapas de plástico o de aluminio
-) Alcohol 96°
-) Papel Aluminio
-) Bandejas de Plástico

3.4. Métodos

3.4.1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de la pulpa de arándano

Figura 5

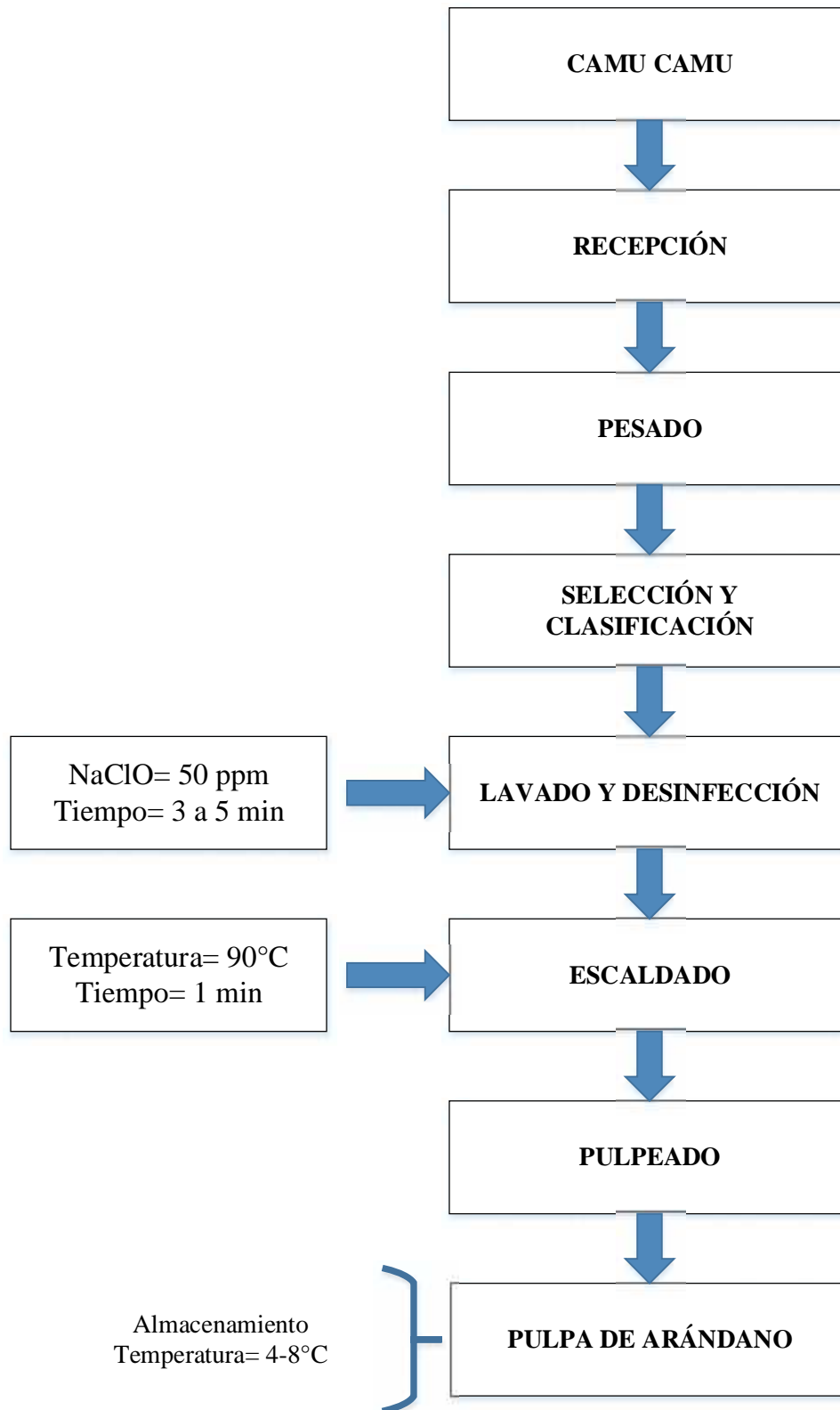
Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de arándano



3.4.2. Diagrama de flujo de obtención de la pulpa de camu camu

Figura 6

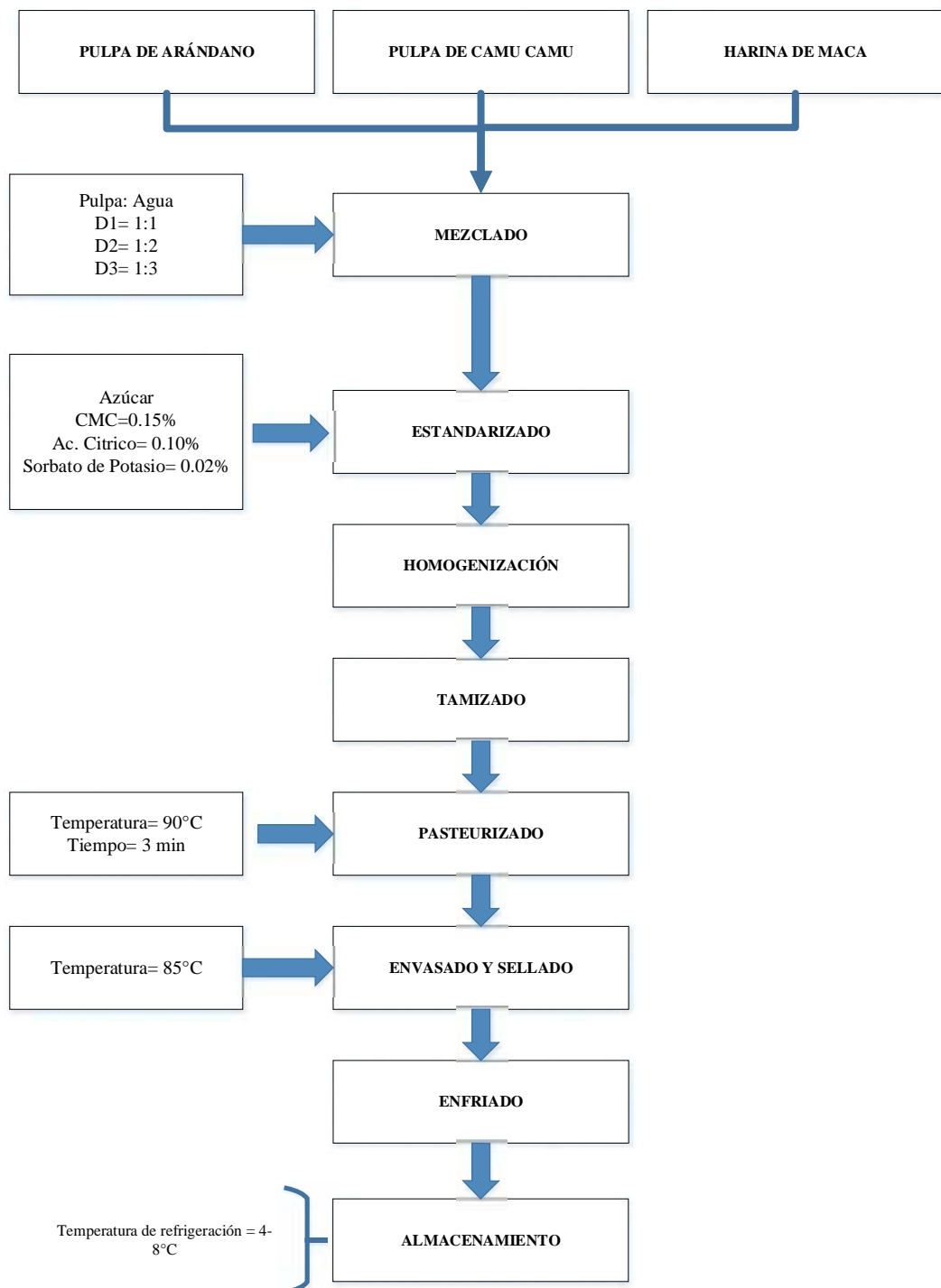
Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de camu camu



3.4.3. Diagrama de flujo de la elaboración del Néctar

Figura 7

Diagrama de flujo para la elaboración de néctar de arándano, camu camu y maca



3.4.4. Descripción de operaciones para la obtención de néctar de arándano, camu camu y maca

) Recepción

Se recepcionó 10 Kg de arándano, 10 Kg de camu camu y 2 Kg de harina de maca amarilla, obtenidos del mercado mayorista y de tienda especializada de venta de alimentos funcionales.

) Pesado

Los arándanos y los camu camu fueron pesados en una balanza analítica, porque esto posibilitó el cálculo de la masa balanceada y la supervisión de las etapas continuas.

) Selección y clasificación

Se procedió a retirar la materia prima presente de algún desperfecto mecánico manualmente, los cuales se seleccionó los mejores arándanos y camu camu para la obtención de la pulpa.

) Lavado y desinfección

Se llevó a cabo el lavado de las frutas en 20 litros de agua para eliminar partículas de tierra, hojas y otros elementos.

Posteriormente, las materias primas lavadas se pusieron en un depósito de agua de 20 litros y se desinfectaron con hipoclorito al 5%, empleando 1 mililitro por cada litro de agua.

) Cortado

Se llevó a cabo de forma manual por medio de cuchillos, y los camu camu y los arándanos fueron cortados en dos partes para obtener la pulpa, que posteriormente fue escaldada y luego pulpeado.

) **Escalado y Pulpeado**

Esta operación se llevó a cabo en una Equipo Polivalente de Trituración y Cocción. Primero, el arándano fue sumergido y después el camu camu en una tolva. A través de un tornillo sin fin, ambos fueron expuestos a vapor durante 2 minutos a 90 °C para inactivar enzimas que provocaban oscurecimiento.

Después, la operación de pulpeado se llevó a cabo en una licuadora industrial. Se introdujeron los fragmentos de camu camu y arándano, que fueron triturados; finalmente, para reducir la cantidad de sólidos, se utilizaron un tamizador de 1 mm.

) **Formulación**

Las muestras que componen el néctar funcional se combinan de acuerdo con las proporciones establecidas en el diagrama de flujo.

Formulación 1: 55% de pulpa de arándano, 40% de pulpa de camu camu y 5% de harina de maca.

Formulación 2: 60% de pulpa de arándano, 30% de pulpa de camu camu y 10% de harina de maca.

Formulación 3: 65% de pulpa de arándano, 20% de pulpa de camu camu y 15% de harina de maca.

Y las 3 formulaciones se trabajaron en 3 niveles de dilución:

Dilución 1: 1:1

Dilución 2: 1:2

Dilución 3: 1:3

Se obtuvieron 9 formulaciones, que a cada una se le agregó 0.15% de CMC, 0.10% de ácido cítrico y 0.02% de sorbato de potasio en base al peso del jugo

diluido. Se determinó la adición de azúcar en base al Brix inicial (5-7°) y al Brix que se quiso obtener (12.5°).

) **Pasteurización**

El pasteurizado se realizó en una marmita de acero inoxidable a 90°C por 3 minutos, que permitió mantener sus nutrientes del néctar de arándano, camu camu y maca. La inspección de la temperatura fue mediante un termómetro digital, mientras se va agitando con la paleta de madera. La pasteurización se realizó para inhibir el crecimiento del microorganismo que podrían afectar el aspecto biológico del néctar.

) **Envasado y sellado**

El envasado se efectuó a una temperatura no menor de 85°C, el llenado del néctar fue al tope en envases de vidrio de 300 ml previamente esterilizados, así se evitó la aparición de espuma. El envasado se realizó manualmente usando jarras de plástico y embudo para un fácil llenado y se selló inmediatamente para evitar el contacto con el medio.

) **Enfriamiento**

El néctar envasado fue enfriado en recipientes con agua corriente rápidamente para conservar su calidad y asegurar la formación del vacío dentro de la botella, esto último representa el factor más importante para la conservación del producto.

) **Almacenamiento**

Se almacenó el producto en refrigeración a 4°C para sus posteriores análisis.

3.5. Métodos de Análisis

3.5.1. Análisis de Composición Proximal

Se llevaron a cabo los siguientes estudios para analizar la materia prima:

- J **Determinación de humedad:** Se utilizó el método 934.06 AOAC (2016) para determinar la humedad de la pulpa de fruta a través del procedimiento de secado en estufa.
- J **Determinación de cenizas:** La ceniza de la pulpa de fruta se determinó a través del método AOAC 7009 (2016) por medio de la calcinación en mufla a 550°C.)
- J **Determinación de proteínas:** Para determinar la cantidad de nitrógeno orgánico que tiene la pulpa de fruta, se empleó el método Kjeldahl, conforme a lo establecido por AOAC 2001.11 (2005).
- J **Determinación de grasas:** La técnica de extracción sólido-líquido Soxhlet se utilizó para determinar la grasa de la fruta, siguiendo el Método AOAC 920.39 (2005).
- J **Determinación de fibra:** Utilizando el método AOAC 985.29 (2005), se fundamentó en la masa del residuo que quedaba tras la disolución química o enzimática de los elementos no fibrosos de la pulpa frutal.

3.5.2. Análisis de Características Fisicoquímico

- J **Determinación de sólidos solubles:** Utilizando el método AOAC 932.12 (2016), se estableció con un refractómetro digital calibrado con agua destilada la lectura de los °Brix.
- J **Determinación de pH:** Se utilizó un potenciómetro digital, en el que se colocó la muestra y se registraron los valores de pH.

- J **Determinación de densidad:** Se utilizó el método AOAC 932.37 (2016) para determinar la densidad de la pulpa de las frutas, mediante un picnómetro con una capacidad de 10 ml; así se pudo establecer la relación entre volumen (ml) y masa (g).
- J **Determinación de viscosidad:** Se estableció usando un viscosímetro digital a distintas revoluciones por minuto (RPM).
- J **Determinación de acidez titulable:** Con el método AOAC 947.05 (2005), se realizaron pruebas de titulación para determinar la acidez a través de la neutralización con NaOH, y los resultados se expresaron en términos del equivalente de ácido cítrico.
- J **Determinación de Vitamina C:** Se estableció a través del uso de la espectrofotometría y la curva estándar de vitamina C que se había hecho antes. Se aplicó el método volumétrico del 2,6-Diclorofenolindofenol, que es el procedimiento AOAC 967.21.
- J **Determinación de color instrumental:** Se utilizó el colorímetro Color 3° para determinar los parámetros de luminosidad, cronicidad y ángulo de tonalidad; se empleó el método triestímulo del sistema CIELab para evaluar el color instrumental. Se estableció el colorímetro con un iluminante D65, una calibración RSIN (Reflectance Specular Inclusive) y un ángulo de observación de 10°.

3.5.3. Análisis de Características Funcionales

- J **Determinación de Capacidad Antioxidante ABTS:** La capacidad antioxidante se determinó mediante la técnica del radical ABTS, según Re *et al.* (1999). El radical catión ABTS se generó por la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (2,45 mM) en oscuridad durante 12–16 h a

temperatura ambiente. La solución se diluyó con etanol hasta una absorbancia de ~0,700. La curva de calibración se preparó con Trolox (0–2500 μM). Se mezclaron 20 μL de muestra o estándar con 980 μL de ABTS, y la absorbancia se midió a 734 nm tras 6 min, usando etanol como blanco. Los resultados se expresaron como $\mu\text{mol TE/g}$ de peso seco (dm).

J) **Determinación de Polifenoles Totales:** Se extrajeron los compuestos fenólicos a partir de 0,25 g de muestra con 10 mL de metanol/agua acidificada (80:20, pH 2), mediante agitación (30 min en vortex o 15 min en ultrasonido) y centrifugación (3500 rpm, 10 min). El procedimiento se repitió sobre el residuo y los sobrenadantes se combinaron.

La cuantificación se realizó por el método de Folin-Ciocalteu, según Solórzano y Ponce (2023). Para la curva estándar se utilizó ácido gálico (solución madre 450 $\mu\text{g/mL}$). Se mezcló la muestra o estándar con el reactivo de Folin-Ciocalteu, se dejó reposar 5 min, se añadió Na CO y agua destilada, y se incubó en oscuridad (2 h para estándar y 1,5 h para muestras). Posteriormente, se midió la absorbancia a 739 nm en microplaca (200 μL), en duplicado.

3.5.4. Análisis Sensorial

Se llevó a cabo un análisis sensorial con la participación de 45 panelistas semientrenados, quienes evaluaron la aceptabilidad general, el color, el sabor y el aroma del néctar de arándano, camu camu y maca en sus diferentes formulaciones. Para ello, se empleó una escala hedónica estructurada de 7 puntos, donde 1 correspondió a “me desagrada mucho” y 7 a “me agrada mucho”.

Las evaluaciones se realizaron en condiciones controladas en la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa (UNS), garantizando la

adecuada iluminación, ausencia de interferencias sensoriales y presentación codificada de las muestras. Los detalles del instrumento utilizado se presentan en el Anexo 5.

3.6. Diseño Experimental

Para la creación y evaluación del néctar funcional, se empleó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3^2 . Se estudiaron dos factores independientes. En qué los elementos independientes fueron:

-) La proporción de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca: F1(55% PA, 5% HC, 40% PCC); F2 (60% PA, 10% HM, 30% PCC); F3 (65% PA, 15% HC, 20% PCC).
-) Factor de dilución pulpa: agua (1:1, 1:2, 1:3)

Teniendo como variables dependientes o respuestas:

-) Determinación de Características Fisicoquímicas, el contenido de vitamina C, Determinación de la capacidad antioxidante por ABTS, el contenido de compuestos polifenoles totales y la calidad sensorial (sabor, olor, color y apariencia general) del néctar.

Para analizar la influencia de la formulación y el factor de dilución sobre las propiedades evaluadas, se estructuró un Diseño Factorial Categórico con dos variables independientes y tres niveles cada una. La Tabla 4 detalla los niveles codificados y sus respectivos valores reales, los cuales fueron definidos en función de criterios tecnológicos y de viabilidad experimental.

Tabla 4*Niveles de variables independientes en el Diseño Factorial Categórico*

Formulación	Variables independientes	Niveles		
		-1	0	+1
X ₁	Formulación (F)	55%-5%-40%	60%-10%-30%	65%-15%-20%
X ₂	Factor de Dilución (D)	1:1	1:2	1:3

A partir de estos niveles, se generó el plan experimental mostrado en la Tabla 5, compuesto por nueve tratamientos correspondientes a todas las combinaciones posibles del diseño factorial 3×3.

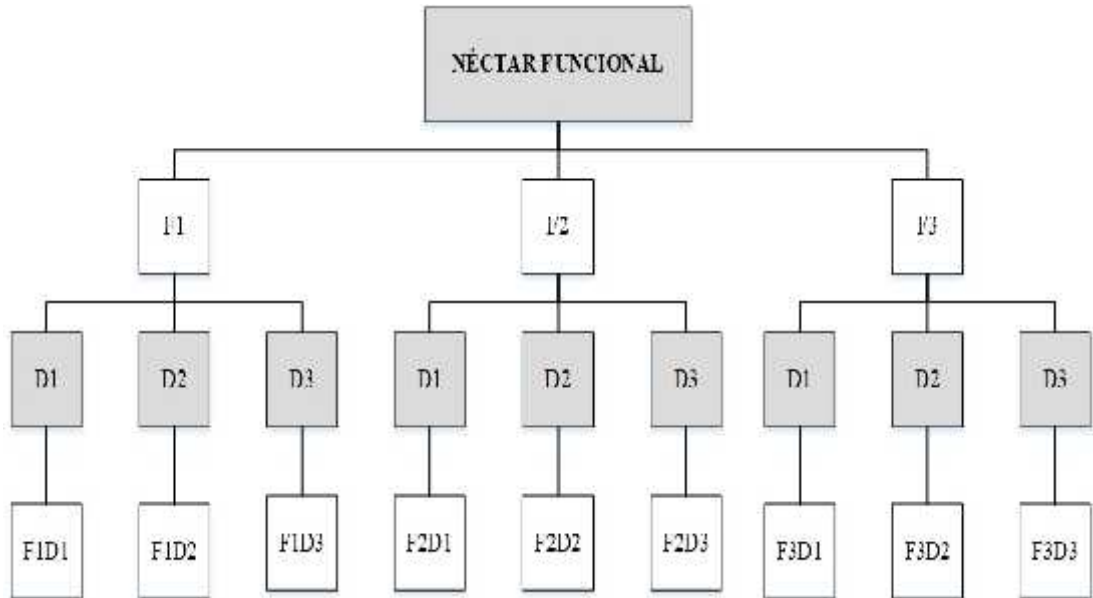
Tabla 5*Plan de prueba nominal para el diseño experimental*

Formulación	Variables Codificadas		Valores Reales	
	F (%)	D (mL:mL)	F (%)	D (mL:mL)
F1	-1	-1	55%-5%-40%	1:1
F2	0	-1	60%-10%-30%	1:1
F3	1	-1	65%-15%-20%	1:1
F4	-1	0	55%-5%-40%	1:2
F5	0	0	60%-10%-30%	1:2
F6	1	0	65%-15%-20%	1:2
F7	-1	1	55%-5%-40%	1:3
F8	0	1	60%-10%-30%	1:3
F9	1	1	65%-15%-20%	1:3

La estructura factorial completa del diseño experimental se presenta de manera esquemática en la Figura 5, donde se observa la combinación de los niveles de formulación y dilución que dieron lugar a los nueve tratamientos evaluados.

Figura 8

Diagrama del diseño experimental para obtener un néctar funcional optimo a base de arándano, camu camu y maca



Donde:

- ⌋ Formulación: F1 (55% PA, 5% HM, 40% PCC); F2 (60% PA, 10% HM, 30% PCCC); F3 (65% PA, 15% HM, 20% PC).
- ⌋ Dilución: D1 (1:1), D2 (1:2), D3 (1:3)

3.7. Diseño estadístico

Para el análisis estadístico, se utilizará el software STATGRAPHICS Centurión IV. II para determinar los efectos de las variables independientes, calcular los coeficientes de regresión (R^2) y aplicando un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% y con el fin de determinar la formulación óptima del néctar funcional, se realizó una evaluación sensorial basada en el formato hedónico.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Caracterización de materia prima

Se llevó a cabo la caracterización de las materias primas para analizar su composición proximal y sus propiedades fisicoquímicas, así como para determinar cómo influyen en el proceso de fabricación del néctar.

5.1.1. Arándano

En la Tabla 6 se presenta los resultados del análisis de composición proximal del arándano en 100 g de pulpa, donde se obtuvo un contenido de humedad del 84.67 ± 0.39 %, cenizas de 0.41 ± 0.09 %, grasas de 0.49 ± 0.05 %, proteínas de 0.68 ± 0.05 %, fibra cruda de 1.16 ± 0.04 % y carbohidratos de 12.69%.

Tabla 6

Composición proximal de arándano en 100 g de pulpa

Composición proximal	Arándano
Humedad (%)	84.67 ± 0.39
Cenizas (%)	0.41 ± 0.09
Grasas (%)	0.49 ± 0.05
Proteínas (%)	0.68 ± 0.05
Fibra cruda (%)	1.16 ± 0.04
Carbohidratos (%)	12.69 ± 0.06

Los valores obtenidos en este estudio son comparables con los reportados por Mozo (2023), quien encontró contenidos de humedad (86,11%), grasas (0,51%), fibra (1,5%) y cenizas (0,66%), así como con Parria y Terrones (2021), quienes reportaron una humedad de 84,73% y cenizas de 0,22%. Estas similitudes confirman la

consistencia de la composición proximal del arándano, particularmente su elevado contenido de agua y su bajo aporte de macronutrientes estructurales.

En este contexto, la pulpa de arándano se caracteriza por presentar un alto contenido de humedad y un predominio de carbohidratos como principal fracción sólida, mientras que las proteínas, grasas y minerales se encuentran en bajas proporciones, comportamiento típico de frutas frescas. Este perfil composicional influye directamente en sus propiedades tecnológicas, tales como la baja viscosidad natural y la necesidad de estabilización en productos derivados como néctares.

Estos resultados concuerdan con lo descrito por Hirzel *et al.* (2023), quienes indican que el contenido de materia seca del arándano fresco oscila entre 14–22% (equivalente a 78–86% de humedad). Asimismo, Hotchkiss *et al.* (2021) reportan que la pulpa de arándano presenta entre 80–90% de humedad, bajo contenido proteico (0,5–1 g/100 g), niveles muy bajos de lípidos (<0,5 g/100 g) y una fracción de fibra compuesta principalmente por pectinas y hemicelulosas. Además, los carbohidratos disponibles corresponden mayoritariamente a azúcares simples como glucosa y fructosa.

Desde un enfoque aplicado, esta composición resulta relevante para el desarrollo de néctares funcionales a base de arándano, camu camu y maca amarilla, ya que el alto contenido de agua y azúcares del arándano favorece la aceptabilidad sensorial, mientras que su baja proporción de macronutrientes estructurales permite la incorporación de ingredientes funcionales sin afectar significativamente la textura. Asimismo, la presencia de pectinas naturales contribuye a la estabilidad coloidal del producto final.

Por otro lado, se presenta los resultados de los análisis de caracterización fisicoquímicas de la pulpa de arándano:

Tabla 7*Caracterización Fisicoquímica de arándano en 100 g de pulpa*

Parámetro	Arándano
Sólidos Solubles (°Brix)	14.08 ± 0.25
pH (unidad de pH)	3.52 ± 0.05
Acidez (% v/v)	0.58 ± 0.01
Vitamina C (mg/100g)	13.17 ± 0.13

La Tabla 7 muestra que la pulpa de arándano presentó un contenido de sólidos solubles de $14,08 \pm 0,25$ °Brix, valor que se encuentra dentro del rango reportado en la literatura (11–20 °Brix), con valores típicos entre 13 y 15 °Brix en jugos frescos (Yan *et al.*, 2020). Asimismo, estos resultados son comparables con los obtenidos por Arteaga *et al.* (2016) (11,5 °Brix) y Parria y Terrones (2021) (13,08 °Brix). Este parámetro refleja principalmente la concentración de azúcares simples como glucosa y fructosa, responsables del dulzor característico del fruto, lo cual resulta tecnológicamente favorable para la elaboración de néctares, ya que reduce la necesidad de adición de azúcares para cumplir con los estándares de °Brix requeridos (Costa *et al.*, 2020).

En cuanto al pH, se obtuvo un valor de $3,52 \pm 0,05$, el cual se encuentra dentro del rango típico reportado para pulpa de arándano (3,0-3,9), dependiendo de la variedad y condiciones de cultivo (Vivas-Álzate *et al.*, 2025; Aliman *et al.*, 2020; Bett-Garber *et al.*, 2015). Este resultado es similar al reportado por Mozo (2023) (pH 3,10), confirmando el carácter ácido del fruto. Desde el punto de vista tecnológico y microbiológico, este pH es favorable, ya que contribuye a la estabilidad del producto y limita el crecimiento de microorganismos patógenos.

Respecto a la acidez titulable, se obtuvo un valor de $0,58 \pm 0,01\%$ (expresado como ácido cítrico), el cual se encuentra dentro del rango reportado en la literatura (0,3–1,35%) (Sapers *et al.*, 1984; Vivas-Álzate *et al.*, 2025). Este valor, junto con los sólidos solubles, determina la relación °Brix/acidez, un parámetro clave en la percepción sensorial, ya que un mayor valor de esta relación se asocia con una menor percepción de acidez y mayor dulzor (Yan *et al.*, 2020).

Finalmente, el contenido de vitamina C fue de $13,17 \pm 0,13$ mg/100 g, valor similar al reportado por Pereda y Viturro (2020) (14 mg/100 g). Este resultado evidencia el aporte nutricional del arándano, particularmente en términos de compuestos antioxidantes, lo cual refuerza su potencial como ingrediente funcional en el desarrollo de bebidas como néctares.

Es así que, estas características fisicoquímicas confirman que la pulpa de arándano presenta condiciones adecuadas para su procesamiento, destacando su equilibrio entre dulzor y acidez, estabilidad microbiológica y valor nutricional, factores determinantes en la calidad y aceptación del producto final.

5.1.2. Camu Camu

Tabla 8

Composición proximal de camu camu en 100 g de pulpa

Composición proximal	Camu Camu
Humedad (%)	85.3 ± 0.25
Cenizas (%)	0.3 ± 0.01
Grasas (%)	0.21 ± 0.01
Proteínas (%)	0.51 ± 0.02
Fibra cruda (%)	0.71 ± 0.03
Carbohidratos (%)	12.97 ± 0.04

La Tabla 8 presenta la composición proximal del camu camu (*Myrciaria dubia*) en 100 g de pulpa, donde se observa que la humedad ($85,3 \pm 0,25\%$) es el componente predominante, lo cual confirma su naturaleza altamente acuosa y coincide con lo reportado en la literatura para frutos amazónicos, aunque ligeramente inferior al valor de 92,7% señalado por Kato *et al.* (2020). Esta variación puede atribuirse a diferencias en el estado de madurez, condiciones de cultivo o procesamiento postcosecha.

El contenido de carbohidratos ($12,97 \pm 0,04\%$) constituye la principal fracción sólida del fruto, en concordancia con reportes previos que indican valores cercanos a 8 g/100 g (Kato *et al.*, 2020). Esta fracción está compuesta principalmente por azúcares simples, los cuales influyen en el valor energético y en las propiedades sensoriales del fruto.

Por otro lado, los bajos contenidos de proteínas ($0,51 \pm 0,02\%$), grasas ($0,21 \pm 0,01\%$) y cenizas ($0,30 \pm 0,01\%$) evidencian que el camu camu no es una fuente significativa de macronutrientes estructurales ni de lípidos, comportamiento típico de frutas frescas. Sin embargo, en términos minerales, se ha reportado la presencia de potasio como elemento predominante (Zapata y Dufour, 1993), lo que aporta valor nutricional adicional.

El contenido de fibra cruda ($0,71 \pm 0,03\%$), aunque moderado, contribuye al valor funcional del fruto, ya que puede influir en la textura y estabilidad de productos procesados. Además, el camu camu destaca por su contenido de compuestos fenólicos (ácido gálico, catequina, quercetina, entre otros), los cuales, junto con su elevada concentración de vitamina C, potencian su capacidad antioxidante (Kato *et al.*, 2020).

Por otro lado, se presenta los resultados de los análisis de caracterización fisicoquímicas de la pulpa de camu camu:

Tabla 9

Caracterización Fisicoquímica de camu camu en 100 g de pulpa

Parámetro	Camu Camu
Sólidos Solubles (°Brix)	5.35 ± 0.03
pH (unidad de pH)	2.71 ± 0.32
Acidez (% v/v)	2.62 ± 0.02
Vitamina C (mg/100g)	2498.24 ± 0.13

La Tabla 9 muestra las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de camu camu, donde se obtuvo un contenido de sólidos solubles de $5,35 \pm 0,03$ °Brix, valor ligeramente inferior al rango reportado en la literatura (6-11 °Brix), lo cual puede atribuirse a diferencias en el grado de madurez o dilución natural de la pulpa. Este parámetro está asociado principalmente al contenido de azúcares y es determinante en la percepción de dulzor.

El pH registrado fue de $2,71 \pm 0,32$, evidenciando el carácter altamente ácido del fruto, en concordancia con estudios previos que reportan valores entre 2,9 y 3,5 (Del Águila Cifuentes *et al.*, 2020). Esta alta acidez confiere ventajas tecnológicas importantes, como mayor estabilidad microbiológica y menor necesidad de conservantes en productos derivados.

En cuanto a la acidez titulable, se obtuvo un valor de $2,62 \pm 0,02\%$ (expresado como ácido cítrico), el cual se encuentra dentro del rango reportado para frutos amazónicos (1,29–2,90%) (Tokairin *et al.*, 2018). Este elevado nivel de acidez está asociado principalmente a la presencia de ácido cítrico, responsable del sabor intensamente ácido característico del camu camu.

Por otro lado, el contenido de vitamina C fue de $2498,24 \pm 0,13$ mg/100 g, valor que confirma al camu camu como una de las fuentes naturales más ricas en este compuesto, en concordancia con lo reportado por Kato *et al.* (2020) ($\sim 2,24$ g/100 g). Este alto contenido de ácido ascórbico no solo aporta valor nutricional, sino que también contribuye significativamente a la capacidad antioxidante del fruto.

En sí, estas características fisicoquímicas evidencian que el camu camu presenta un perfil altamente ácido, con bajo contenido de azúcares y excepcional riqueza en vitamina C, lo que lo convierte en un ingrediente funcional de gran interés para la industria alimentaria y nutracéutico, especialmente en el desarrollo de bebidas como néctares.

5.1.3. Harina de Maca

Desde el punto de vista composicional, la harina de maca está constituida principalmente por almidón, fibra dietética y proteínas, además de minerales y una amplia gama de compuestos bioactivos, entre los que destacan polifenoles, macamidas, glucosinolatos y alcaloides. Durante el proceso de secado postcosecha, los glucosinolatos sufren transformaciones que dan lugar a macamidas y otros metabolitos secundarios, los cuales están asociados a efectos antioxidantes y potenciales beneficios para la salud (Esparza *et al.*, 2020).

En la Tabla 10 se presenta los resultados obtenidos de la harina de maca amarilla, los cuales indicaron, que la harina de maca amarilla presentó un contenido de proteína de 17.04 ± 0.05 %. Además, el valor proteico determinado para harina de maca negra es ligeramente superior a lo reportado por estudios previos. Es importante resaltar, que se ha demostrado que el valor proteico sufre variaciones de acuerdo con la altitud del cultivo, se identificó valor de 8.8 ± 0.4 g/100 g en cultivos

de Junín a 4000 msnm., mientras que a 4200 msnm se encontró el valor de 13.5 ± 0.2 % para la misma especie (Meissner *et al.*, 2016; Meissner *et al.*, 2017). Es decir, la altitud del cultivo influye positivamente con el contenido proteico, lo que respalda nuestros resultados, ya que se identificó que la harina de maca estudiada es proveniente de Cerro Pasco, el cual se encuentra a 4340 msnm.

Respecto a los carbohidratos la harina de maca presentó un valor de 75.7 ± 0.03 % y cuanto al contenido de cenizas alcanzó un valor de 5.03 ± 0.01 %, lo que puede atribuirse a su riqueza en minerales bioaccesibles, ampliamente reconocida en la literatura científica (Wang & Zhu, 2019).

Tabla 10

Composición proximal de harina de maca

Composición proximal	Harina de maca amarilla
Proteína (%)	17.04 ± 0.05
Grasa (%)	2.2 ± 0.03
Cenizas (%)	5.03 ± 0.01
Carbohidratos (%)	75.7 ± 0.03

Asimismo, investigaciones recientes han evidenciado que el contenido de antocianinas en las variedades púrpuras de maca, particularmente concentrado en la epidermis, se encuentra positivamente correlacionado con su capacidad antioxidante (Uto-Kondo *et al.*, 2024), lo que resalta su potencial como ingrediente funcional en el desarrollo de alimentos con propiedades bioactivas. Por otro lado, la harina de maca presenta destacadas propiedades tecnofuncionales, tales como una elevada capacidad de retención de agua y de absorción de aceite, características que favorecen la mejora de la textura, estabilidad y consistencia en diversas matrices alimentarias (Alarcón-García *et al.*, 2020).

En este contexto, la incorporación de harina de maca en la formulación de un néctar funcional representa una estrategia prometedora para el enriquecimiento nutricional y funcional del producto. Su aporte de compuestos antioxidantes contribuye a incrementar la capacidad antioxidante del néctar, mientras que su contenido de fibra y proteínas mejora el perfil nutricional. Asimismo, sus propiedades tecnológicas pueden influir positivamente en la viscosidad y estabilidad del sistema, favoreciendo la aceptabilidad del producto final.

5.2. Caracterización fisicoquímica de las formulaciones de néctar

Los resultados fisicoquímicos de las diferentes formulaciones de néctar funcional evidencian el efecto significativo ($p < 0.05$) del factor de dilución y de la proporción de ingredientes sobre las propiedades del producto final, como se muestra en la Tabla 16.

5.2.1. Sólidos Solubles

En cuanto a los sólidos solubles, los valores obtenidos oscilaron entre 12.745 ± 0.049 y 16.630 ± 0.297 °Brix (Tabla 16). En general, se observó que las formulaciones sometidas a menor dilución (1:1) presentaron mayores valores de °Brix, mientras que el incremento del nivel de dilución (1:2 y 1:3) ocasionó una disminución progresiva de los sólidos solubles. Este comportamiento puede atribuirse a la incorporación de agua durante la formulación, lo que reduce la concentración de azúcares y otros compuestos solubles presentes en el néctar. Asimismo, se evidenció que la formulación influyó significativamente sobre el contenido de sólidos solubles ($p < 0.05$). La formulación F3 (65% PA, 15% HM y 20% PCC) presentó los mayores valores promedio de °Brix, seguida por F2 y F1. Este incremento podría estar relacionado con el mayor contenido de sólidos aportados por la harina de maca amarilla y la pulpa de arándano presentes en la formulación. De manera similar, diversos estudios han reportado que el contenido

de sólidos solubles en néctares de frutas depende principalmente de la proporción de pulpa utilizada y del nivel de dilución aplicado, registrándose valores entre 10 y 18 °Brix para bebidas similares (Barrionuevo, 2024).

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 203.110:2009, los néctares deben contener un mínimo de 20 % de sólidos solubles provenientes de la fruta. En el presente estudio, los valores obtenidos de °Brix se encuentran dentro de rangos adecuados, lo que indica que las formulaciones cumplen con los requisitos establecidos para néctares de fruta, asegurando su calidad y viabilidad tecnológica. El incremento de los valores de °Brix en las formulaciones con menor dilución (1:1) puede explicarse por la mayor concentración de azúcares naturales provenientes principalmente de la pulpa de arándano y camu camu, así como de otros sólidos solubles presentes en la matriz. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Oro y Urcia (2018), quienes indican que el aumento de la dilución genera una disminución en la concentración de sólidos solubles debido al efecto de dispersión de los azúcares en el medio acuoso.

Por otro lado, al realizar el análisis de varianza (ANOVA) multifactorial, se evidenció que tanto la formulación como la dilución, así como su interacción, tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de sólidos solubles (°Brix) del néctar funcional ($p < 0.05$), como se muestra en la Tabla 11. La significancia de la interacción indica que el efecto de la dilución depende de la formulación empleada.

Tabla 11

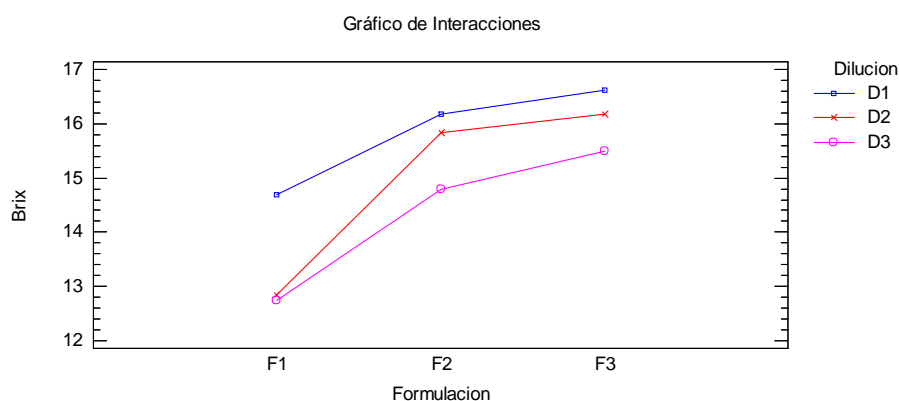
Análisis de varianza de los Sólidos Solubles (°Brix) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos principales					
A:Formulación	6.74058	2	3.37029	184.17	0.0000
B:Dilucion	24.3821	2	12.1911	666.18	0.0000
Interacciones					
AB	1.51122	4	0.377806	20.65	0.0001
Residuos	0.1647	9	0.0183		
Total (Corregido)	32.7986	17			

Al evaluar la interacción entre los factores formulación y dilución, se observó un efecto significativo ($p < 0.05$), indicando que el comportamiento de los sólidos solubles dependió simultáneamente de ambos factores. El tratamiento F3D1 presentó el mayor contenido de sólidos solubles (16.630 ± 0.247 °Brix), mientras que el menor valor correspondió al tratamiento F1D3 (12.745 ± 0.049 °Brix). El gráfico de interacción mostró líneas no paralelas entre los factores evaluados, confirmando la existencia de interacción significativa entre la formulación y el nivel de dilución (Figura 9).

Figura 9

Efecto de la formulación y dilución sobre el contenido de sólidos solubles (°Brix) del néctar funcional



5.2.2. pH

Respecto al pH, los valores se encuentran en un rango de 3.140 ± 0.014 a 3.665 ± 0.021 , lo cual indica que todas las formulaciones presentan una naturaleza ácida, característica deseable en néctares debido a su a su contribución a la estabilidad microbiológica y sensorial. Este rango es tecnológicamente adecuado, ya que valores de pH inferiores a 4.5 contribuyen significativamente a la estabilidad microbiológica del producto, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos y prolongando la vida útil (Caballero & Paredes, 2017).

Asimismo, la NTP 203.110:2009 establece que los néctares deben presentar un pH menor a 4.5. En este estudio, todas las formulaciones presentaron valores de pH entre 3.14 y 3.66, cumpliendo con dicho requisito, lo cual favorece la estabilidad microbiológica del producto.

El carácter ácido observado en las formulaciones puede atribuirse principalmente a la presencia de ácidos orgánicos naturales provenientes del arándano y, especialmente, del camu camu, fruta reconocida por su elevada acidez y contenido de ácido ascórbico. Estudios previos han señalado que la incorporación de frutas ricas en ácidos orgánicos reduce el pH en bebidas funcionales, lo cual mejora tanto su estabilidad como sus características sensoriales, particularmente el sabor refrescante (Oro & Urcia, 2018).

El análisis de varianza (ANOVA) multifactorial mostró que la formulación y la interacción entre formulación y dilución tuvieron un efecto significativo sobre el pH del néctar funcional ($p < 0.05$), mientras que la dilución como factor individual no presentó un efecto significativo ($p > 0.05$). Sin embargo, la significancia de la

interacción indica que el efecto de la dilución depende de la formulación empleada (Tabla 12).

En términos de medias, la formulación F2 presentó los valores más altos de pH, seguida de F3 y F1, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre todas las formulaciones ($p < 0.05$).

Tabla 12

Análisis de varianza del pH en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

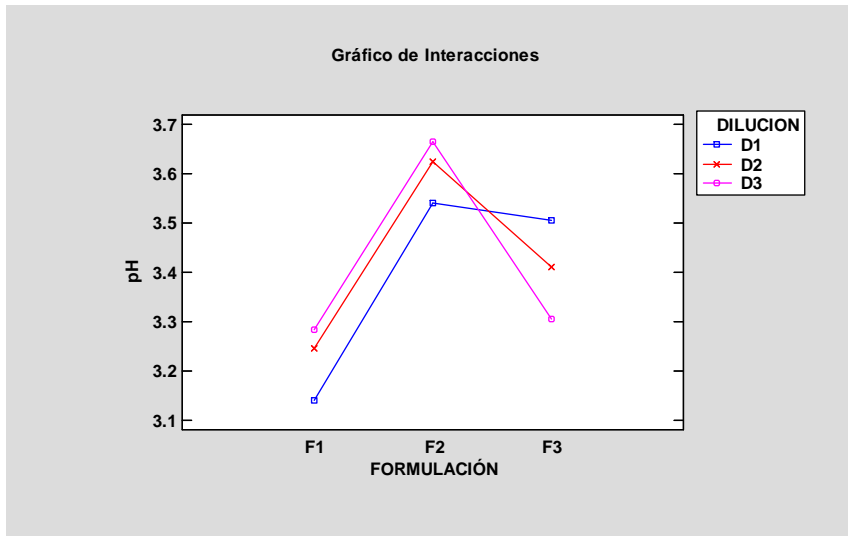
FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos principales					
A:Formulación	0.448933	2	0.224467	367.31	0.0000
B:Dilucion	0.00323333	2	0.00161667	2.65	0.1248
Interacciones					
AB	0.0755333	4	0.0188833	30.90	0.0000
RESIDUOS	0.0055	9	0.000611111		
Total (corregido)	0.5332	17			

Al analizar las combinaciones de tratamientos, el mayor valor de pH se obtuvo en el tratamiento F2D3 (3.665), mientras que el menor correspondió a F1D1 (3.14). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 10).

Estos resultados indican que el pH del néctar funcional está influenciado principalmente por la composición de la formulación y su interacción con el nivel de dilución, siendo la formulación F2 en dilución 1:3 la que maximiza este parámetro.

Figura 10

Efecto de la formulación y dilución sobre el pH del néctar funcional



5.2.3. Acidez Titulable

De manera complementaria, la acidez titulable varió entre 0.149 ± 0.003 % y 0.240 ± 0.013 %, observándose una ligera disminución de la acidez a mayores diluciones, atribuida a la reducción de la concentración de ácidos orgánicos presentes en la matriz. Los valores de acidez titulable obtenidos se encuentran dentro de rangos reportados para bebidas tipo néctar, aunque ligeramente inferiores a los valores reportados en otros estudios de néctares mixtos, donde se han encontrado valores entre 0.25 y 0.32 % (Muñoz *et al.*, 2023). Esta diferencia sugiere que las formulaciones desarrolladas presentan una acidez moderada, lo cual puede favorecer la aceptabilidad sensorial del producto.

La normativa NTP 203.110:2009 también indica que los néctares deben presentar una acidez mínima natural para garantizar su estabilidad. Los valores obtenidos en el presente estudio cumplen con este criterio, evidenciando que el producto desarrollado presenta condiciones adecuadas de conservación y calidad.

La acidez observada está directamente relacionada con la presencia de ácidos orgánicos, principalmente ácido cítrico, málico y ascórbico, los cuales son componentes característicos de los jugos de frutas y determinan el perfil ácido de la bebida (Li *et al.*, 2020). En este sentido, el camu camu desempeña un papel fundamental en la acidez del néctar, ya que es una fruta naturalmente altamente ácida, con valores de pH entre 1.44 y 3.5, lo que favorece su uso en productos procesados debido a su intensa acidez (Santos *et al.*, 2022).

Asimismo, el análisis de varianza (ANOVA) multifactorial evidenció que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto significativo sobre la acidez del néctar funcional ($p < 0.05$). La significancia de la interacción indica que el efecto de la dilución depende de la formulación empleada.

En términos de medias, la formulación F1 presentó los valores más altos de acidez, seguida de F3, mientras que F2 mostró los valores más bajos, evidenciando diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 13

Análisis de varianza de la Acidez (%) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

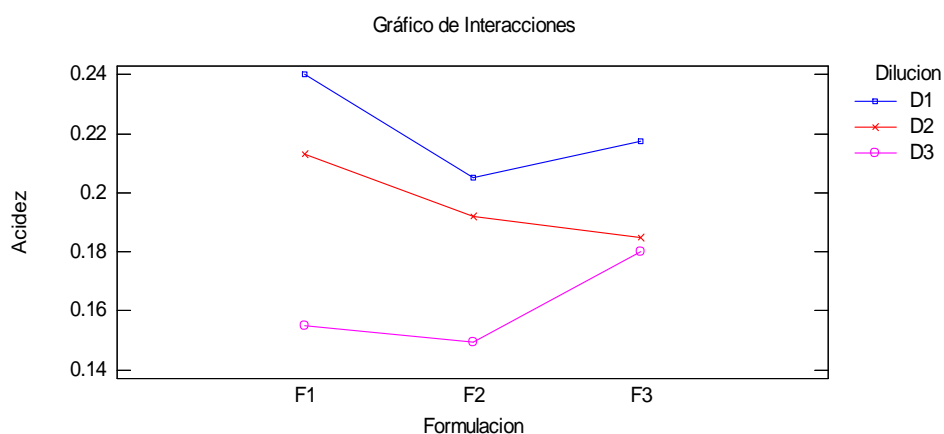
FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos Principales					
A:Formulación	0.001273	2	0.0006365	13.67	0.0019
B:Dilucion	0.0106823	2	0.00534117	114.73	0.0000
Interacciones					
AB	0.00189167	4	0.000472917	10.16	0.0022
Residuos	0.000419	9	0.0000465556		
Total (corregido)	0.014266	17			

Al analizar las combinaciones, el mayor valor de acidez se obtuvo en el tratamiento F1D1 (0.240), mientras que el menor correspondió a F2D3 (0.149). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 11).

Estos resultados indican que la acidez del néctar está influenciada tanto por la proporción de los ingredientes como por el nivel de dilución, siendo la combinación de ambos factores determinante en la concentración de ácidos orgánicos del producto.

Figura 11

Efecto de la formulación y dilución sobre la acidez del néctar funcional



5.2.4. Densidad

En relación con la densidad, los valores oscilaron entre 1.026 ± 0.005 y 1.065 ± 0.002 g/mL, mostrando una tendencia decreciente conforme aumenta la dilución. Esto es coherente con la disminución del contenido de sólidos totales en el sistema. El análisis de varianza multifactorial (ANOVA) evidenció que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto significativo sobre la densidad del néctar funcional ($p < 0.05$). La significancia de la interacción indica que el efecto de la

dilución depende de la formulación empleada, por lo que la interpretación debe realizarse considerando las combinaciones de ambos factores.

Tabla 14

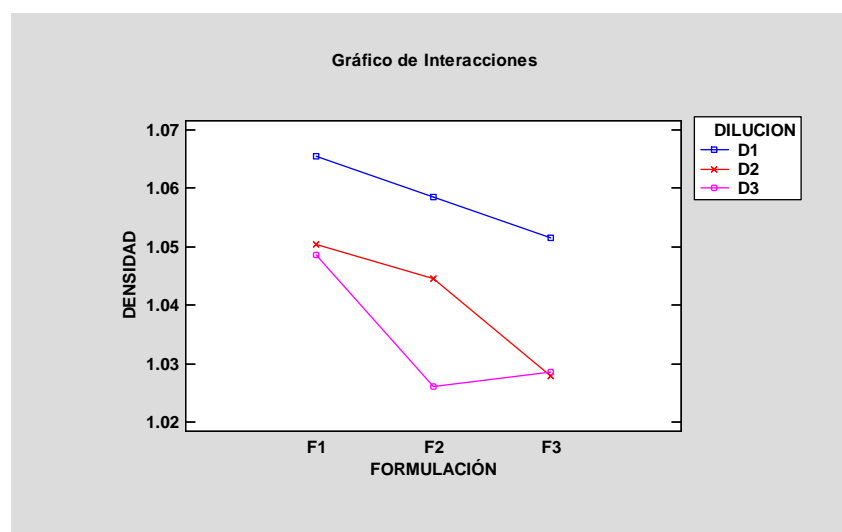
Análisis de varianza de la Densidad (g/ml) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos principales					
A:Formulación	0.00108744	2	0.000543722	107.55	0.0000
B:Dilucion	0.00186944	2	0.000934722	184.89	0.0000
Interacciones					
AB	0.000259889	4	0.0000649722	12.85	0.0009
Residuos	0.0000455	9	0.00000505556		
Total (corregido)	0.00326228	17			

Al analizar las combinaciones de tratamientos, el mayor valor de densidad se registró en el tratamiento F1D1 (1.0655 g/mL), mientras que el menor correspondió a F2D3 (1.026 g/mL). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 12).

Figura 12

Efecto de la formulación y dilución sobre la acidez del néctar funcional



5.2.5. Viscosidad

Los valores de viscosidad de las formulaciones de néctar funcional oscilaron entre 12.87 ± 1.36 y 60.00 ± 6.29 cP, evidenciando una amplia variabilidad entre tratamientos. Los valores más altos se registraron en las formulaciones con menor dilución, mientras que las muestras con mayor dilución presentaron viscosidades considerablemente más bajas.

Este comportamiento es consistente con lo reportado en la literatura, donde se ha demostrado que la viscosidad en jugos y néctares está directamente relacionada con el contenido de sólidos solubles y componentes como pectinas, fibras y polisacáridos presentes en las frutas (Li *et al.*, 2020).

El análisis de varianza multifactorial (ANOVA) evidenció que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto altamente significativo sobre la viscosidad del néctar funcional ($p < 0.05$). La significancia de la interacción indica que el efecto de la dilución depende de la formulación empleada, por lo que la interpretación debe realizarse considerando las combinaciones de ambos factores.

En términos de medias, la formulación F1 presentó los valores más altos de viscosidad, seguida de F3 y F2, evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos. Asimismo, la dilución mostró un efecto marcado, donde la menor dilución (D1) presentó los mayores valores de viscosidad, mientras que la mayor dilución (D3) mostró los valores más bajos.

Resultados similares han sido reportados en bebidas funcionales a base de frutas, donde se observa que la viscosidad disminuye significativamente con el aumento de

la dilución, debido a la reducción de sólidos totales y la menor interacción entre componentes estructurales (Chuquivilca, 2018; Condori-Macedo, 2019).

Tabla 15

Análisis de varianza de la viscosidad (cP) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos Principales					
A:Formulación	187.435	2	93.7174	486.54	0.0000
B:Dilucion	2103.45	2	1051.72	5460.11	0.0000
Interacciones					
AB	790.532	4	197.633	1026.03	0.0000
Residuos	1.73358	9	0.19262		
Total (Corregido)	3083.15	17			

Al analizar las combinaciones de tratamientos, el mayor valor de viscosidad se registró en el tratamiento F1D1 (60.1 cP), mientras que el menor correspondió a F1D3 (13.04 cP). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 13).

Figura 13

Efecto de la formulación y dilución sobre la viscosidad del néctar funcional

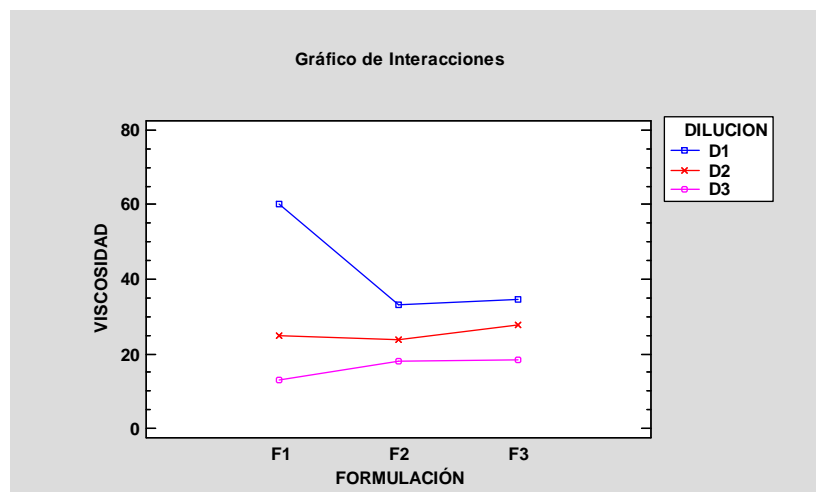


Tabla 16

Resultados de los parámetros fisicoquímicos de las formulaciones de néctar elaboradas a partir de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca

Tratamiento	Formulación (PA-HM- PCC)	Factor de dilución (g/mL)	Sólidos solubles	pH	Acidez	Densidad	Viscosidad
			°Brix		%	g/mL	cP
F1D1	55%-5%-40%	1:1	14.695±0.014	3.140±0.014	0.240±0.013	1.065±0.002	60.00±6.293
F1D2	55%-5%-40%	1:2	12.830±0.021	3.245±0.021	0.213±0.022	1.050±0.001	24.223±2.431
F1D3	55%-5%-40%	1:3	12.745±0.049	3.285±0.035	0.154±0.003	1.048±0.001	12.869±1.362
F2D1	60%-10%-30%	1:1	16.185±0.064	3.540±0.028	0.205±0.008	1.058±0.001	33.531±1.855
F2D2	60%-10%-30%	1:2	15.845±0.035	3.625±0.021	0.192±0.005	1.044±0.001	23.385±4.149
F2D3	60%-10%-30%	1:3	14.795±0.078	3.665±0.021	0.149±0.003	1.026±0.005	18.046±2.114
F3D1	65%-15%-20%	1:1	16.630±0.247	3.505±0.021	0.217±0.005	1.051±0.001	34.369±1.013
F3D2	65%-15%-20%	1:2	16.175±0.297	3.410±0.014	0.185±0.001	1.027±0.001	27.846±2.338
F3D3	65%-15%-20%	1:3	15.480±0.028	3.305±0.035	0.179±0.009	1.028±0.002	18.300±0.916

Nota. PA = pulpa de arándano; HM = harina de maca amarilla; PCC = pulpa de camu camu. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 3).

5.3. Color Instrumental de las formulaciones de néctar

Los parámetros de color instrumental del néctar funcional mostraron una variabilidad importante entre las formulaciones evaluadas, como se muestran en la Tabla 17. Los valores de luminosidad (L^*) oscilaron entre 6.79 ± 0.57 y 33.99 ± 2.21 , evidenciando desde tonalidades más oscuras hasta muestras más claras. Este comportamiento se explica por una mayor concentración de compuestos cromóforos en el sistema. Por el contrario, al incrementar la dilución, se observó un aumento de L^* , asociado a una menor concentración de pigmentos, lo cual coincide con lo reportado en bebidas de frutas, donde la adición de agua reduce la intensidad del color (Li *et al.*, 2020).

El parámetro a^* presentó valores positivos elevados (19.71 ± 0.01 a 41.19 ± 1.00), indicando una predominancia de tonalidades rojizas en todas las formulaciones, característica asociada a la presencia de compuestos fenólicos y pigmentos naturales del arándano y camu camu. Diversos estudios han demostrado que las antocianinas presentan mayor estabilidad y coloración intensa en medios ácidos (Khoo *et al.*, 2017), lo cual concuerda con los valores de pH obtenidos en el presente estudio.










Por su parte, los valores de b^* variaron entre 7.28 ± 0.87 y 32.36 ± 0.54 , reflejando la presencia de matices amarillos que, en conjunto con el componente rojo, determinan la coloración final del producto. La combinación de estos pigmentos con las antocianinas genera una gama de colores que varía desde rojo oscuro hasta tonos más claros dependiendo de la formulación. En este sentido, la composición de la matriz alimentaria influye directamente en la expresión del color en bebidas funcionales (Akter *et al.*, 2011).

El efecto de la dilución también fue determinante en los parámetros de color, observándose que a mayores niveles de dilución se reduce la intensidad cromática,

debido a la dispersión de los pigmentos en la matriz acuosa. Este comportamiento ha sido ampliamente reportado en jugos y néctares, donde la concentración de pigmentos influye directamente en los valores de L*, a* y b* (Li *et al.*, 2020).

Tabla 17

Resultados de los parámetros de color instrumental (L, a, b*) del néctar funcional elaborado a partir de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca**

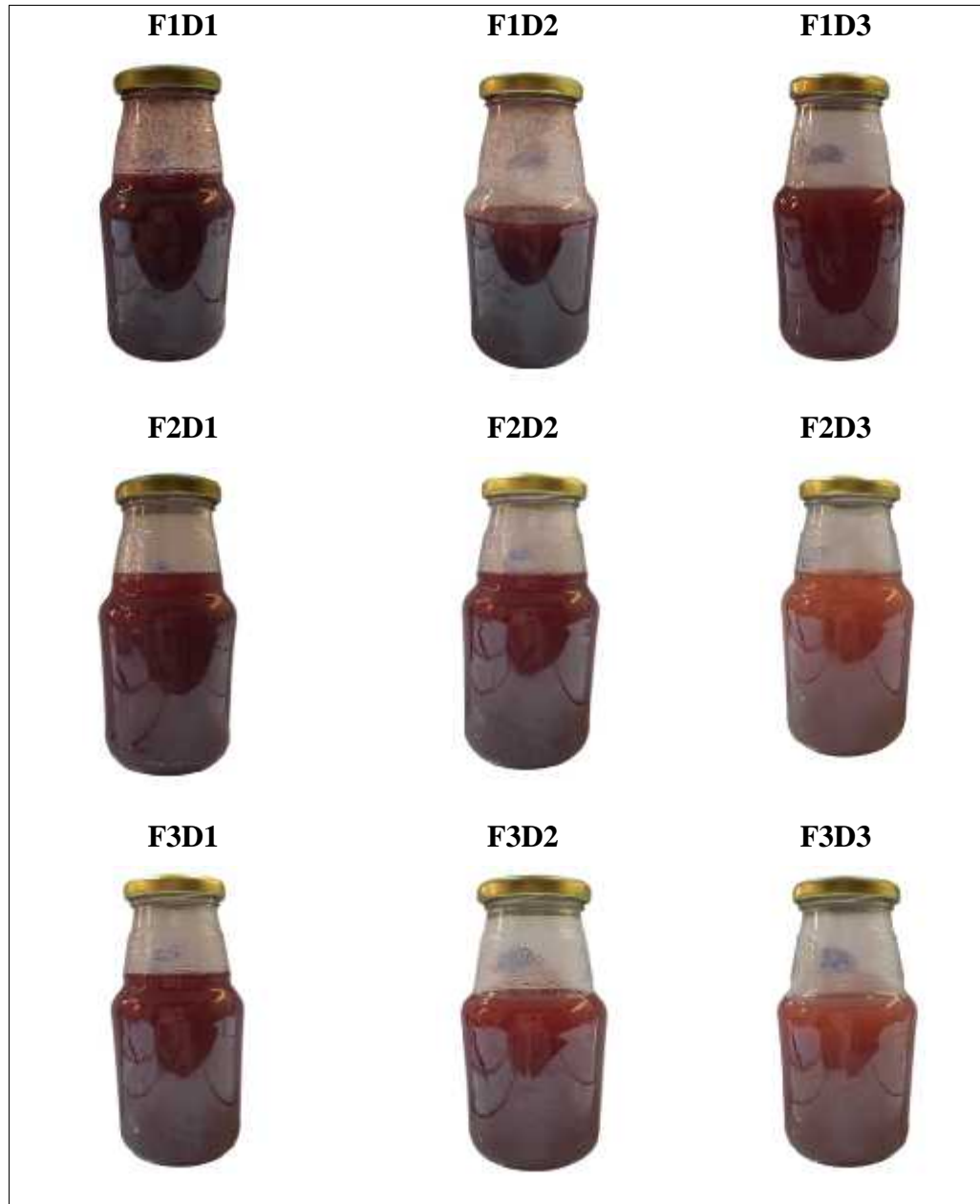
Tratamiento	Color instrumental			Color RGB
	L* (Luminosidad)	a* (rojo-verde)	b* (amarillo-azul)	
F1D1	6.785±3.34	23.720±7.52	17.970±0.36	
F1D2	23.210±0.16	35.580±0.84	28.090±1.75	
F1D3	29.405±0.66	37.745±0.62	32.360±0.53	
F2D1	11.550±0.22	25.470±0.87	14.035±0.07	
F2D2	17.755±0.13	33.200±0.91	20.405±0.27	
F2D3	28.280±0.07	34.010±0.91	22.535±0.84	
F3D1	17.435±0.57	19.710±0.01	7.275±0.86	
F3D2	17.565±1.14	37.940±0.29	26.795±0.21	
F3D3	33.985±2.21	41.190±1.00	28.370±0.59	

Nota. L* = luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a* = componente rojo (+) a verde (-); b* = componente amarillo (+) a azul (-). Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 3).

A continuación, en la Figura 14 se muestra la apariencia visual de las diferentes formulaciones de néctar funcional, donde se evidencian variaciones en la intensidad y tonalidad del color, concordantes con los resultados instrumentales obtenidos para los parámetros L*, a* y b*.

Figura 14.

Apariencia visual de las diferentes formulaciones de néctar funcional en función de la formulación (F1-F3) y dilución (D1-D3)



El análisis de varianza multifactorial evidenció que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto significativo sobre la luminosidad (L^*) del néctar funcional ($p < 0.05$). La significancia de la interacción indica que el efecto de la dilución depende de la formulación empleada, por lo que la interpretación debe realizarse considerando las combinaciones de ambos factores.

En términos de medias, la formulación F3 presentó los valores más altos de luminosidad (33.985), seguida de F2 (28.280), mientras que F1 mostró los valores más bajos (6.785), evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre todas las formulaciones ($p < 0.05$).

Tabla 18

Análisis de varianza de Luminosidad (L) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca*

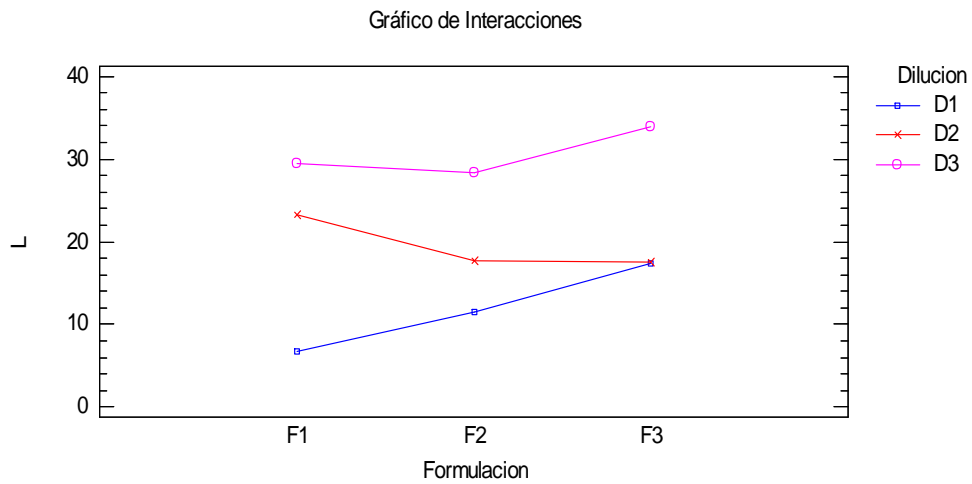
FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos Principales					
A:Formulación	50.0281	2	25.0141	12.32	0.0026
B:Dilucion	1053.57	2	526.787	259.52	0.0000
Interacciones					
AB	141.445	4	35.3612	17.42	0.0003
Residuos	18.2687	9	2.02986		
Total (Corregido)	1263.32	17			

Asimismo, la dilución influyó significativamente sobre este parámetro, observándose que las mayores diluciones (D3) incrementaron la luminosidad del producto, mientras que las menores diluciones (D1) generaron valores más bajos, indicando muestras más oscuras.

Al analizar las combinaciones de tratamientos, el mayor valor de L* se registró en el tratamiento F3D3 (33.99), mientras que el menor correspondió a F1D1 (6.79). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 15).

Figura 15

Efecto de la formulación y dilución sobre la luminosidad del néctar funcional



Sobre el parámetro a^* del néctar funcional ($p < 0.05$) la formulación y la dilución tuvieron un efecto significativo, mientras que la formulación como factor individual no presentó un efecto significativo ($p > 0.05$). No obstante, la significancia de la interacción indica que el efecto de la dilución depende de la formulación empleada, por lo que la interpretación debe realizarse considerando las combinaciones de ambos factores.

En términos de medias, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p > 0.05$), evidenciando valores similares del componente rojo entre F1, F2 y F3. Sin embargo, la dilución mostró un efecto marcado, donde el incremento del nivel de dilución (D3) se asoció con mayores valores de a^* , indicando una intensificación de la tonalidad rojiza del producto.

Tabla 19

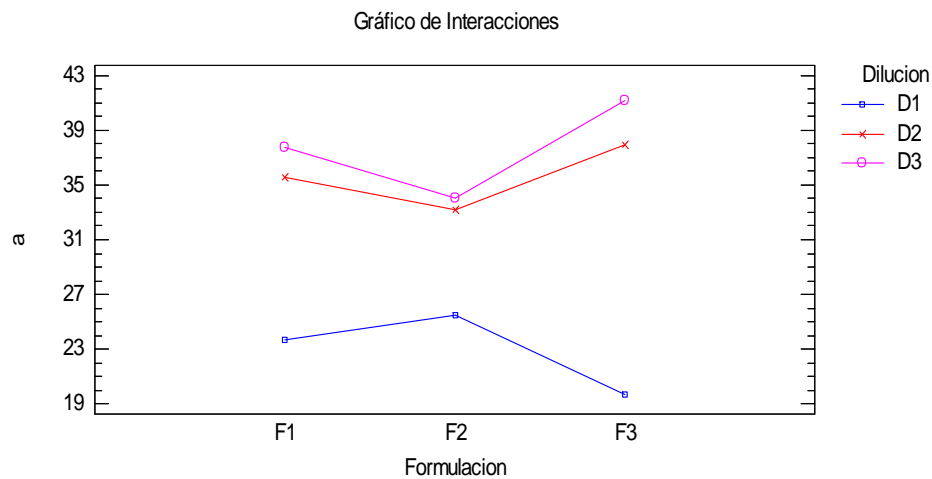
Análisis de varianza de a en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca*

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos principales					
A:Formulación	13.3824	2	6.69121	0.98	0.4111
B:Dilucion	757.57	2	378.785	55.63	0.0000
Interacciones					
AB	95.5459	4	23.8865	3.51	0.0545
Residuos	61.2762	9	6.80847		
Total (corregido)	927.775	17			

Al analizar las combinaciones de tratamientos, el mayor valor de a* se registró en el tratamiento F3D3 (41.20), mientras que el menor correspondió a F3D1 (19.70). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 16).

Figura 16

Efecto de la formulación y dilución sobre a del néctar funcional*



Y finalmente, sobre el parámetro b* del néctar funcional ($p < 0.05$) se evidenció que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto significativo. La significancia de la interacción indica que el efecto de la dilución depende de la

formulación empleada, por lo que la interpretación debe realizarse considerando las combinaciones de ambos factores.

En términos de medias, la formulación F1 presentó los valores más altos de b^* (32.36), seguida de F3 (28.37) y por último F2, evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre todas las formulaciones ($p < 0.05$).

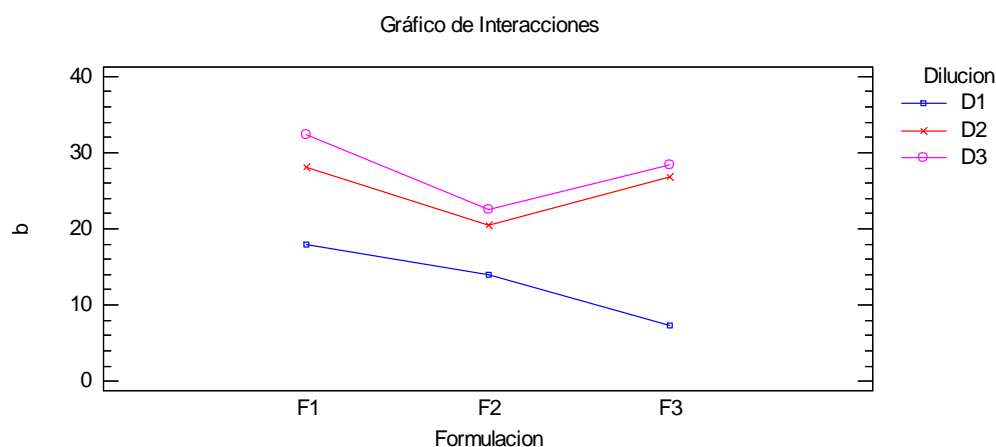
Asimismo, la dilución influyó significativamente en este parámetro, observándose que las mayores diluciones (D3) incrementaron los valores de b^* , mientras que las menores diluciones (D1) presentaron los valores más bajos, indicando una menor intensidad de tonalidades amarillas.

Tabla 20

Análisis de varianza de b^ en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca*

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos Principales					
A:Formulación	165.581	2	82.7905	136.80	0.0000
B:Dilucion	379.703	2	189.851	313.71	0.0000
Interacciones					
AB	469.36	4	117.34	193.89	0.0000
Residuos	5.44665	9	0.605183		
Total (Corregido)	1020.09	17			

Al analizar las combinaciones de tratamientos, el mayor valor de b^* se registró en el tratamiento F1D3, mientras que el menor correspondió a F3D1. El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 17).

Figura 17*Efecto de la formulación y dilución sobre b* del néctar funcional*

5.4. Contenido de Vitamina C de las formulaciones de néctar

La Tabla 21 presenta el contenido de vitamina C de los néctares funcionales elaborados con diferentes proporciones de pulpa de arándano (PA), harina de maca amarilla (HM) y pulpa de camu camu (PCC), así como distintos factores de dilución.

Tabla 21

Resultados del contenido de vitamina C en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

Tratamiento	Formulación (PA-HM-PCC)	Factor de dilución	Vitamina C (mg/100g)
F1D1	55%-5%-40%	1:1	4.46 ± 0.02
F1D2	55%-5%-40%	1:2	2.94 ± 0.07
F1D3	55%-5%-40%	1:3	1.98 ± 0.05
F2D1	60%-10%-30%	1:1	3.10 ± 0.01
F2D2	60%-10%-30%	1:2	2.77 ± 0.09
F2D3	60%-10%-30%	1:3	2.22 ± 0.01
F3D1	65%-15%-20%	1:1	3.28 ± 0.04
F3D2	65%-15%-20%	1:2	2.80 ± 0.01
F3D3	65%-15%-20%	1:3	2.39 ± 0.03

Nota. PA = pulpa de arándano; HM = harina de maca amarilla; PCC = pulpa de camu camu. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 3).

Los valores de vitamina C oscilaron entre 1.98 ± 0.05 y 4.46 ± 0.02 mg/100 g. El mayor contenido se registró en el tratamiento F1D1 (55% PA, 5% MA y 40% PC, dilución 1:1), mientras que el menor correspondió a F1D3 (dilución 1:3).

Este comportamiento se explica por el efecto de dilución, ya que la adición de agua disminuye la concentración de nutrientes presentes en la matriz. Diversos estudios han reportado que el contenido de ácido ascórbico en bebidas de frutas se reduce debido al incremento del contenido de agua y a factores de procesamiento, como la exposición a la luz, el oxígeno y tratamientos térmicos (Meera *et al.*, 2021). Asimismo, se ha evidenciado que el contenido de vitamina C puede disminuir significativamente durante el procesamiento y almacenamiento de bebidas tipo néctar (Rathinasamy *et al.*, 2022).

Por otro lado, la mayor concentración de vitamina C en las formulaciones con mayor proporción de pulpa de camu camu se debe a que este fruto es reconocido como una de las fuentes naturales más ricas en ácido ascórbico. Estudios reportan que el camu camu presenta contenidos de vitamina C que oscilan entre 1.79 y 6.11 g/100 g de pulpa, valores significativamente superiores a otras frutas

El análisis de varianza multifactorial mostró que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto altamente significativo sobre el contenido de vitamina C ($p < 0.05$). En cuanto a los efectos principales, la dilución presentó el mayor efecto sobre la variable respuesta ($F = 1564.32$), seguida de la formulación ($F = 152.05$), lo que indica que la concentración del sistema es el factor más determinante en la retención de vitamina C (Santos *et al.*, 2022). Asimismo, investigaciones realizadas en matrices similares evidencian que el contenido de vitamina C aumenta proporcionalmente con el incremento del porcentaje de camu

camu en la formulación (Quezada y Yenque, 2019). En contraste, el arándano presenta concentraciones mucho menores de vitamina C (alrededor de 18–20 mg/100 g), lo que explica por qué las formulaciones con menor proporción de camu camu presentan valores más bajos de este nutriente (Quezada y Yenque, 2019). Esta diferencia en la composición de las materias primas influye directamente en el contenido final de vitamina C del néctar.

Desde el punto de vista tecnológico, los valores obtenidos en el presente estudio son menores en comparación con otros néctares reportados en la literatura, donde se han encontrado valores superiores (por ejemplo, 22.53 mg/100 g en néctares mixtos de frutas) (Barrionuevo, 2024). Esta diferencia puede atribuirse principalmente al efecto de dilución, así como a posibles pérdidas durante el procesamiento.

La interacción entre formulación y dilución también resultó significativa ($p < 0.05$), evidenciando que el efecto de la dilución depende de la composición de la formulación. Respecto a las medias, la formulación F1 presentó el mayor contenido promedio de vitamina C, seguida de F3 y F2, observándose diferencias estadísticas significativas entre todas las formulaciones ($p < 0.05$). En relación con el factor dilución, la menor dilución (D1) presentó los valores más altos de vitamina C, mientras que la mayor dilución (D3) mostró los valores más bajos, confirmando una reducción significativa del contenido de vitamina C con el incremento del contenido de agua.

Tabla 22

Análisis de varianza de vitamina C en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

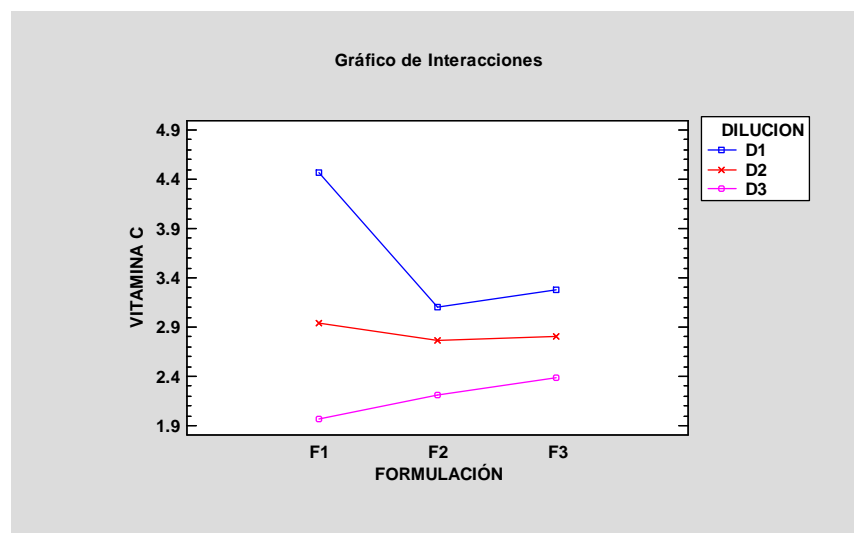
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:formulación	0.589633	2	0.294817	152.05	0.0000
B:dilucion	6.0661	2	3.03305	1564.32	0.0000
Interacciones					
AB	1.82287	4	0.455717	235.04	0.0000
Residuos	0.01745	9	0.00193889		
Total (corregido)	8.49605	17			

A nivel de tratamientos, el mayor contenido de vitamina C se obtuvo en F1D1 (4.46 mg/100 g), mientras que el menor se registró en F1D3 (1.98 mg/100 g). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de interacción significativa (Figura 18).

Estos resultados indican que el contenido de vitamina C en el néctar funcional depende tanto de la proporción de ingredientes, especialmente del camu camu, como del nivel de dilución, siendo mayor en formulaciones más concentradas.

Figura 18

Efecto de la formulación y dilución sobre la vitamina C del néctar funcional



5.5. Caracterización funcional de las formulaciones de néctar

A continuación, se presenta los resultados de los análisis de capacidad antioxidante por el método ABTS y el contenido de compuestos fenólicos totales para determinar su composición funcional del néctar a base de pulpa de arándano, harina de maca amarilla y pulpa de camu camu.

5.5.1. Contenido de Compuestos Fenólicos Totales

En la Tabla 23 se presentan los valores del contenido de compuestos fenólicos totales, expresados como mg de equivalentes de ácido gálico por 100 mL de muestra (mg GAE/100 mL), para las diferentes formulaciones de néctar funcional elaboradas a partir de pulpa de arándano (PA), harina de maca amarilla (HM) y pulpa de camu camu (PCC), bajo distintos niveles de dilución.

Los valores de compuestos fenólicos totales oscilaron entre 87.78 ± 0.77 y 135.02 ± 1.96 mg GAE/100 mL, evidenciando variaciones importantes entre las formulaciones evaluadas. El mayor contenido de polifenoles se registró en el tratamiento F1D1 (55% PA, 5% HM, 40% PCC; dilución 1:1), mientras que el menor valor correspondió al tratamiento F2D3 (60% PA, 10% HM, 30% PCC; dilución 1:3).

La disminución progresiva del contenido de polifenoles con el incremento de la dilución concuerda con lo reportado en bebidas funcionales, donde la adición de agua reduce la concentración de compuestos fenólicos debido a un efecto directo de dilución en la matriz líquida. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado en jugos y néctares de frutas, donde la concentración de sólidos disueltos está estrechamente relacionada con el contenido de compuestos bioactivos (Rathinasamy *et al.*, 2022).

Por otro lado, las diferencias observadas entre formulaciones pueden explicarse por la naturaleza de las materias primas utilizadas. El arándano es reconocido por su alto contenido de compuestos fenólicos, especialmente antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos, los cuales contribuyen significativamente a la capacidad antioxidante del producto (Khoo *et al.*, 2017). Asimismo, el camu camu también aporta compuestos fenólicos, además de vitamina C, generando un efecto sinérgico en la actividad antioxidante (Santos *et al.*, 2022).

En este contexto, la mayor concentración de polifenoles en la formulación F1 puede estar asociada a una combinación más equilibrada de arándano y camu camu, lo que favorece una mayor extracción y estabilidad de estos compuestos en el sistema. Estudios previos han demostrado que la interacción entre diferentes matrices vegetales puede influir en la liberación y disponibilidad de compuestos fenólicos, afectando su cuantificación en productos alimentarios (Quezada y Yenque, 2019).

Asimismo, es importante considerar que los compuestos fenólicos son sensibles a factores como el pH, la temperatura y la exposición al oxígeno, lo que puede generar pérdidas durante el procesamiento. En bebidas ácidas, como el néctar desarrollado en este estudio, estos compuestos tienden a presentar mayor estabilidad, lo cual favorece su conservación en el producto final (Khoo *et al.*, 2017).

Comparativamente, los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro de los rangos reportados para bebidas funcionales a base de frutas, aunque pueden variar dependiendo del tipo de fruta, el procesamiento y la concentración de pulpa empleada (Barrionuevo, 2024). Esto confirma que el uso de arándano y camu camu constituye una estrategia adecuada para el desarrollo de productos con alto contenido de compuestos fenólicos.

Tabla 23

Resultados del contenido de Polifenoles Totales del néctar funcional a partir de pulpa de arándano, camu camu y harina de maca

Tratamiento	Formulación (PA-HM-PCC)	Factor de dilución	Contenido de Polifenoles Totales (mg GAE/100ml)
F1D1	55%-5%-40%	1:1	135.018 ± 1.96
F1D2	55%-5%-40%	1:2	128.902 ± 0.60
F1D3	55%-5%-40%	1:3	109.282 ± 0.34
F2D1	60%-10%-30%	1:1	120.252 ± 1.44
F2D2	60%-10%-30%	1:2	98.302 ± 0.56
F2D3	60%-10%-30%	1:3	87.775 ± 0.77
F3D1	65%-15%-20%	1:1	129.085 ± 1.20
F3D2	65%-15%-20%	1:2	106.037 ± 1.05
F3D3	65%-15%-20%	1:3	97.260 ± 0.74

Nota. PA = pulpa de arándano; HM = harina de maca amarilla; PCC = pulpa de camu camu. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 3).

El análisis de varianza multifactorial evidenció que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de compuestos fenólicos totales del néctar funcional ($p < 0.05$) (Tabla 24). La significancia de la interacción indica que el efecto de la dilución depende de la formulación empleada, por lo que la interpretación debe realizarse considerando las combinaciones de ambos factores.

En términos de medias, la formulación F1 (55% PA, 5% MA, 40% PC) presentó los valores más altos de Polifenoles Totales (135.018 ± 1.96 mg GAE/100 mL), seguida de F3 (129.085 ± 1.20 mg GAE/100 mL), mientras que F2 mostró los valores más bajos (87.775 ± 0.77 mg GAE/100 mL), evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre todas las formulaciones ($p < 0.05$).

Asimismo, la dilución influyó significativamente sobre este parámetro, observándose que la menor dilución (D1) presentó los valores más altos de polifenoles totales (135.018 ± 1.96 mg GAE/100 mL), mientras que la mayor dilución (D3) mostró los

valores más bajos (87.775 ± 0.77 mg GAE/100 mL), lo cual evidencia una disminución del contenido fenólico conforme aumenta la dilución.

Tabla 24

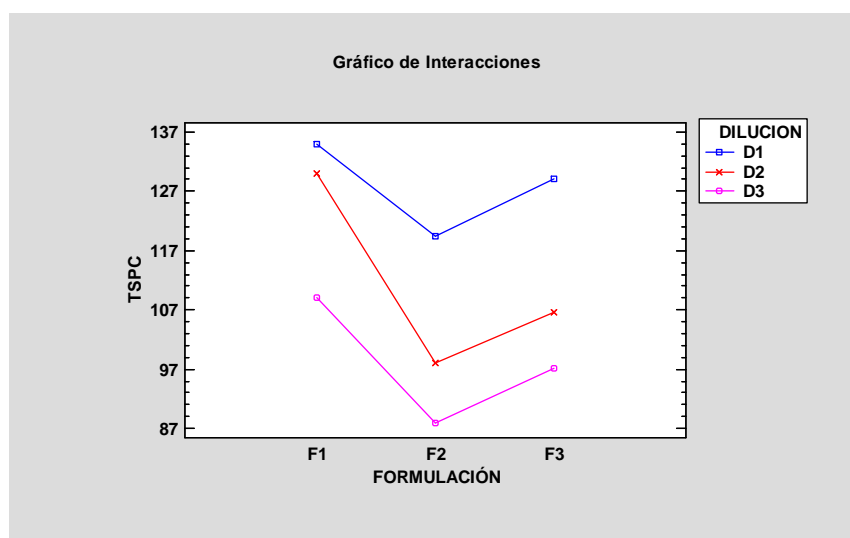
Análisis de varianza del Contenido de Polifenoles Totales en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A:Formulación	1586.89	2	793.445	2028.51	0.0000
B:Dilucion	2658.89	2	1329.45	3398.84	0.0000
Interacciones					
AB	202.385	4	50.5962	129.35	0.0000
Residuos	3.52033	9	0.391147		
Total (Corregido)	4451.69	17			

Al analizar las combinaciones de tratamientos, el mayor contenido de compuestos fenólicos se registró en el tratamiento F1D1 (135.018 mg GAE/100 mL), mientras que el menor correspondió a F2D3 (87.775 mg GAE/100 mL). El gráfico de interacción evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de una interacción significativa (Figura 19). Estos resultados indican que el contenido de compuestos fenólicos del néctar funcional está fuertemente influenciado tanto por la proporción de materias primas como por el nivel de dilución, siendo mayor en formulaciones con mayor concentración de ingredientes ricos en compuestos bioactivos y menor contenido de agua.

Figura 19

Efecto de la formulación y dilución sobre el contenido de Polifenoles Totales del néctar funcional



5.5.2. Capacidad Antioxidante

La Tabla 25 muestra la capacidad antioxidante determinada mediante el método ABTS de los néctares funcionales elaborados con diferentes formulaciones de pulpa de arándano (PA), harina de maca amarilla (HM) y pulpa de camu camu (PCC), así como distintos factores de dilución.

Los valores de capacidad antioxidante oscilaron entre 885.55 ± 16.07 y 1368.50 ± 8.04 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$. El mayor valor se registró en el tratamiento F1D1 (55% PA, 5% MA y 40% PC, dilución 1:1), mientras que el menor correspondió a F2D3 (60% PA, 10% MA y 30% PC, dilución 1:3).

En fin, se observó una disminución de la capacidad antioxidante conforme aumentó el nivel de dilución, evidenciando el efecto de la concentración de compuestos bioactivos en el sistema. Asimismo, las formulaciones con mayor proporción de pulpa de arándano y camu camu presentaron mayores valores de actividad antioxidante.

Tabla 25

Análisis de varianza del Contenido de Polifenoles Totales en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

Tratamiento	Formulación (PA-HM-PCC)	Factor de dilución	ABTS (uMol trolox/100ml)
F1D1	55%-5%-40%	1:1	1368.50 ± 8.04
F1D2	55%-5%-40%	1:2	1237.82 ± 16.07
F1D3	55%-5%-40%	1:3	919.64 ± 16.07
F2D1	60%-10%-30%	1:1	1249.18 ± 19.68
F2D2	60%-10%-30%	1:2	908.27 ± 19.68
F2D3	60%-10%-30%	1:3	885.55 ± 16.07
F3D1	65%-15%-20%	1:1	1154.48 ± 26.24
F3D2	65%-15%-20%	1:2	1056.00 ± 22.73
F3D3	65%-15%-20%	1:3	987.09 ± 17.36

Nota. PA = pulpa de arándano; HM = harina de maca amarilla; PCC = pulpa de camu camu. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 3).

El análisis de varianza multifactorial evidenció que la formulación, la dilución y su interacción tuvieron un efecto altamente significativo sobre la capacidad antioxidante (ABTS) del néctar funcional ($p < 0.05$). En cuanto a los efectos principales, la dilución presentó el mayor impacto sobre la variable respuesta ($F = 538.28$), seguida de la formulación ($F = 126.24$), lo que indica que la concentración del sistema influye de manera determinante en la capacidad antioxidante.

La interacción entre formulación y dilución también fue significativa ($p < 0.05$), lo que indica que el efecto de la dilución depende de la composición de la formulación, siendo necesario analizar los tratamientos de manera conjunta.

Respecto a las medias, la formulación F1 (55% PA, 5% MA y 40% PC) presentó el mayor valor promedio de capacidad antioxidante (1175.32 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$), seguida de F3 (1067.12 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$) y F2 (1020.02 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$), evidenciándose diferencias estadísticas significativas entre todas las formulaciones ($p < 0.05$).

Tabla 26

Análisis de varianza de la capacidad antioxidante (ABTS) en base a los tratamientos del néctar de arándano, camu camu y maca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A:Formulación	76086.3	2	38043.1	126.24	0.0000
B:Dilucion	324425.	2	162213.	538.28	0.0000
Interacciones					
AB	88691.2	4	22172.8	73.58	0.0000
Residuos	2712.2	9	301.356		
Total (corregido)	491915.	17			

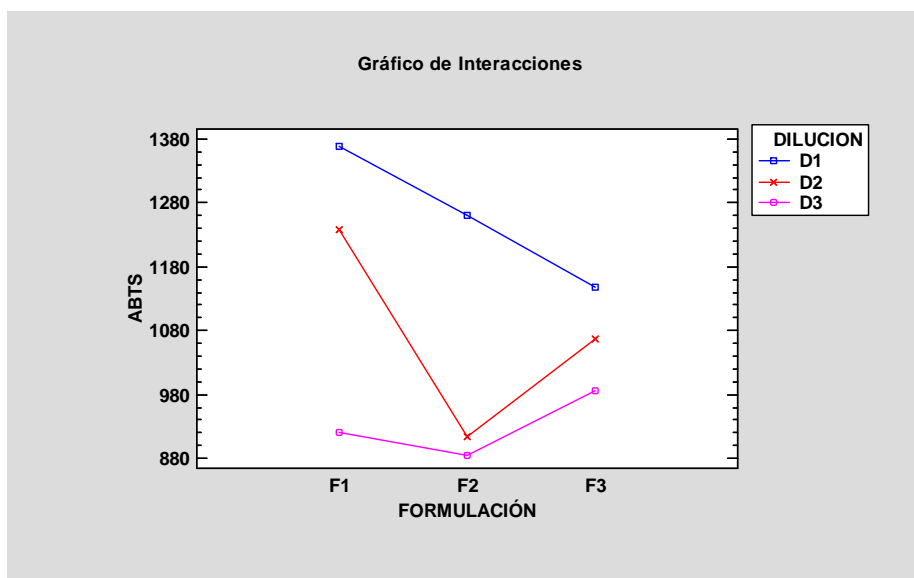
En relación con el factor dilución, la menor dilución (D1) presentó los mayores valores de capacidad antioxidante (1258.65 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$), mientras que la mayor dilución (D3) mostró los valores más bajos (930.76 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$), confirmando una reducción significativa de la actividad antioxidante con el incremento del contenido de agua.

A nivel de tratamientos, el mayor valor de capacidad antioxidante se obtuvo en F1D1 (1368.50 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$), mientras que el menor se registró en F2D3 (885.55 $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$). El gráfico de interacciones evidenció un comportamiento no paralelo entre los factores, confirmando la existencia de interacción significativa (Figura 20).

Estos resultados indican que la capacidad antioxidante del néctar funcional está influenciada tanto por la proporción de ingredientes ricos en compuestos fenólicos como por el grado de dilución, siendo mayor en formulaciones más concentradas y con mayor contenido de frutas con alta actividad antioxidante.

Figura 20

Efecto de la formulación y dilución sobre la capacidad antioxidante (ABTS) del néctar funcional



5.6. Selección de la formulación óptima del néctar funcional

5.6.1. Selección de los tratamientos con mejores características fisicoquímicas y funcionales

Con base en los resultados fisicoquímicos y funcionales obtenidos, se realizó la selección de los tratamientos con mejores características globales del néctar funcional, considerando parámetros como contenido de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante (ABTS), contenido de vitamina C, así como propiedades fisicoquímicas (°Brix, pH, acidez, viscosidad y color instrumental).

Se priorizaron aquellos tratamientos que presentaron altos valores de compuestos bioactivos, sin comprometer la estabilidad y calidad tecnológica del producto.

Tabla 27

Comparación de los tratamientos seleccionados con mejores características fisicoquímicas y funcionales

Tratamiento	°Brix	pH	Acidez (%)	Viscosidad (cP)	Densidad (g/mL)	TSPC (mg GAE/100 mL)	ABTS (μmol Trolox/100 mL)	Vitamina C (mg/100 g)
F1D1	14.69	3.14	0.240	60.00	1.065	134.84	1368.5	4.46
F3D1	16.63	3.50	0.217	34.37	1.051	129.09	1154.48	3.28
F3D2	16.17	3.41	0.18	27.86	1.028	106.66	1056	2.8

En este contexto, los tratamientos seleccionados fueron F1D1, F3D1 y F3D2. El tratamiento F1D1 destacó por presentar los mayores valores de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y vitamina C, constituyéndose como la formulación con mayor potencial funcional. Por su parte, F3D1 mostró un adecuado equilibrio entre propiedades funcionales y fisicoquímicas. Finalmente, F3D2 fue seleccionado debido a su mejor balance tecnológico, presentando características adecuadas de viscosidad, acidez y aceptabilidad visual.

Estos tratamientos fueron considerados como las formulaciones óptimas preliminares para su evaluación final y posible aplicación en el desarrollo de un producto funcional.

5.6.2. Evaluación sensorial de los tratamientos seleccionados

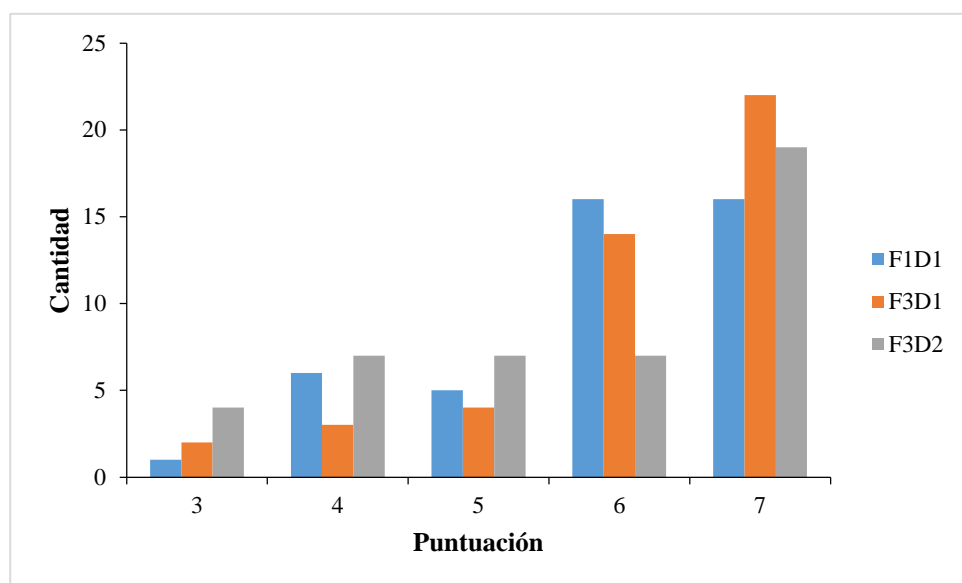
Se desarrolló la evaluación del análisis sensorial de los tres mejores tratamientos a través de la prueba afectiva de aceptación con 45 panelistas no capacitados, conformado por alumnos y personal administrativo de la Universidad Nacional del Santa, los cuales evaluaron olor, color, sabor y aceptabilidad general. Se utilizó una escala hedónica de 7 puntos siendo 7 “Me gusta extremadamente” y 1 “Me disgusta extremadamente”.

a) Olor

La Figura 21 muestra la distribución de frecuencias de las calificaciones del atributo olor del néctar funcional, evaluado en una escala hedónica de 7 puntos (1 = me disgusta extremadamente; 7 = me gusta extremadamente) para las formulaciones F1D1, F3D1 y F3D2.

Figura 21

Atributo de olor sensorial del néctar funcional



El análisis sensorial del atributo olor mostró que las tres formulaciones evaluadas presentaron una alta aceptabilidad, concentrándose la mayoría de las respuestas en las categorías superiores de la escala hedónica (6 y 7). La formulación F3D1 evidenció una mayor frecuencia de respuestas en la categoría “me gusta extremadamente”, con 22 puntuaciones seguido de F3D2 con 19 puntuaciones y F1D1 con 16 puntuaciones. Sin embargo, el análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0.05$), lo cual fue corroborado mediante la prueba de Tukey, donde todas las muestras se agruparon en una misma categoría homogénea (Tabla 32). Estos resultados indican que, aunque existen diferencias en tendencia, el tipo de

formulación no influye significativamente en la percepción del olor del producto.

Tabla 28

Análisis de Varianza de olor sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.93333	2	4.46667	1.90	0.1533
Intra grupos	310.0	132	2.34848		
Total (Corr.)	318.933	134			

b) Color

La Figura 22 muestra la distribución de frecuencias del atributo color del néctar funcional, evaluado mediante una escala hedónica de 7 puntos (1 = me disgusta extremadamente; 7 = me gusta extremadamente) para las formulaciones F1D1, F3D1 y F3D2.

El análisis sensorial del atributo color evidenció una alta aceptación general en las tres formulaciones, concentrándose las respuestas en las categorías superiores de la escala hedónica. La formulación F1D1 presentó la mayor frecuencia en la categoría “me gusta extremadamente” con 35 puntuaciones indicando una mayor preferencia por parte de los evaluadores, seguido de F3D1 con 25 puntuaciones y F3D2 obtuvo 21 puntuaciones, El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p = 0.0026 < 0.05$). La prueba de Tukey indicó que la formulación F1D1 difiere significativamente de F3D2, mientras que F3D1 presentó un comportamiento intermedio sin diferencias significativas respecto a las otras formulaciones (Tabla 32). Estos resultados sugieren que el tipo de formulación influye significativamente en la percepción del color del producto.

Figura 22

Atributo de color sensorial del néctar funcional

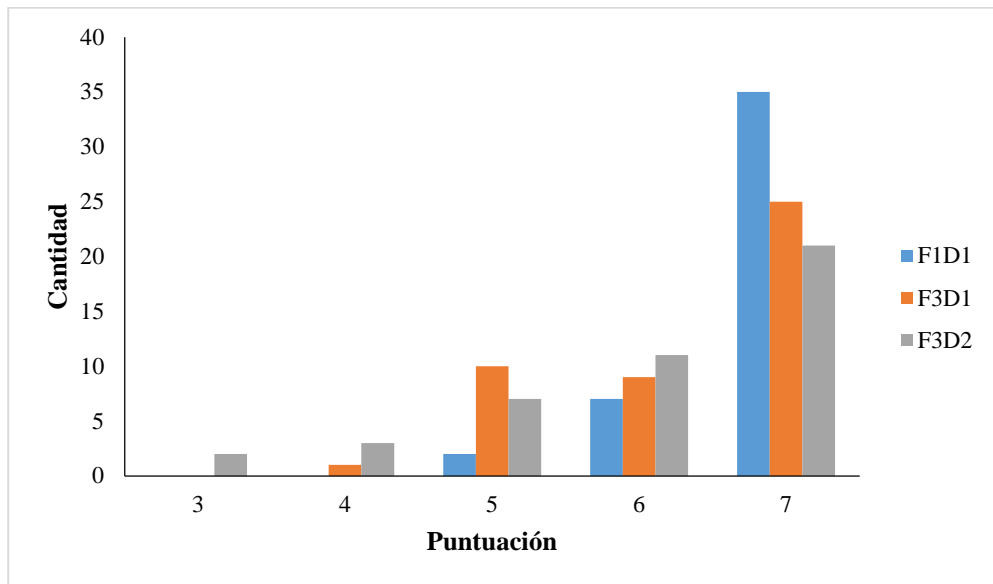


Tabla 29

Análisis de Varianza de color sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional

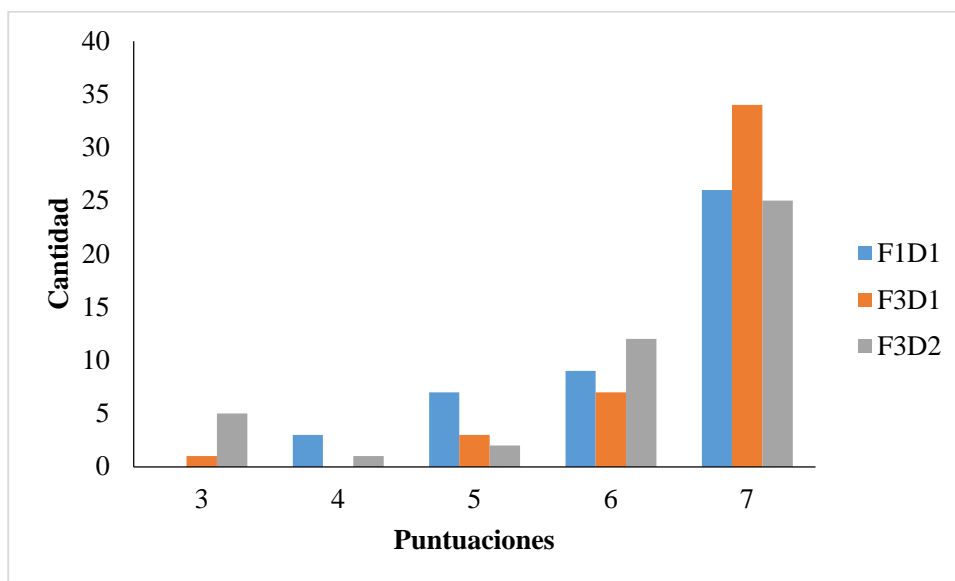
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.9037	2	6.45185	6.25	0.0026
Intra grupos	136.311	132	1.03266		
Total (Corr.)	149.215	134			

c) Sabor

El atributo sabor presentó una alta aceptabilidad en todas las formulaciones evaluadas, concentrándose la mayoría de las respuestas en la categoría “me gusta extremadamente”. La formulación F3D1 mostró la mayor frecuencia en esta categoría, indicando una tendencia de mayor preferencia, con 34 puntuaciones, seguido de F1D1 con 26 puntuaciones y finalmente F3D2 con 25 puntuaciones (Figura 23).

Figura 23

Atributo de color sensorial del néctar funcional



Sin embargo, el análisis de varianza (ANOVA) no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p = 0.0658 > 0.05$). Asimismo, la prueba de Tukey agrupó todas las muestras en una misma categoría homogénea, confirmando la ausencia de diferencias significativas (Tabla 32). Estos resultados indican que, aunque existen diferencias en tendencia, el tipo de formulación no influye significativamente en la percepción del sabor del producto.

Tabla 30

Análisis de Varianza de sabor sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional

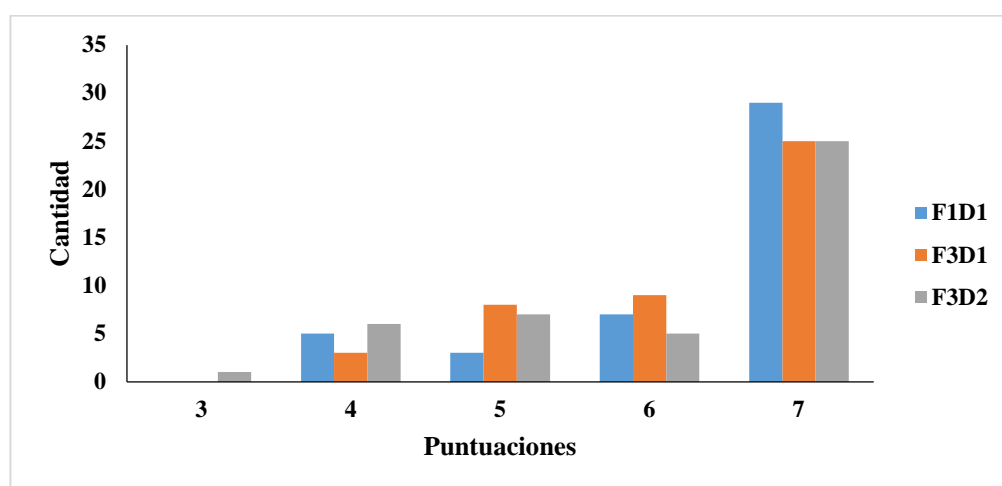
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.17778	2	3.08889	2.78	0.0658
Intra grupos	146.756	132	1.11178		
Total (Corr.)	152.933	134			

d) Aceptabilidad General

La Figura 24 muestra la distribución de frecuencias del atributo aceptabilidad general del néctar funcional, evaluado mediante una escala hedónica de 7 puntos para las formulaciones F1D1, F3D1 y F3D2.

Figura 24

Atributo de aceptabilidad general sensorial del néctar funcional



El análisis de aceptabilidad general evidenció una alta aceptación sensorial en todas las formulaciones evaluadas, con predominio de respuestas en la categoría “me gusta extremadamente”. La formulación F1D1 presentó la mayor frecuencia en dicha categoría con 29 puntuaciones, indicando una ligera preferencia por parte de los evaluadores, seguida de F3D1 con 25 puntuaciones y 25 puntuaciones de F3D2. Sin embargo, el análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p = 0.4443 > 0.05$). Asimismo, la prueba de Tukey agrupó todas las muestras en una misma categoría homogénea, confirmando la ausencia de diferencias significativas (Tabla 32). Estos resultados indican que las variaciones en la formulación y dilución no afectan significativamente la aceptabilidad general del producto.

Tabla 31

Análisis de Varianza de sabor sensorial de los 3 mejores tratamientos de néctar funcional

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.32593	2	1.16296	0.82	0.4443
Intra grupos	188.089	132	1.42492		
Total (Corr.)	190.415	134			

La Tabla 32 muestra las medias de los atributos sensoriales del néctar funcional. El análisis de Tukey indica que solo el atributo color presentó diferencias significativas entre formulaciones ($p < 0.05$), mientras que olor, sabor y aceptabilidad general no mostraron diferencias significativas.

Tabla 32

Medias de los atributos sensoriales y comparación múltiple de Tukey de las formulaciones de néctar funcional

Tratamiento	Olor	Color	Sabor	Aceptabilidad General
F1D1	5.822 ^a	6.778 ^b	6.289 ^a	6.267 ^a
F3D1	6.133 ^a	6.289 ^{ab}	6.622 ^a	6.244 ^a
F3D2	5.578 ^a	5.956 ^a	6.133 ^a	5.978 ^a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

5.6.3. Determinación de la formulación óptima

En conjunto, los resultados del análisis sensorial indican que todas las formulaciones presentan alta aceptabilidad por parte de los consumidores. No obstante, la formulación F1D1 destacó por presentar los mayores valores promedio en aceptabilidad general y color, siendo este último el único atributo con diferencias

estadísticamente significativas. Por lo tanto, F1D1 se selecciona como la formulación óptima del néctar funcional.

Tabla 33

Características Fisicoquímicas y funcionales del mejor tratamiento del néctar a partir de pulpa de arándano, harina de maca amarilla y pulpa de camu camu

Parámetros	F1D1	F3D1	F3D2
Solidos Solubles (°Brix)	14.69	16.63	16.17
pH	3.14	3.50	3.41
Acidez (%)	0.240	0.217	0.18
Viscosidad (cP)	60.00	34.37	27.86
Densidad (g/ml)	1.065	1.051	1.028
TSPC (mg GAE/100 mL)	134.84	129.09	106.66
ABTS (µmol Trolox/100 mL)	1368.5	1154.48	1056
Vitamina C (mg/100 g)	4.46	3.28	2.80
L*	6.785	17.435	17.565
a*	23.720	19.710	37.940
b*	17.970	7.275	26.795
Aceptabilidad General	6.267	6.244	5.978

VI. CONCLUSIONES

- J Se determinaron las características proximales y fisicoquímicas del arándano, camu camu y harina de maca amarilla, evidenciándose que estas materias primas presentan perfiles nutricionales y funcionales complementarios. El arándano mostró un contenido moderado de sólidos solubles (14.08 °Brix), pH ácido (3.52) y presencia de vitamina C (13.17 mg/100 g), lo que contribuye a sus propiedades antioxidantes y sensoriales. Por su parte, el camu camu destacó por su alto contenido de vitamina C (2498.24 mg/100 g) y elevada acidez (2.62%), lo que lo posiciona como un ingrediente funcional clave. Asimismo, la harina de maca amarilla presentó un alto contenido de carbohidratos (75.7%) y proteínas (17.04%), aportando valor energético y nutricional.
- J El uso de estas materias primas permitió desarrollar un néctar con valor agregado nutricional y funcional (valores adecuados de °Brix, pH, acidez, viscosidad, contenido de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante), gracias al aporte de compuestos bioactivos del arándano, la alta vitamina C del camu camu y los componentes energéticos de la maca, además de contribuir a la sostenibilidad mediante la revalorización de recursos andino-amazónicos, posicionándolo como un producto innovador con alto potencial en el mercado de bebidas saludables.
- J Se logró formular y evaluar un néctar funcional a base de arándano, maca y camu camu, obteniéndose productos con adecuada calidad fisicoquímica, funcional y sensorial. En base a los resultados obtenidos, se determinó que la formulación F1D1 (55% pulpa de arándano, 5% harina de maca amarilla y 40% pulpa de camu camu, dilución 1:1) presentó el mejor desempeño global, destacando principalmente en el atributo color, siendo este el único parámetro sensorial con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

VII. RECOMENDACIONES

- J Se recomienda continuar con investigaciones orientadas a la elaboración de néctares a partir de frutas tropicales como aguaje, sanky o pitahaya, debido a su destacado contenido de vitaminas, minerales y valor nutricional.
- J Dado el alto valor nutricional de este néctar en comparación con los productos comerciales, se sugiere promover su aprovechamiento e inclusión en programas sociales como Qali Warma, entre otros.
- J Se propone desarrollar estudios enfocados en los residuos de arándano, camu camu y maca, con el fin de identificar posibles beneficios para la salud y su potencial aplicación en la industria.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaby, K., Skaret, J., Berget, I., & Varela, P. (2025). The interplay of different sensory attributes in lingonberry nectars with sucrose and high intensity sweeteners. *Applied Food Research*, 5(1), 100681. <https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2024.100681>
- Alarcón-García, M., Pérez-Álvarez, J., López-Vargas, J., & Pagan-Moreno, M. (2020). Techno-Functional Properties of New Andean Ingredients: Maca (*Lepidium meyenii*) and Amaranth (*Amaranthus caudatus*). *Proceedings*. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07744.
- Aliman, J., Michalak, I., Bušatli, E., Aliman, L., Kulina, M., Radovic, M., & Hasanbegović, J. (2020). Study of the physicochemical properties of highbush blueberry and wild bilberry fruit in central Bosnia. *TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY*. <https://doi.org/10.3906/tar-1902-36>.
- Antonella, S.; Barreca, D.; Giuseppina, L.; Ersilia, B.; Domenico, T. Arándano (*Vaccinium myrtillus* L.). en suplementos nutricionales no vitamínicos y no minerales ; Elsevier: Ámsterdam, Países Bajos, 2018; págs. 159-163
- Barrionuevo Flores, C. M. (2024). *Formulación y evaluación de néctar a base de mango, maracuyá y mashua*. Universidad Nacional del Santa.
- Bett-Garber, K., Lea, J., Watson, M., Grimm, C., Lloyd, S., Beaulieu, J., Stein-Chisholm, R., Andrzejewski, B., & Marshall, D. (2015). Flavor of fresh blueberry juice and the comparison to amount of sugars, acids, anthocyanidins, and physicochemical measurements.. *Journal of food science*, 80 4, S818-27 . <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12821>.
- Bazalar Pereda, M. S., Nazareno, M. A., & Viturro, C. I. (2024). Physalis peruviana fruit nectar as a rich source of bioactive molecules and good sensory acceptability. *Handbook of Goldenberry (Physalis Peruviana): Cultivation, Processing, Chemistry, and Functionality*, 389–398. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15433-1.00032-7>
- Campa, A.; Ferreira, JJ Diversidad genética evaluada mediante genotipado por secuenciación (GBS) y para caracteres fenológicos en cultivares de arándanos. *PLoS ONE* 2018 , 13 , e0206361.
- Chu, W.; Cheung, SC; Lau, RA; Benzie, IF Arándano (*Vaccinium myrtillus* L.). En *Herbal Medicine* ; CRC Press: Boca Raton, FL, EE. UU., 2011; págs. 55–71.
- Chuquivilca, R. (2017). *Exportación De Néctar De Maca Y Quinoa Con Stevia Al Mercado De New Jersey-Estados Unidos*.
- Costa, D., De Andrade Avelar Da Silva, R., Clímaco, G., Hunaldo, V., Santos, L., & Lobato, J. (2020). Elaboration of mixed nectar of mango and passion fruit.

- Research, Society and Development, 9. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7190>.
- Dare, AP; Günther, CS; Grey, AC; Guo, G.; Demarais, NJ; Cordiner, S.; McGhie, TK; Boldingh, H.; Hunt, M.; Deng, C.; *et al.* Resolución de los patrones de distribución del desarrollo de polifenoles y metabolitos primarios relacionados en la fruta del arándano (*Vaccinium myrtillus*). *Food Chem.* 2022 , 374 , 131703.
- Dokkedal-Silva, V., Morelhão, P. K., Tufik, S., & Andersen, M. L. (2024). The increasing popularity of Peruvian maca (*Lepidium meyenii*) and its potential impacts on sleep and quality of life. *Clinics*, 79, 100398. <https://doi.org/10.1016/J.CLINSP.2024.100398>
- Del Águila Cifuentes, D., Laguna, C., Bazán-Colque, R., & Atencio, J. (2022). Effect of concentration and temperature on the rheological behavior of camu-camu pulp. *Agroindustrial Science*. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.03.02>.
- Esparza, E., Yi, W., Limonchi, F., & Cosio, E. (2020). Glucosinolate catabolism during postharvest drying determines the ratio of bioactive macamides to deaminated benzenoids in *Lepidium meyenii* (maca) root flour.. *Phytochemistry*, 179, 112502 . <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112502>
- García-Chacón, J. M., Rodríguez-Pulido, F. J., Heredia, F. J., González-Miret, M. L., & Osorio, C. (2024). Characterization and bioaccessibility assessment of bioactive compounds from camu-camu (*Myrciaria dubia*) powders and their food applications. *Food Research International*, 176, 113820. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113820>
- González-Sarrías, A., Espín, J. C., & Tomás-Barberán, F. A. (2017). Non-extractable polyphenols produce gut microbiota metabolites that persist in circulation and show anti-inflammatory and free radical-scavenging effects. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 281–288. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.010>
- Hellstrom, J.; Karhu, S.; Karhu, J.; Järvenpää, E.; Välimaa, A.-L. Los perfiles fenólicos diferencian el arándano silvestre y el arándano cultivado. *LWT* 2024 , 199 , 116080.
- Hirzel, J., Moya, V., & Balbontín, C. (2023). Characterization of fruit quality attributes and nutritional composition of ten blueberry cultivars. *Israel Journal of Plant Sciences*. <https://doi.org/10.1163/22238980-bja10073>.
- Hotchkiss, A., Chau, H., Strahan, G., Nuñez, A., Simon, S., White, A., Dieng, S., Heuberger, E., Yadav, M., & Hirsch, J. (2021). Structure and composition of blueberry fiber pectin and xyloglucan that bind anthocyanins during fruit

puree processing. Food Hydrocolloids.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106572>.

- Kayes, I.; Mallik, A. Bosques boreales: distribución, biodiversidad y gestión. En *Life on Land* ; Springer: Cham, Suiza, 2020.
- Kato, P., Barrionuevo, R., Rezende, M., Bervelieri, M., & Aparecida, S. (2020). Camu-camu (*myrciaria dubia* (h.b.k.) mc vaugh): padrão de identidade e qualidade, compostos fenólicos, capacidade reductora e antioxidante da polpa. *Ciência, Tecnologia e Inovação: do campo à mesa*.
<https://doi.org/10.31692/iciagro.2020.0416>.
- Li, J., Zhang, C., Liu, H., Liu, J., & Jiao, Z. (2020). *Profiles of sugar and organic acid of fruit juices: A comparative study and implication for authentication*. *Hindawi Journal of Food Quality*, 2020, Article ID 7236534, 1–11.
<https://doi.org/10.1155/2020/7236534>
- Li, Y.; Liu, S.; Wang, D.; Li, Q.; Wang, C.; Wu, L. Estudio comparativo sobre los efectos de diferentes métodos de mejora del suelo en suelos de arándanos. *Agronomía* 2024 , 14 , 125.
- Manzanero, BR; Kulkarni, KP; Vorsa, N.; Reddy, UK; Natarajan, P.; Elavarthi, S.; Iorizzo, M.; Melmaiee, K. Relaciones genómicas y evolutivas entre especies de arándanos silvestres y cultivados. *BMC Plant Biol.* 2023 , 23 , 126.
- Mart u, GA; Bernadette-Em ke, T.; Odocheanu, R.; Soporán, DA; Bochi , M.; Simon, E.; Vodnar, DC *Especies de Vaccinium (Ericaceae): Fitoquímica y propiedades biológicas de plantas medicinales*. *Molecules* 2023 , 28 , 1533.
- Mendoza, Y. (2024). Formulation of a functional cranberry drink (*Vaccinium myrtillus*), purple corn (*Zea mays* L) and moringa (*Moringa oleifera*). *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 0–9.
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.452>
- Meera, P. M., Sharon, C. L., Sejja Tho manchan Panj ikkaran, S., Aneepa, P. S., Lakshmy, S., & Gomez, S. (2021). *Process optimisation and quality evaluation of passion fruit and pineapple based probiotic drink*. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 40(4), 428–433.
<https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1617>
- Medina. G & Sánchez. S (2020). "Producción y exportación de arándanos para Estados Unidos". [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/617623>.
- Munitz, M. (2013). *Arandanos: Micoflora contaminante, micotoxinas, residuos de fungicidas y cineticas de degradacion* . (Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires).

- Muñoz, P., García Mendoza, J., & Salto(s) Alcívar, S. (2023). Néctar a base de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*): Compuestos antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 43(3), 63–73. <https://doi.org/10.12873/433munoz>
- Murai, T.; Matsuda, S. Los efectos quimiopreventivos de los ácidos clorogénicos, compuestos fenólicos del café, contra la inflamación, el cáncer y las enfermedades neurológicas. *Molecules* 2023 , 28 , 2381
- Nguyen, M.-P.; Lehosmaa, K.; Toth, K.; Koskimäki, JJ; Häggman, H.; Pirttilä, AM El clima en dos regiones climáticas moldea la diversidad e impulsa la estructura de la comunidad endofítica fúngica del fruto del arándano (*Vaccinium myrtillus* L.). *Environ. Microbiome* 2024 , 19 , 7.
- Pereda, M., Nazareno, M., & Viturro, C. (2020). Optimized formulation of a *Physalis peruviana* L. fruit nectar: physicochemical characterization, sensorial traits and antioxidant properties. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3267 - 3277. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04358-w>.
- Pires, TCSP; Caleja, C.; Santos-Buelga, C.; Barros, L.; Ferreira, ICFR *Vaccinium myrtillus* L. Las frutas como una nueva fuente de compuestos fenólicos con beneficios para la salud y aplicaciones industriales: una revisión. *Curr. Pharm. Des.* 2020 , 26 , 1917–1928.
- Sapers, G., Burgher, A., Phillips, J., Jones, S. 1984. Color and composition of highbush blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (1): 105-111.
- Sifuentes-Penagos, Gabriel, León-Vásquez, Susan, & Paucar-Menacho, Luz María. (2015). Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.): cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 131-140. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.06>
- Simpalo-Lopez, W. D., Castillo-Martinez, W. E., Bernardo Símpalo López, W., Jossefyne Esquivel Paredes, L., Miñan-Olivos, G. S., Alejandro Cordova Reyes, J., & Andrea Lujan
- Terry Calderón, V. M., Candela Díaz, J., & Castro Morales, R. (2018). Néctar Multifrutos de Segunda Generación Basándose en Frutas (Carambola), Hortalizas (Yacón, Zanahoria y Maca) y Hidrolizados Proteicos. *TAYACAJA*, 1(1). <https://doi.org/10.46908/riect.v1i1.6>
- Titus, BD; Brown, K.; Helmisaari, H.-S.; Vanguelova, E.; Stupak, I.; Evans, A.; Clarke, N.; Guidi, C.; Bruckman, VJ; Varnagiryte-Kabasinskiene, I.; *et al.* Biomasa forestal sostenible: una revisión de las directrices actuales de recolección de residuos. *Energy Sustain. Soc.* 2021 , 11 , 10.
- Vaneková, Z.; Vanek, M.; Škvarenina, J.; Nagy, M. La influencia del hábitat local y el microclima en los niveles de metabolitos secundarios en frutos de arándano

eslovaco (*Vaccinium myrtillus* L.). *Plants* 2020 , 9 , 436.

- Villena Chávez, Jaime E. (2017). Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el Perú. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 63(4), 593-598. Recuperado en 14 de enero de 2025, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-51322017000400012&lng=es&tlng=es.
- Vivas-Álzate, L., Ciro-Velásquez, H., Sepúlveda-Valencia, J., & Monterroza, E. (2025). Evaluating the Andean blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) powder in the preparation of ice cream: Improving the antioxidant capacity and the total phenolic content. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v78n1.109366>.
- Oro Beltrán, J. B., & Urcia Piedra, S. M. (2018). *Formulación de una bebida funcional a base de aguaymanto y camu camu edulcorado con stevia*. Universidad Nacional del Santa.
- Rathinasamy, M., Ayyasamy, S., Velusamy, S., & Suresh, A. (2022). *Natural fruits based ready to serve (RTS) beverages: A review*. *Food Science and Technology*, 59(12), 4563–4569. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05275-2>
- Santos, I. L., Freire Miranda, L. C., Rodrigues, A. M. d. C., Meller da Silva, L. H., & Amante, E. R. (2022). *Camu-camu [Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh]: A review of properties and proposals of products for integral valorization of raw material*. *Food Chemistry*, 372, 131290. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131290>
- Tokairin, T., Da Silva, A., Spricigo, P., Alencar, S., & Jacomino, A. (2018). Cambuci: a native fruit from the Brazilian Atlantic forest showed nutraceutical characteristics. *Revista Brasileira de Fruticultura*. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018666>.
- Yan, H., Wang, R., Ji, N., Li, J., , C., Lei, J., Ba, L., Wen, G., & Long, X. (2022). Regulation of Cell Wall Degradation and Energy Metabolism for Maintaining Shelf Quality of Blueberry by Short-Term 1-Methylcyclopropene Treatment. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010046>.
- Zapata, S., & Dufour, J. (1993). Camu camu *Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh: Chemical composition of fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61, 349-351. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740610310>.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Caracterización Químico Proximal y Ficoquímica de las Materias Primas

a) Determinación de Humedad



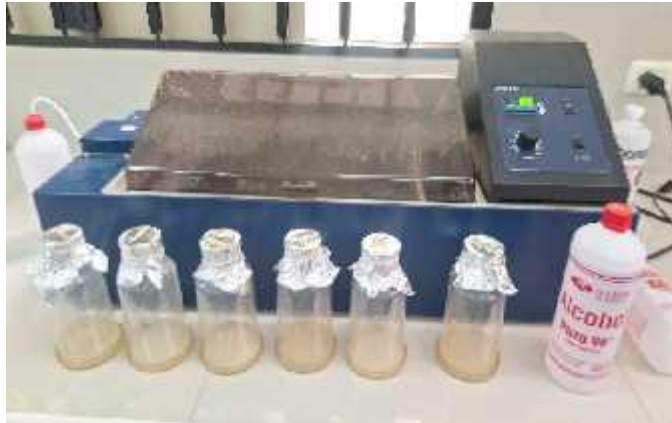
b) Determinación de Grasas



c) Determinación de Cenizas



d) Determinación de Fibra Total



e) Determinación de Proteína



f) Determinación de pH



g) Determinación de Sólidos Solubles



h) Determinación de Acidez



Anexo 2. Elaboración del Nectar Funcional





Anexo 3. Determinación de las Características Físicoquímicas del Nectar Funcional

a) Determinación de pH



b) Determinación de Brix



c) Determinación de Densidad



d) Determinación de viscosidad



e) Color instrumental



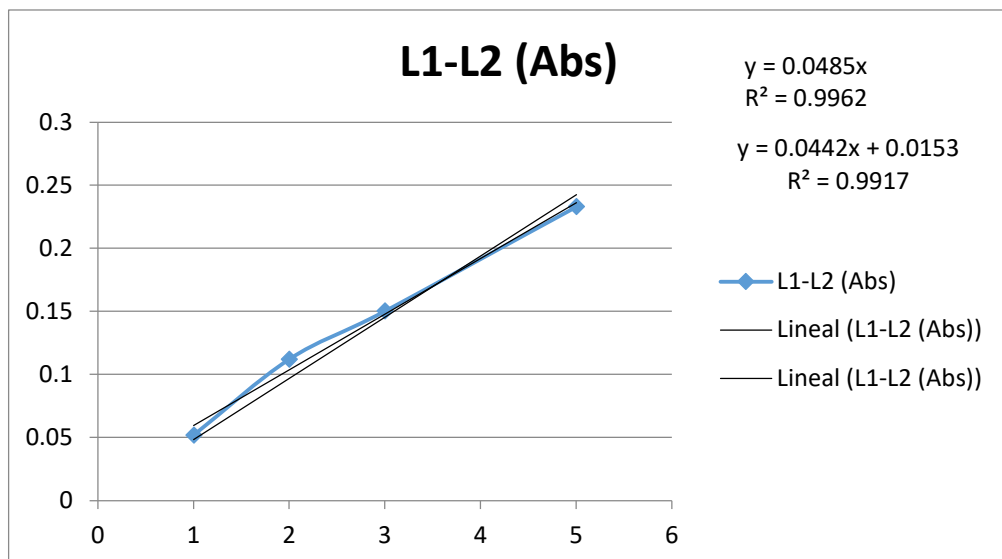
f) Determinación de Acidez



g) Determinación de Vitamina C

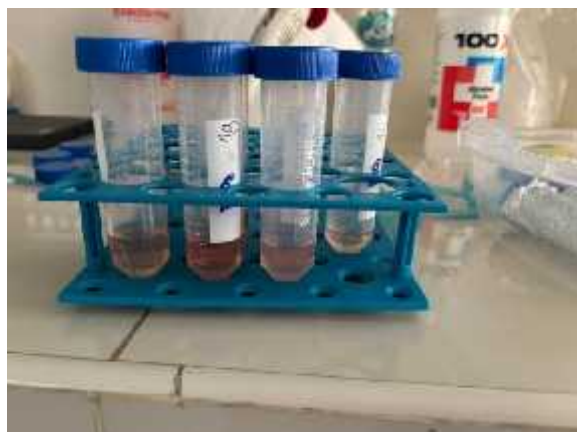


Curva de Calibración para Vitamina C



Anexo 4. Determinación de la Capacidad Antioxidante y Contenido de Polifenoles

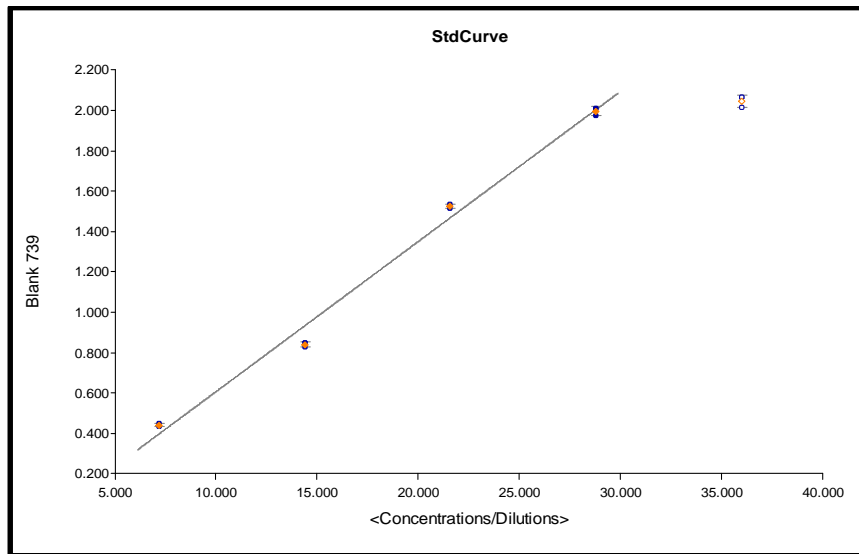
a) Extracción de muestra



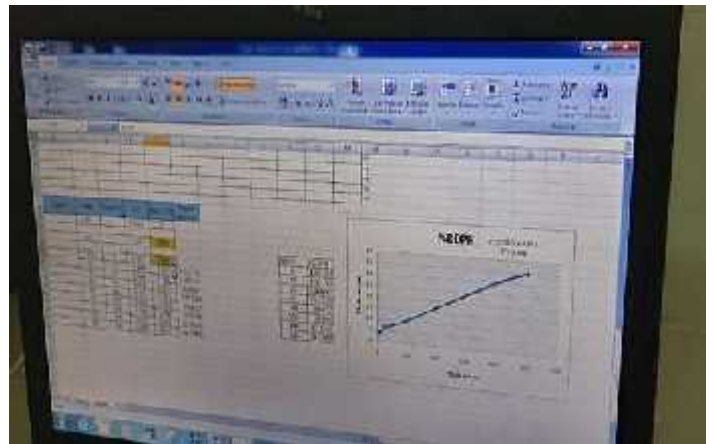
b) Determinación del contenido de Polifenoles



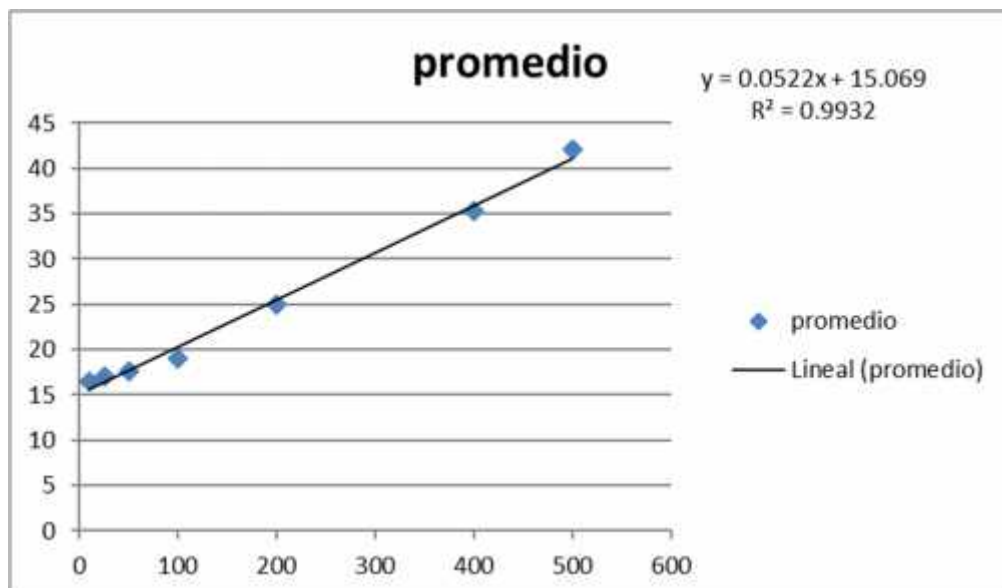
Curva de Calibración de Polifenoles Totales



c) Determinación de la Capacidad Antioxidante DPPH



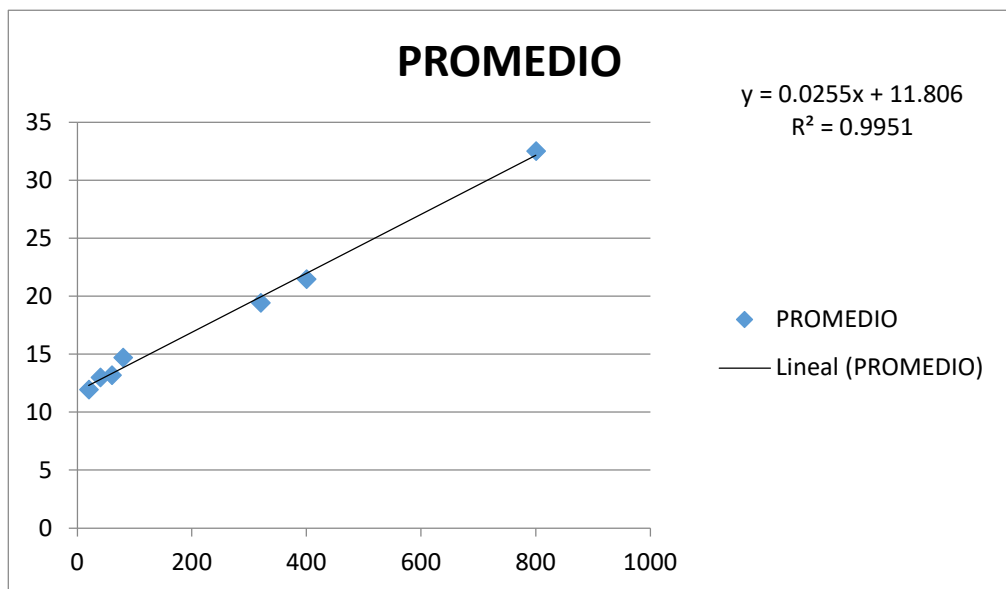
Curva de Calibración de Capacidad Antioxidante



d) Determinación de la Capacidad Antioxidante ABTS



Curva de Calibración de Capacidad Antioxidante ABTS



Anexo 5. Ficha de la Evaluación Sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Evaluación de la aceptabilidad de néctar de arándano (*Vaccinium corymbosum*), maca (*Lepidium meyenii*) y camu camu (*Myrciaria dubia*)

Nombres y Apellidos:

Fecha: / /

A continuación, se le presentarán tres muestras codificadas para evaluar su nivel de aceptabilidad. Las muestras deben ser evaluadas de izquierda a derecha, considerando las características indicadas.

Se emplea una **escala hedónica estructurada de 7 puntos**, donde:

- 1 = Me desagrada mucho
- 2 = Me desagrada
- 3 = Me desagrada ligeramente
- 4 = Ni me gusta ni me disgusta
- 5 = Me gusta ligeramente
- 6 = Me gusta
- 7 = Me gusta mucho

Por favor, marque con una (X) el nivel que mejor represente su percepción para cada atributo.

Nota: Se recomienda enjuagar la boca con agua entre cada muestra.

N° de Muestra							
Atributo	1	2	3	4	5	6	7
Olor							
Color							
Sabor							
Aceptabilidad General							

Observaciones:

.....
.....
.....

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Anexo 6. Desarrollo del Análisis Sensorial del Néctar Funcional

