

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
Programa de Doctorado en Ingeniería Agroindustrial



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**Evaluación funcional de una compota formulada con
Oxalis Tuberosa, *Ipomoea Batata*, *Myrciaria Dubia*
y extracto de *Buddleja Globosa Hope***

Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería Agroindustrial

Autor:

Ms. Toro Rodríguez, Raúl Moises
Código ORCID: 0000-0001-8919-2288

Asesor:

Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel
DNI N° 18146173
Código ORCID: 0000-0003-4326-1852

Línea de investigación
Producción y evaluación de productos agroindustriales

Nuevo Chimbote - PERÚ
2026



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS

Yo, Dr. Daniel Angel Sánchez Vaca., mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de doctorado titulada: Evaluación funcional de una compota formulada con Oxalis Tuberosa, Ipomoea Batata, Myrciaria Dubia y extracto de Buddleja Globosa Hope. Elaborado por el doctorando Raúl Moises Toro Rodríguez, para obtener el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Agroindustrial en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, agosto del 2026

.....
Dr. Daniel Angel Sánchez Vaca

ASESOR:

CODIGO ORCID 0000-0003-4326-1852

DNI N° 18146173



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR

Evaluación funcional de una compota formulada con *Oxalis Tuberosa*, *Ipomoea Batata*,
Myrciaria Dubia y extracto de *Buddleja Globosa Hope*.

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL

Dr. Williams Esteward Castillo Martínez

PRESIDENTE

CODIGO ORCID 0000-0001-6917-1009

DNI N° 40169364

Dr. Victor Alejandro Ascurra Valle

SECRETARIO

CODIGO ORCID 0000-0001-5755-5267

DNI N° 17866619

Dr. Daniel Angel Sánchez Vaca

ASESOR:

CODIGO ORCID 0000-0003-4326-1852

DNI N° 18146173



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los cuatro días del mes de abril del año 2025, siendo las 12:10 horas, en el aula P-02 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 400-2025-EPG-UNS de fecha 28.03.2025, conformado por los docentes: Dr. Williams Esteward Castillo Martínez (Presidente), Dr. Victor Alejandro Ascurra Valle (Secretario) y Dr. Daniel Angel Sánchez Vaca (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada : **"EVALUACIÓN FUNCIONAL DE UNA COMPOTA FORMULADA CON OXALIS TUBEROSA, IPOMOEA BATATA, MYRCIARIA DUBIA Y EXTRACTO DE BUDDLEJA GLOBOSA HOPE"**; presentado por el tesista **Raúl Moises Toro Rodríguez**, egresado del programa de **Doctorado en Ingeniería Agroindustrial**.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 416-2025-EPG-UNS de fecha 31 de marzo de 2025.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Aprobado, asignándole la calificación de Diecinueve (19)

Siendo las 12:55 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Presidente

Dr. Victor Alejandro Ascurra Valle
Secretario

Dr. Daniel Angel Sánchez Vaca
Vocal/Asesor



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: Raul Moises TORO RODRIGUEZ
Título del ejercicio: Revision de Tesis y Proyectos 2026
Título de la entrega: TESIS. RAUL MOISES TORO RODRIGUEZ.docx
Nombre del archivo: TESIS._RAUL_MOISES_TORO_RODRIGUEZ.docx
Tamaño del archivo: 6.76M
Total páginas: 111
Total de palabras: 26,810
Total de caracteres: 145,631
Fecha de entrega: 17-ago-2026 01:28p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3013869409

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
Programa de doctorado en Ingeniería agroindustrial

 **UNS**
ESCUELA DE
POSGRADO

*Evaluación funcional de una composta formulada con Oryza
Tuberosa, Ipomoea Batatas, Myrciaria Dubia y extracto de
Bacillus Globus Hago.*

Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería Agroindustrial.

Autor:
Raul Moises Toro Rodriguez
Código ORCID: 0000-0001-8919-2288

Avisor:
Dr. Daniel Angel Sánchez Vaca
Código ORCID: 0000-0003-4326-1852
DNI N° 18146173

Línea de Investigación
Producción y evaluación de productos agroindustriales.

Nuevo Chimbote - PERÚ
2026

15%
INDICE DE SIMILITUD

15%
FUENTES DE INTERNET

4%
PUBLICACIONES

5%
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
5	1library.co Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
7	sqperu.org.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unicauca.edu.co Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	Submitted to Universidad Privada Boliviana Trabajo del estudiante	<1%
13	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	<1%
14	scielo.org.bo Fuente de Internet	<1%
15	revistaalfa.org Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

**A mis dos amores, las que son
mi inspiración en todo lo que
hago, Valentina e Ysela.**

**A mis padres Julián y María
por haberme dado todo, a mis
hermanos y toda la familia por
su comprensión.**

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis Dr. Daniel Sánchez Vaca, por sus enseñanzas y apoyo que me brindo para la elaboración de esta tesis, por su apoyo y amistad.

A todas las personas que hicieron posible el desarrollo de la presente tesis.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	1
INTRODUCCION	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
CAPITULO II.....	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.2. MARCO CONCEPTUAL	7
CAPITULO III.....	19
METODOLOGÍA	19
3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.2. DISEÑO	19
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	21
3.4. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO	21
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	23
3.6. PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.7. TÉCNICAS PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	28
CAPITULO IV	29
RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1. CARACTERÍSTICAS PROXIMALES DE LAS MATERIAS PRIMAS	29
4.2. PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES.....	30
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE VARIABLES DEPENDIENTES.....	31
4.4. OPTIMIZACIÓN DE MÚLTIPLES RESPUESTAS	71
CAPITULO V.....	82
CONCLUSIONES	82
CAPITULO VI	83
RECOMENDACIONES	83
CAPITULO VII	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
VII. ANEXOS.....	93

INDICE DE TABLAS.

	Pag.
Tabla N° 1. Ordenación taxonómica del camu camu (<i>Myrciaria dubia</i> HBK McVaugh).....	11
Tabla N° 2. Contenido nutricional del Camu Camu (<i>Myrciaria dubia</i>).....	11
Tabla N° 3. Clasificación taxonómica de la Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	12
Tabla N° 4. Características Taxonómicas del camote (<i>Ipomoea batata</i>).....	12
Tabla N°5. Contenido nutricional de aminoácidos del camote (<i>Iponema batata</i>)... ..	13
Tabla N° 6. Contenido Nutricional del camote (<i>Iponema Batata</i>).....	13
Tabla N° 7. Contenido nutricional de vitaminas, minerales y elementos traza de tubérculos de camote (<i>Iponema batata</i>).....	14
Tabla N° 8. Matriz de experimentos (Diseño de mezcla D-Optimal) para compota a base de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>), camote (<i>Ipomoea batata</i>), camu camu (<i>Myrciaria dubia</i>) y extracto de matico (<i>Buddleja globosa</i> Hope).....	20
Tabla N° 9. Análisis proximal y fisicoquímico de la materia prima.....	29
Tabla N° 10. Promedio de los análisis desarrollados a producto terminado.....	30
Tabla N° 11. Análisis de Varianza DPPH.....	33
Tabla N° 12. Análisis de Varianza TPC.....	40
Tabla N° 13. Análisis de Varianza proteínas.....	46
Tabla N° 14. Análisis de Varianza de Vitamina C.....	53
Tabla N° 15. Análisis de Varianza viscosidad.....	60
Tabla N° 16. Análisis de Angulo de tonalidad.....	66
Tabla N° 17. Resumen de respuestas de las variables dependientes e independientes... ..	71
Tabla N° 18 Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III.....	76
Tabla N° 19 Análisis de Varianza para Olor - Suma de Cuadrados Tipo III.....	77
Tabla N° 20 Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III.....	79
Tabla N° 21 Análisis de Varianza para Apariencia general - Suma de Cuadrados Tipo III	80

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura N°1. Elaboración de una compota	09
Figura N°2: Proceso de elaboración de compota con camote, oca, camu camu y extracto de matico.....	26
Figura N°3. Grafico superficie respuesta para DPPH.....	36
Figura N°4. Grafico superficie respuesta para TPC.....	42
Figura N°5. Grafico superficie respuesta para proteínas	49
Figura N°6. Grafico superficie respuesta para Vitamina C... ..	56
Figura N°7. Grafico superficie respuesta para viscosidad... ..	62
Figura N°8. Grafico contorno para ángulo de tonalidad.....	68
Figura N°9. Grafico optimización de múltiples respuestas	73
Figura N°10. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Tratamiento	76
Figura N° 11 Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Tratamiento	78
Figura N°12 Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Tratamiento	79
Figura N° 13 Pruebas de Múltiple Rangos para Apariencia general por Tratamiento...	80

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue elaborar la formulación con optimas características funcionales (capacidad antioxidante, polifenoles totales, viscosidad, proteínas) de una compota elaborada con oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa* Hope). Para lo cual se desarrolló un diseño investigación experimental. Por lo tanto, se utilizó la sub clasificación del procedimiento Superficie de Respuesta denominada diseño de mezclas (D-optimal), se elaboraron las compotas con las diferentes combinaciones en total 20 tratamientos experimentales de manera aleatoria. La formulación optima de la compota fue Oca 60%, Camote 35 %, Camu Camu 2%, Extracto de matico 3 %.

Se concluye que las características funcionales (reología, capacidad antioxidante, compuestos fenólicos), de la compota elaborada, presentan valores adecuados es así que la preparación de esta compota es una prometedora fuente potencial de nutrientes para las personas de todas las edades, ya que se ha demostrado que es un alimento muy nutritivo y beneficioso para la salud. Cabe indicar también que la compota tuvo un comportamiento no newtoniano con características de fluido pseudoplástico.

Palabras claves: Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, fluido pseudoplástico, superficie de respuesta.

ABSTRACT

The objective of the research was to develop a formulation with optimal functional characteristics (antioxidant capacity, total polyphenols, viscosity, proteins) of a compote made with goose (*Oxalis tuberosa*), sweet potato (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) and extract of matico (*Buddleja globosa* Hope). For which an experimental research design was developed. Therefore, the subclassification of the Response Surface procedure called mixture design (D-optimal) was used; the compotes were prepared with the different combinations in a total of 20 experimental treatments in a random manner. The optimal formulation of the compote was Goose 60%, Sweet Potato 35%, Camu Camu 2%, Matico Extract 3%. It is concluded that the functional characteristics (rheology, antioxidant capacity, phenolic compounds and proteins) of the prepared compote present adequate values, thus the preparation of this compote is a promising potential source of nutrients for people of all ages, since which has been shown to be a very nutritious food and beneficial for health. It should also be noted that the compote had a non-Newtonian behavior with pseudoplastic fluid characteristics.

Key words: Antioxidant capacity, phenolic compounds, pseudoplastic fluid, response surface.

CAPITULO I

INTRODUCCION.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Guía Alimentaria para la Población Brasileña (Brasil, 2014), destaca que una dieta saludable debe tener las siguientes características: Equilibrada, respetando el consumo adecuado de cada tipo de alimento; variada, incluyendo varios grupos de alimentos para aportar diferentes nutrientes; suficiente, respetando las cantidades necesarias para cada persona, seguras, libres de contaminantes de naturaleza biológica, física o química. Una alimentación saludable es aquella que satisface todos los requerimientos del organismo. Además de ser una fuente de nutrientes, una dieta involucra diferentes aspectos y valores, para Cunha (2014), alimentándose correctamente, es decir, la conciencia de la importancia de unos correctos hábitos alimentarios, permitirá suplir las necesidades nutricionales del organismo, contribuyendo a un desarrollo saludable y proporcionando condiciones beneficiosas que contribuirán a una mejor calidad de vida. La formación de hábitos alimentarios saludables es un proceso que se inicia desde el nacimiento, con prácticas alimentarias introducidas desde los primeros años de vida por los padres, primeros y principales responsables de su formación, que ofrecen subsidios para la realización de las tareas diarias. Una mala alimentación puede comprometer la fuerza o disposición para realizar algunas actividades, y también puede perjudicar gravemente el desempeño de funciones vitales del organismo.

Ciertos nutrientes y componentes de los alimentos se han destacado por su actividad antioxidante, es decir, con capacidad de transformar y/o reducir la acción oxidante de los radicales libres, previniendo sus efectos nocivos para el organismo (Panzier et al., 2011). Los radicales libres (RL) participan en varios procesos naturales en el cuerpo humano y normalmente son producidos por el metabolismo, pero bajo ciertas condiciones, como en presencia de xenobióticos, pueden causar una alta producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que conduce a estrés oxidativo, que es negativo para el cuerpo y está entrelazado con el proceso de la enfermedad y sus causas. La producción excesiva de ROS está directamente relacionada con el proceso de envejecimiento (Prevedello y Comachio 2021). El organismo dispone de defensas antioxidantes endógenas eficaces para combatir el exceso de radicales libres, se cree

que no son infalibles, por lo que constantemente se forman radicales libres. Los antioxidantes son agentes encargados de la inhibición y reducción de lesiones causadas por compuestos inestables, siendo adquiridos principalmente en los alimentos. Así, una dieta sana, rica en verduras y frutas es fundamental para mantener el buen funcionamiento del metabolismo humano. Hay una serie de sustancias antioxidantes que se pueden encontrar en la ingesta de alimentos, como la vitamina C (que se encuentra en las naranjas, los limones y la acerola), la vitamina E (que se encuentra en el arroz, las verduras de hoja y el aceite de soja), la vitamina A (que se encuentra en la calabaza, zanahorias, mangos, batatas, espinacas, mostaza y col rizada), zinc (que se encuentra en la carne, los mariscos, las aves y la leche), selenio (que se encuentra en el hígado, las aves, las ostras, los mariscos y el pescado) y licopeno (que se encuentra en los tomates, espárragos, papaya, guayaba y zanahorias) (Almeida et al., 2018).

Se cree que varios factores están relacionados con el desarrollo de comorbilidades en individuos obesos, incluidos los mecanismos que proporcionan un exceso de daño oxidativo en el cuerpo humano. Entre estos, se destaca que la peroxidación lipídica es una reacción en cadena de los ácidos grasos en las membranas celulares, capaz de generar radicales libres que causan daño a las células y que se incrementa en la obesidad. Además, la disminución de las enzimas citoprotectoras con la obesidad también se ha relacionado con el daño celular y, en consecuencia, con el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, como el cáncer, la aterosclerosis, la hipertensión, entre otras (Franca, 2013). Así, considerando que los antioxidantes en la dieta son esenciales para el mantenimiento de la salud y considerando el aumento de la prevalencia de sobrepeso en la población, la relación entre el estrés oxidativo y las enfermedades crónicas no transmisibles, así como la escasez de datos sobre su ingesta hacen que los estudios sobre la ingesta de antioxidantes y su relación con el estado nutricional de la población sean relevantes. En ese sentido, se busca brindar y motivar la ingesta de nutrientes antioxidantes a la población de nuestro país.

Los antioxidantes son los encargados de mantener el equilibrio entre la producción y la neutralización de los radicales libres (De Freitas et al., 2020).

Asociados a la protección de la salud frente a enfermedades crónico degenerativas, los antioxidantes son compuestos que, incluso en pequeñas concentraciones, retrasan o

inhiben la oxidación de los sustratos a los que están expuestos, como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos (Ribeiro, 2016).

Así el camu-camu (*Myrciaria dubia*), oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), y extracto de matico (*Buddleja globosa* Hope). Entre otros tienen gran potencial de tener acción antioxidante para agregarlos a la dieta humana para prevenir y/o ayudar en el tratamiento de enfermedades.

En ese sentido se plantea el problema de la investigación: ¿Cuál será la formulación con mejores características funcionales de la compota elaborada con *Oxalis tuberosa*, *Ipomoea batata*, *Myrciaria dubia* y extracto de *Buddleja globosa* Hope?

La finalidad principal se constituyó de la siguiente forma: Elaborar la formulación con optimas características funcionales de una compota elaborada con oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa* Hope). Para lo cual se establecieron tres objetivos específicos: primer objetivo específico, Determinar las características proximales, actividad antioxidante, compuestos fenolicos, de la oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa* Hope). Segundo objetivo específico: Determinar las características funcionales (reología, vitamina C, capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y proteínas), de las formulaciones de compota formulada con *Oxalis tuberosa*, *Ipomoea batata*, *Myrciaria dubia* y extracto *Buddleja globosa* Hope. Tercer objetivo específico: Determinar la formulación optima de compota elaborada con oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa* Hope). Para el Instituto nacional de salud del Perú el 69.9 % de mayores (de 30 a 50 años) padecen de sobrepeso y obesidad, seguida de 42.4% de jóvenes (de 18 a 29 años), 32.3% de estudiantes (de 6 a 11 años), 33.1 % de adultos mayores (de 60 años a mas) y por último el 23.9% de adolescentes (de 12 a 17 años). Estos padecimientos, sube las causas de peligro. La organización mundial de la salud (OMS), indica una alimentación inadecuada es la causa principal de dolencias endémicas (cardiovasculares, cánceres, dolencias endémicas respiratorias y diabetes), culpables del 68% de los fallecimientos a nivel global. En ese sentido el Servicio Nacional de Salud del reino (National Health Service - NHS) determinaron que la posibilidad de padecer un contagio por COVID-

19 aumenta en seres humanos que tienen sobre peso hasta en un 44 y casi hay duplicidad en seres humanos que padecen obesidad, También mencionan que las posibilidades de fallecer por esta dolencia aumentan con el exceso de peso. Es así que en estos tiempos de pandemia debemos prestar atención en la nutrición de forma ordenada e implementar como costumbre el autocuidado con alimentos funcionales que brinden nutrición saludable, preventiva y que eleven el sistema inmunológico.

Una alternativa para mitigar la creciente tasa de mortalidad es proporcionar a la población productos innovadores con alto contenido de vitaminas (alto en vitamina C), aminoácidos, minerales y antioxidantes, con características tecnológicas y sensoriales con alta aceptabilidad en el mercado, así también incrementar el desarrollo y la potenciación de la agroindustria a través de la línea de alimentos de II Gama, empleando materias primas como productos andinos, los cuales según, Chirinos et al., (2010), Rosa (2016), Judith (2020), y Ruíz (2020) indican que los beneficios nutricionales de materias primas oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa Hope*) son numerosos. Teniendo en cuenta estas características y las bondades funcionales que poseen, se presenta como una alternativa para elevar el sistema inmunológico y contribuir a disminuir las implicancias de las afecciones respiratorias virales, un producto de segunda gama como la compota a base de base de oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa Hope*).

Llegando a plantear la hipótesis: La formulación optima de compota es la formulación con 70% de pure de oca (*Oxalis tuberosa*), 25 % de camote (*Ipomoea batata*), 3 % de pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*) y 3 % de matico (*Buddleja globosa Hope*) con una alta aceptabilidad de 4, aumentando las propiedades funcionales (% proteínas, % vitamina C, cantidad de polifenoles, etc) y con 4 Pa.S de viscosidad con comportamiento reologico pseudoplastico ajustado a un modelo de Ostwald.

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Rodríguez (2013) en su investigación determino tres tratamientos en la producción de compota desde mashua blanca y camote morado endulzado con miel de abeja y panela, con aceptabilidad del consumidor en las combinaciones realizadas, los mismos que son T9 (a3b3) 75% mashua y 25% camote + 25% panela y 75% miel de abeja, T6(a2b3) 50% mashua y camote 50% + 25% panela y 75% miel de abeja, T7(a3b1) 75% mashua y 25% camote + 75% panela y 25% miel de abeja), a las que satisficieron las demandas de los consumidores.

Reyes (2015) determino la consecuencia de agregar productos del ande (RTAs) sometidos a curación mediante exposición a los rayos solares en la elaboración de compota de manzana de la variedad Emilia (*Malus communis* – *Reineta amarilla de Blenheim*), obteniendo rangos reológicos como el indicador del comportamiento de flujo e indicador de consistencia, ajustándose a la ley de la potencia. El indicador de flujo es $n < 1$, determinando esto su pseudoplasticidad de forma inversamente proporcional. La mejor combinación fue T1 (22.50% Manzana, 9.00% Camote, 13.50% Oca) dado que el índice de consistencia muestra valores elevados durante los días (10) que duro el análisis 11.03 Pa.s, además ello indica que la combinación es la más apropiada para la permanencia de las propiedades apropiadas de la compota.

De la Cruz (2014) determino la reología de una compota hecha con zapallo macre (*Cucurbita maxima Duchesne*) con goma xantana a distintas concentraciones y temperaturas, utilizando para ello un viscosímetro rotacional de Brookfield RV-DVIII ULTRA, spindles N°:5, 6 y 7, los datos se ajustaron al modelo de Ostwald-De Waele. Mostrando un comportamiento No Newtoniano y cuando se incrementa la temperatura a una concentración constante el índice de consistencia (K) se reduce mientras que el índice de comportamiento del flujo (n) aumento, los valores de n estuvieron entre 0 y 1 evidenciando una conducta pseudoplastico. También se realizó la evaluación sensorial a 30 jueces adultos y 30 niños con la finalidad de conocer la mejor combinación y aceptación.

Marreros (2016) elaboro una compota de plátano enriquecida con camu-camu debido al alto contenido de vitamina C para ayudar la absorción de hierro en niños menores de dos años y adultos mayores, a la vez se logró una buena aceptación del producto.

Judith (2020) desarrollo una bebida funcional a base de matico y eucalipto con stevia que, a través de las encuestas y entrevistas se pudo percibir la aceptación por parte de los participantes, lo cuales cumplían con las características del target.

Suwalsky y Speisky (2017) en su estudio determinaron las propiedades antioxidantes y antihemolíticas contenidas en las hojas de Buddleja globosa (B. globosa), también conocida como “Matico”.

Fuentes et al., (2018) demostró el mecanismo de acción antiplaquetaria de un extracto de matico. Esta propiedad beneficiosa del matico es importante en la trombosis, en la que la activación y agregación plaquetarias son importantes y determinantes de la iniciación y el desarrollo de trombos, así los efectos beneficiosos de la ingesta de matico en la prevención de enfermedades cardiovasculares son buenos.

Ruíz (2020) determinó que las plantas medicinales producen diversos metabolitos secundarios, destacando los flavonoides y aceites esenciales que los estudios científicos dan a conocer como sustancias que tienen el potencial de inmovilizar los virus que provocan dolencias respiratorias, también dio a conocer la información etnobotánica y fitoquímica de plantas medicinales y que tienen capacidades antivirales como el matico (*Piper aduncum* L.) que en sus hojas contienen: Terpenoide: alcanfor, dillapiol (58%), flavonoides, pinostrobin, piperitona (4%), pseudodilapio, saponinas y taninos.

Bazan (2019) estableció los valores óptimos para el procesamiento de mermelada de camu-camu, así como también calculó el índice de consistencia (12,603 a 51,481 Pa-s) y el índice de flujo (0,2219 a 0,7333 s⁻¹) tratándose de un fluido del modelo pseudoplástico que se adapta al prototipo de la Ley de potencia.

2.2. MARCO CONCEPTUAL.

Según el CODEX STAN 79-1981, indica que la compota es un bien elaborado por un componente apropiado de fruta, que pudiera ser fruta entera, pedazos de fruta, pulpa o puré de fruta, que se agregue jugo o no de fruta concentrada como componente facultativo; combinado con un edulcorante, carbohidrato, con o sin agua; y procesado con la finalidad de tomar una textura apropiada.

Formulación de compotas.

Detalle A: El bien final contendrá, por lo menos 45 partes en peso del componente de fruta original, con separación de azúcares o componentes facultativos agregados, por cada 100 partes en peso del bien final.

En el caso que se utilice fruta diluida o concentrada, el cálculo de los ingredientes tiene por principio el equivalente de frutas de concentración simple, el cálculo se estima teniendo en cuenta la correlación de los sólidos solubles del concentrado o la dilución y los sólidos solubles de la fruta natural (concentración simple).

Detalle B: El bien (producto) contendrá por lo menos 33 partes en peso del componente de fruta original, con separación de cualquier azúcar agregado o componente facultativos utilizado en la elaboración del componente fruta por cada 100 partes en peso de final.

Si se utilizara fruta disuelta o concentrada, el cálculo tiene como base el semejante de frutas de concentración simple, conforme se calcula por la correlación que existe entre los sólidos solubles del concentrado o la dilución y los sólidos solubles de la fruta natural (concentración simple).

Compotas elaboradas con más de una pulpa de fruta

Dos frutas:

En los casos que una compota o jalea presenta una combinación de un par de frutas, aquella que se señala en primer lugar tiene que aportar como mínimo del 50 % y no pasar del 75 por ciento, de la cantidad total de fruta, a excepción si es que una fruta fuera melón, granadilla, limón, papaya o jengibre de la existencia de dos. En el caso que uno de los ingredientes es melón o papaya, está permitido componer hasta el 95 % pero en el caso de que haya piña (ananás), granadilla, limón y jengibre su cantidad

mínima que se puede encontrar será de 5 %, en tanto que el componente principal se acepta hasta más del 75 %.

Tres frutas:

Si una jalea o compota incluye una combinación de 3 frutas, la indicada en primera ubicación tendrá que aportar como mínimo 33 1/3 %, sin sobrepasar el porcentaje de 75, de la cantidad total de fruta.

Cuatro o más frutas:

Si una jalea o compota incluye una combinación de 4 o más frutas, la indicada en primera ubicación tendrá que aportar como mínimo 25 %, sin sobrepasar el porcentaje de 75 %, de la cantidad total de fruta.

Descripción del proceso de las compotas.

Navas (2009): Indica que el procedimiento de producción de compotas es:

- Recepción, selección y lavado de Materia Prima
Se reciben la totalidad de insumos en el almacén
- Despulpado.
Consiste en la obtención de la pulpa según sea la materia prima.
- Formulación.
Pesado de todos los componentes que conforman la compota.
- Mezclado.
Homogenización de los componentes que conforman la compota.
- Cocción.
Luego de ejecutada la mezcla continúa con la cocción con el objetivo que el almidón actúe de tal forma se pueda llegar a la viscosidad esperada para la jalea.

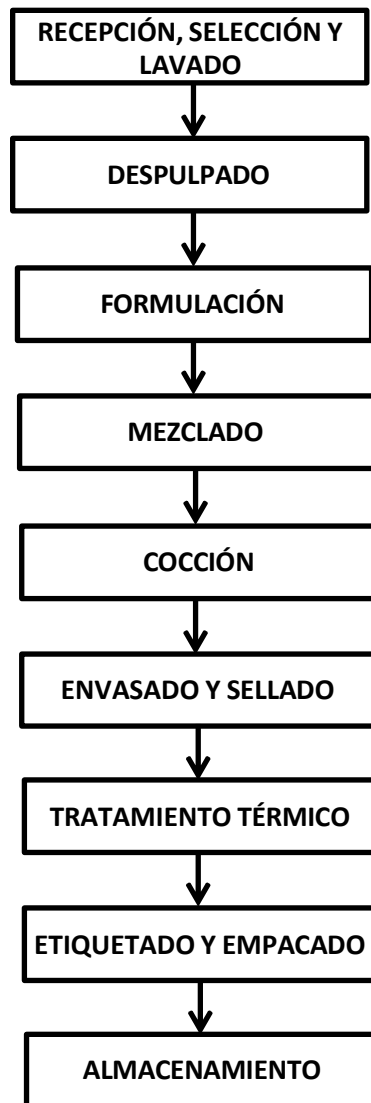


Figura N°1: Elaboración de una compota.

- Envasado y sellado.
Inmediatamente envasado los envases son sellados.
- Tratamiento térmico.
Parte esencial, que se lleva a cabo a cierta temperatura y tiempo con la finalidad de no generar la proliferación de microorganismos en el bien y la desaparición de nutrientes en el mismo.
- Etiquetado y empacado.
Acción donde se colocan las etiquetas a los envases y luego se empacan.

- Almacenamiento

Las compotas se almacenan sobre pallets en almacén ventilado a temperatura ambiente.

Camu camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh).

Es un fruto nativo de gran importante por la zona amazónica del Perú, se le conoce como *Myrciaria dubia* HBK McVaugh. Dicha especie corresponde a la familia Myrtaceae, su desarrollo generalmente se lleva a cabo por las márgenes ribereñas, charcos diminutos y aguas que discurren de los ríos en la amazónica HERNÁNDEZ et al. (2011). Su ubicación en forma natural es en modo de rodales naturales en Perú, Brasil, Colombia, Venezuela y Ecuador (Castro et al., 2018).

Especie originaria de las riberas de ríos y lagos de la Amazonía y perteneciente a la familia de las mirtáceas, (Da Silva, 2019). Es un arbusto de 1 a 3 m de altura, aunque en ambientes naturales puede llegar hasta los 8 m. Tiene un tallo que en la mayoría de los casos se ramifica desde la base, siendo columnar, intermedio o cónico. Las ramas son esbeltas, flexibles, cilíndricas, glabras, lisas y de color marrón claro o rojizo, con una corteza que se desprende de forma natural. Las hojas son simples, opuestas, elípticas o lanceoladas, de 6-11 cm de largo y 1,5-5 cm de ancho, con ápice acuminado y base obtusa a redondeada. Margen de la hoja entero a ondulado, nervios reticulados, con el nervio central plano en el haz y poco prominente en el envés. Las nervaduras laterales forman un ángulo de 45° con la nervadura central y se curvan hacia el ápice de la hoja. Ambos lados son glabros, siendo el superior brillante y de color verde oscuro, mientras que el inferior es verde claro y opaco. El fruto es una baya esférica de 1 a 3 cm de diámetro, de piel fina, lisa y brillante, de color rojo, virando a negro púrpura al final de la maduración. Pulpa jugosa ligeramente rosada, y con un número de semillas que varía de 1 a 4, que pueden representar entre el 14 y el 27 % del peso total del fruto, mientras que la piel y la pulpa representan del 73 al 86 % del peso total (Aguirre, 2020).

Tabla N° 1: Ordenación taxonómica del camu camu(*Myrciaria dubia* HBK McVaugh).

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Rosidae
Orden	Myrtales
Suborden	Myrtanae
Familia	Myrtaceae
Género	Myrciaria
Especie	Dubia

Fuente: Alvarado, 1969

Tabla N° 2: Contenido nutricional del Camu Camu (*Myrciaria dubia*)

Contenido	Inmaduro(g/100g)	Maduro(g/100g)
Agua	91.2	90.3
Grasa	0.258	0.288
Proteína	0.53	0.71
Carbohidratos.	7.9	8.6
Cenizas	0.112	0.102

Fuente: Aguiar, 2016.

Tiene un gran potencial para mejorar la nutrición y la salud (Castro et al., 2018), debido a su notable contenido de polifenoles y vitamina C (1600 a 2900 mg/100g), superior a muchas frutas consideradas fuentes de estos compuestos (Da Silva y Mourão, 2022).

Oca (*Oxalis tuberosa*).

Se cultivan entre los 3.000 y los 3.900 msnm, se encuentran muy bien adaptadas a climas fríos, como las zonas agroecológicas altas. Debemos decir que generalmente, estos tubérculos necesitan terrenos oscuros, con abundante materia orgánica y pocos ácidos en estas condiciones se obtienen rendimientos altos. Se tiene pruebas que en casi todos los responden de manera positiva a la fertilización nitrogenada. Pero los agricultores en el cultivo son pocos los que usan abono artificial, porque como se cultiva en rotación, estiman una cantidad considerable de nutrientes restantes en los terrenos de cultivo posteriores al cultivo de la papa (Carrera, 2013).

Es un tubérculo originario de la región andina de América, y se produce principalmente entre Perú, Bolivia y Ecuador. En sus niveles nutritivos promedio posee un 84.1% de

agua, 1.1% de proteína, 13.2% de carbohidratos, 0.6% grasa y 1% de fibra. El contenido vitamínico varía, pero puede tener cantidades significativas de retinol (vitamina A) y los tubérculos amargos contienen hasta 500 ppm de ácido oxálico. En este sentido, la oca es una excelente fuente alimenticia y nutricional en la dieta alimenticia del poblador peruano (Ore et al., 2020).

Tabla N° 3: Clasificación taxonómica de la Oca (*Oxalis tuberosa*).

Clase	Dicotiledónea
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidácea
Género	<i>Oxalis tuberosa</i>
Especie	<u>Oca</u>

Fuente: Carrera, 2013

Camote (*Ipomoea batata*).

Según Delgado (2008) manifiesta que el crecimiento de la planta se da al ras o centímetros arriba del suelo, la cosecha se puede dar a partir de los cuatro meses. Se ha reportado la existencia de por lo menos 500 especies cuyo sembrío se puede hacer en los meses de abril a junio. En lugares donde el clima es cálido puede sembrarse en cualquier época, cabe mencionar que en época seca, se debe regar con abundante agua. Su adaptación a distintos tipos de suelos es una de sus características principales, pero se desarrolla mejor en suelos arenosos.

Tabla N° 4: Características Taxonómica del camote (*Ipomoea batata*)

Clasificación científica	
Reino	Plantae
Subseiro	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Convolvulácea
Tribu	Ipomea
Género	<i>Ipomoea</i>
Especie	<u><i>I. batatas</i></u>

Fuente: Productos de Exportación. Desde el Surco, autores Paul Noboa G, Luis Cruz A. Temistocles Hernández. Enero del año 2007. Elaborado por: Funcionario del SIGAGRO-MAGAP. Econ. Edgar Paredes.

Tabla N°5: Contenido nutricional de aminoácidos del camote (*Iponema batata*)

Contenido	Unidad/100g
Triptofano	0.031
Treonina	0.083
Isoleucina	0.055
Leucina	0.092
Lisina	0.066
Metionina	0.029
Cisteina	0.022
Fenilalanina	0.08
Tirosina	0.034
Valina	0.086
Arginina	0.055
Histidina	0.031
Alanina	0.077
Ácido aspartico	0.382
Acido glutamico	0.155
Glicina	0.063
Prolina	0.052
Serina	0.08

Fuente: Lim et al, 2016; Linares et al, 2008; Pagalo et al, 2010; Cusumano et al, 2013; Martí et al, 2011; Wang y Zhu, 2016.

Tabla N° 6: Contenido Nutricional del camote (*Iponema Batata*)

Contenido	Unidad/100g
Agua	64 - 74 gr
Fibra	1.2 - 3.5 gr
Lípidos	0.5 - 2.1 gr
Proteína	1.2 - 7.2 gr
Grasa	0.4 - 3 gr
Carbohidratos	20.19 - 27.3 gr
Azúcar	4.18 - 9.7 gr
Glucosa	2.37 - 4.68 mg
Sacarosa	56.94 - 59.97 mg
Fructosa	1.43 - 4mg
Almidones	11.8 gr

Fuente: Lim et al, 2016; Linares et al, 2008; Pagalo et al, 2010; Cusumano et al, 2013; Martí et al, 2011; Wang y Zhu, 2016.

Tabla N° 7: Contenido nutricional de vitaminas, minerales y elementos traza de tubérculos de camote (*Iponema batata*)

Contenido	Unidad/100g
Ácido ascorbico	2.4 - 25 mg
Retinol	0.1 - 4.256 mg
Tiamina	0.078 - 0.7 mg
Riboflavina	0.05 - 0.061 mg
Niacina	0.557 - 52 mg
Ácido pantoténico	0.800 mg
Piridoxina	0.209 - 0.27 mg
Folato	11 -17 µg
Colina	12.3 mg
Vitamina K	1.84 mg
B - Caroteno	5.63 - 15.63 mg
Sodio	19 - 55 mg
Potasio	200 - 385 mg
Fósforo	47 - 55 mg
Calcio	7 - 34 mg
Magnesio	18 - 25 mg
Hierro	0.61 - 1 mg
Zinc	0.30 - 0.39 mg
Selenio	0.6 - 1 mcg
Cobre	0.151 mg
Manganeso	0.258 mg

Fuente: Lim et al, 2016; Linares et al, 2008; Pagalo et al, 2010; Cusumano et al, 2013; Martí et al, 2011; Wang y Zhu, 2016.

Matico (*Buddleja globosa* Hope)

Es una planta medicinal que crece principalmente en la zona central de Chile, Bolivia, Perú y Argentina (Fuentes et al., 2018).

Esta planta es muy utilizada para el tratamiento de heridas, problemas intestinales y hepáticos. Tiene compuestos bioactivos como flavonoides (luteolina, luteolina 7-glucósido, linarina y derivados del ácido cafeico), feniletanoides, esteroides, ácidos grasos fenólicos éster ácido y terpenos.

El extracto de matico puede usarse tópicamente o también en infusión. Se ha reportado que el matico tiene efectos en la cicatrización y cierre de heridas modulando la inflamación y el estrés oxidativo. (Fuentes et al., 2018).

Debemos mencionar también que el aceite esencial de matico (*Buddleja globosa* Hope) presenta 35 componentes químicos, de ellos 8 vendría a ser el 76,53 % del total. Los

compuestos presentes principalmente son fenilpropanoides (1, 2, 4-trimetoxi-5-(1-propenil)- benceno (39,32 %) y metileugenol (12,85 %)), hidrocarburos sesquiterpenoides (germacreno D (7,52 %), biciclogermacreno (5,88 %), β -cariofileno (2,82 %) y δ - cadineno (2,81 %)), un hidrocarburo monoterpenoide (β -ocimeno (2,34 %)) y un monoterpenoide oxigenado (4,7,7-trimetilbiciclo [2.2.1] heptan-3-ona (2,99 %)), (Ingaroca, 2019)

Viscosidad.

Es la propiedad que gobierna un fluido, se denomina consistencia o viscosidad estas características de influencia que representa la medida de la resistencia interna al flujo, dicho en otras palabras, es la medición de la resistencia a la deformación (Ramírez, 2006).

La conducta reológica de los fluidos se puede describir de acuerdo a distintas fórmulas que vinculan el gradiente de velocidad o velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) con el esfuerzo cortante (σ). En condiciones ideales de un fluido, la fórmula que expresa su conducta es la ley de Newton de la viscosidad:

$$\sigma = \eta \dot{\gamma}$$

Donde η es la constante de proporcionalidad, nombrada viscosidad. De esto se dice que la viscosidad de un fluido es la simplicidad o inconveniente de deformarlo o hacerlo fluir. A mayor viscosidad, mayor dificultad.

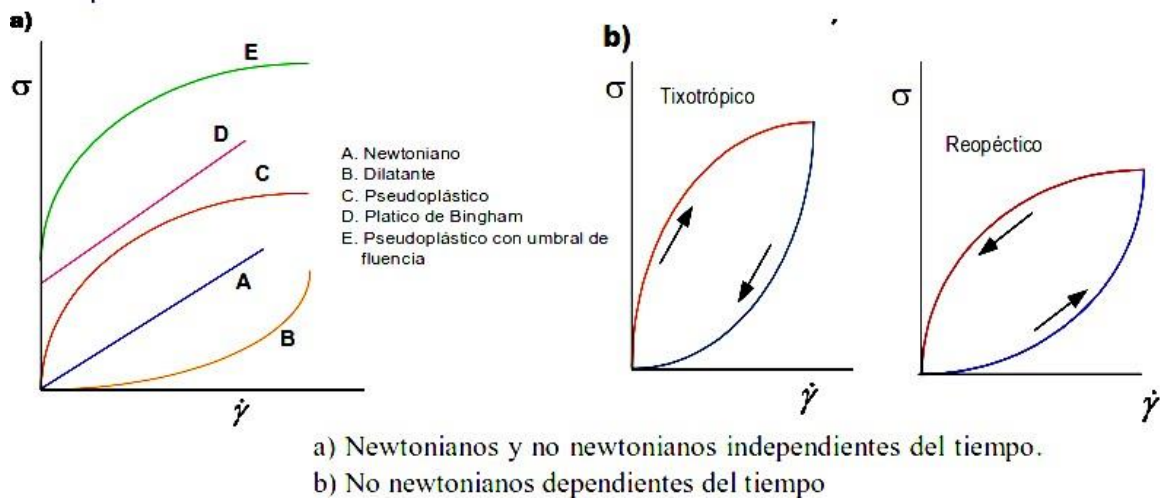
Los fluidos que su comportamiento reológico coincide con la ley de Newton se les llaman fluidos newtonianos. Cabe mencionar que no todos los fluidos siguen un comportamiento newtoniano, llamándoseles no newtonianos aquéllos cuya conducta reológica no se logra puede explicar según la ecuación de Newton.

Los fluidos alimentarios se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a. Conducta viscoelastico.
- b. Flujo newtoniano.
- c. Flujo no newtoniano.
 - Conducta independiente del tiempo.
 - Fluidos plásticos.
 - Fluidos pseudoplasticos.

- Fluidos delatantes.
- Conducta dependiente del tiempo.
- Fluidos tixotropicos.
- Fluidos antitixotropicos o reopécticos.

Generalmente, a una determinada temperatura, la conducta reológica de los fluidos no newtonianos depende de la velocidad de deformación a la que están sometidos, pudiendo, en algunos casos, depender además del tiempo que dura esta deformación. En el primer caso se denominan fluidos no newtonianos autónomos del tiempo, mientras que si su comportamiento reológico está afectado por el tiempo se dice que son fluidos no newtonianos supeditados del tiempo (Ibarz, 2005)



Modelos matemáticos. Dentro del modelado matemático para la conducta reológica de un fluido con valores empíricos de esfuerzo cortante y velocidad de deformación tenemos:

- Fluidos Newtonianos.

Principio de Newton: $\tau = \eta \dot{\gamma}$

- Fluidos No Newtonianos.

Principio de la Potencia de Ostwald: $\tau = m \dot{\gamma}^n$

Principio de Bingham: $\tau = \tau_0 + \eta \dot{\gamma}$

Principio de Herschel – Bulkley: $\tau = \tau_0 + m \dot{\gamma}^n$

Dónde: τ_0 = es el umbral de fluencia (Pa); $\dot{\gamma}$ = Es la velocidad de deformación (1/s); η = es la viscosidad aparente (Pa s); m = es el coeficiente o índice de

consistencia de flujo (Pa sn) ; n es el índice de flujo y τ es el esfuerzo cortante (Pa); (Steffe, 1996)

Efecto de la temperatura.

Con la finalidad de estudiar los cambios que genera la temperatura en la reología de los fluidos, se hace uso de una formula modelo Arrhenius:

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right)$$

Dónde: “T” la temperatura absoluta, “Ea” la energía de activación al flujo, “R” la cte. de los gases y “ η_0 ” es un rango.

Para los fluidos newtonianos η es la viscosidad, en tanto que para fluidos no newtonianos se usa el índice de consistencia, K, en lugar de la viscosidad. Cabe indicar que, en el caso de fluidos pseudoplásticos se acostumbra utilizar la viscosidad aparente, η_a , a una velocidad de deformación asignada.

Con valores empíricos donde hay cambios de la viscosidad por efecto de la temperatura nos lleva a determinar los valores de la energía de activación al flujo. Este cálculo se lleva a cabo con la linealización de la ecuación de Arrhenius, haciendo logaritmos, y al representar $\ln(\eta)$ frente al inverso de la temperatura absoluta $1/T$, se tiene como resultado una línea recta, donde su pendiente nos sirve para calcular la energía de activación al flujo.

El número de este rango estima la sensibilidad de la viscosidad de un fluido con la temperatura. Así, valores elevados de la energía de activación al flujo corresponden a fluidos cuya viscosidad es muy sensible a la temperatura.

Efecto de la concentración.

Para estudiar los cambios que ocurre con la conducta reológica de los fluidos por la concentración de sólidos, se utilizan una variedad de ecuaciones. Pero las que se utilizan con frecuencia son una de tipo potencial y otra exponencial:

$$\eta = \eta_1(C)^a$$

$$\eta = \eta_2 \exp(bC)$$

Donde “C” es la cantidad de sólidos del fluido y “ η_i ”, a y b son rangos a calcular, partiendo de los valores de cambios de la viscosidad con la concentración, a una cierta temperatura. (Ibarz, 2005).

CAPITULO III

METODOLOGÍA.

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Por su finalidad es aplicativa, por la utilización de variables experimental y por su entorno es de laboratorio.

3.2. DISEÑO.

El diseño de la investigación fue experimental. Por lo tanto, se utilizó sub clasificación del procedimiento Superficie de Respuesta denominada diseño de mezclas (D-optimal) con 20 tratamientos experimentales de manera aleatoria. Según se muestra en la matriz de experimentos de la Tabla 7, donde se observa las cantidades de los componentes de las mezclas fueron: Oca 60-88%, Camote 10-38%, Camu camu 1-5%, Extracto de matico 1-5%.

Tabla 8: Matriz de experimentos (Diseño de mezcla D-Optimal) para compota a base de oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa Hope*).

Run	Block	Component 1 A:Oca %	Component 2 B:Camote %	Component 3 C:Camu camu %	Component 4 D:Matico %	Response 1 DPPH μ moles TE/mg	Response 2 TPC mg GAE/100 g	Response 3 Proteínas %	Response 4 Vitamina C mg/100g	Response 5 Viscosidad mPa*seg	Response 6 Angulo de tonalidad Δh
1	Block 1	60	38	1	1						
2	Block 1	78	17	4	1						
3	Block 1	74	22	3	1						
4	Block 1	60	33	3	3						
5	Block 1	72	22	3	3						
6	Block 1	66	30	1	3						
7	Block 1	66	24	5	5						
8	Block 1	83	11	1	4						
9	Block 1	72	22	3	3						
10	Block 1	60	34	1	5						
11	Block 1	61	33	5	1						
12	Block 1	72	22	3	3						
13	Block 1	82	16	1	1						
14	Block 1	61	33	5	1						
15	Block 1	79	15	1	5						
16	Block 1	73	17	5	5						
17	Block 1	72	25	1	3						
18	Block 1	88	10	1	1						
19	Block 1	60	38	1	1						
20	Block 1	80	13	5	3						

Fuente: Desing Expert 7.0

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población estuvo conformada por tubérculos de oca (*Oxalis tuberosa*) y camote (*Ipomoea batata*), fruta de camu camu (*Myrciaria dubia*) y hojas de matico (*Buddleja globosa* Hope).

Las muestras fueron tomadas solo de tubérculos de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad keni rojo y camote (*Ipomoea batata*) variedad amarilla, frutas de camu camu (*Myrciaria dubia*) iniciando su maduración y hojas de matico (*Buddleja globosa* Hope), todas las muestras fueron seleccionadas.

3.4. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.

3.4.1. Definición conceptual

Variables independientes.

% Camote: [10 – 38 %] de pulpa de camote obtenida mediante cocción del camote fresco y su posterior pelado y homogenizado.

% Oca: [60 – 88%] de pulpa de oca obtenida mediante cocción del camote fresco y su posterior pelado y homogenizado.

% Camu camu: [1 – 5%] de pulpa de camu camu obtenida por trituración y su posterior homogenización libre de semillas y cascara.

% Extracto de matico: [1 – 5%] extracto extraído a través de un extractor eléctrico de las hojas frescas de la planta.

Variables dependientes

Actividad antioxidante. DPPH: $\mu\text{moles TE}/100\text{g}$ (DRY BASIS)

Facultad de algunas sustancias para impedir la acción de los radicales libres y otras especies reactivas, que originan el estrés oxidativo en los organismos. Esta característica es primordial en la protección de las células y tejidos del daño oxidativo que podría afectar a lípidos, proteínas y material genético. En el hecho estrictamente de alimentos, la capacidad antioxidante tiene relación con la existencia de compuestos bioactivos, tal como fenoles, flavonoides y vitaminas con efecto antioxidante, que se encuentran en forma natural en diferentes alimentos.

Fenoles. TPC: mg GAE/100 g (DRY BASIS)

Los fenoles se diferencian por su actividad antioxidante, debido a que inhiben los radicales libres, favoreciendo a la protección de las células y contribuye beneficios a la salud humana, en lo que respecta a prevenir enfermedades crónicas asociadas al estrés oxidativo.

Vitamina C: mg/100 g

Conocida también como ácido ascórbico es un micronutriente imprescindible que el organismo no puede sintetizar, por ende, su presencia depende del consumo habitual de frutas y hortalizas, tiene una excelente capacidad antioxidante, ayudando a proteger las células frente al daño causado por la oxidación.

Viscosidad: mPa*seg

Es la propiedad reológica que indica el nivel de oposición que presenta un alimento líquido o semisólido al desplazamiento cuando es sometido a una fuerza. Esta cualidad está directamente enlazada con la consistencia, la estabilidad del producto y la percepción sensorial, viéndose supeditada a la composición del alimento con respecto a la cantidad de macromoléculas (agua, proteínas, carbohidratos y hidrocoloides), así como también a condiciones de procesamiento.

Color: Angulo de tonalidad

Es un indicador cromático que sirve para identificar el tono predominante de un producto, evidenciando la tendencia hacia colores como rojo, amarillo, verde o azul. Este parámetro, conseguido a partir de las coordenadas a^* y b^* del espacio de color, sirve de utilidad para describir y cuantificar las variaciones de color ocasionadas por tratamientos tecnológicos o condiciones de almacenamiento.

3.4.2. Definición operacional.

Variables independientes

La compota obtenida servirá como alternativa para mitigar la mortalidad, debido a las características nutricionales y funcionales de las materias primas utilizadas, proporcionando estas al producto final propiedades que elevan el sistema inmunológico y contribuir a disminuir las implicancias de las afecciones respiratorias virales.

Variables dependientes.

La definición de la variable dependiente se obtiene principalmente de los objetivos específicos tomados en cuenta para la investigación en las distintas formulaciones, así tenemos las variaciones de la capacidad antioxidante, de los compuestos fenólicos, vitamina C, los cambios que ocurren con la viscosidad y ángulo de tonalidad. También se tendrá en cuenta el color, olor, sabor y textura de la compota.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

a. Obtención de pulpa de camu camu (*Myrciaria Dubia*). La obtención de la pulpa de camu camu (*Myrciaria Dubia*), se obtuvo en una pulpeadora con tamiz 1mm, se realizó utilizando los procedimientos y parámetros utilizados en tesis (Bazan, 2019).

Obtención de pulpa de oca (*Oxalis Tuberosa*) y camote (*Ipomoea Batata*). La obtención de la pulpa de oca (*Oxalis Tuberosa*) y camote (*Ipomoea Batata*) ($T^{\circ}=80^{\circ}\text{C}$ /Tiempo=30 min., luego se pulpeo en tamiz 1mm). se realizó utilizando los procedimientos y parámetros utilizados en tesis (Reyes 2015 y Rodríguez 2013)

Obtención del extracto de matico (*Buddleja Globosa Hope*) La obtención del extracto de matico (*Buddleja globosa Hope*) se llevó a cabo pasando las hojas de la planta en un extractor eléctrico.

- b. Métodos de análisis de la pulpa de camu camu (*Myrciaria Dubia*), pulpa de oca (*Oxalis Tuberosa*) y camote (*Ipomoea Batata*) y extracto de matico (*Buddleja Globosa Hope*)

Estudio Proximal

Calculo de humedad: Procedimiento según AOAC 1995

Calculo de cenizas: Procedimiento según AOAC 2000

Calculo de proteínas: Procedimiento según AOAC 2000

Calculo de grasas: Procedimiento según AOAC 2000

Estudio Fisicoquímico

Calculo de sólidos solubles: Procedimiento según AOAC 1995

Calculo de pH: Procedimiento según AOAC 1995

Calculo de acidez titulable: Procedimiento según AOAC 1995

Calculo de Vitamina C: Procedimiento del Diclorofenolindofenol

Calculo de polifenoles totales: Procedimiento Folin-Ciocalteau

Calculo de capacidad antioxidante: Procedimiento DPPH

- c. Caracterización del producto terminado:

Calculo de humedad: Procedimiento según AOAC 1995

Calculo de cenizas: Procedimiento según AOAC 2000

Calculo de proteínas: Procedimiento según AOAC 2000

Calculo de grasas: Procedimiento según AOAC 2000

Estudio Fisicoquímico

Calculo de sólidos solubles: Procedimiento según AOAC 1995

Calculo de pH: Procedimiento según AOAC 1995

Calculo de acidez titulable: Procedimiento AOAC 1995

Calculo de Vitamina C: Procedimiento del Diclorofenolindofenol

Calculo de polifenoles totales: Método Folin-Ciocalteau

Calculo de capacidad antioxidante: Procedimiento DPPH

Estudio reológico.

La evaluación reológica se llevó a cabo en un viscosímetro en el cual se leyó las lecturas de velocidad de deformación y esfuerzo cortante a diferentes velocidades de rotación, luego con los cálculos matemáticos se determinó el índice de flujo e índice de consistencia, para lo cual se utilizó el prototipo matemático de la ley de potencia (Bazan 2019 y dela cruz 2014).

Análisis sensorial

Se realizó una prueba afectiva de aceptación conformada de 20 participantes entre hombres y mujeres, a las cuales se les entregó las muestras a temperatura ambiente con iluminación normal en recipientes codificados de forma aleatoria con números de cuatro dígitos. Los valores que se obtuvieron del análisis sensorial fueron color, olor, sabor, textura.

3.6. PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

El procedimiento de elaboración de compota se realizó de la siguiente manera.

Recepción, selección, lavado y desinfección de materia prima: Para todas las materias primas se recibieron y seleccionaron, separando las impurezas (materias extrañas a las materias primas) y de mala calidad (daños físicos y signos de deterioro) para luego realizar un lavado con agua potable, la desinfección de las materias primas, se llevó a cabo por inmersión en agua con cloro (hipoclorito de sodio) a 100 ppm durante 5 minutos para luego ser enjuagadas en agua con cloro a 2 ppm.

Obtención de pulpas: en el caso de los tubérculos se realizó una cocción por 30 minutos a 80 °C, luego se peló y trituró obteniéndose una pasta, por último, se tamizó en pulpeadora piloto con tamiz 1.0 mm para separar las partículas más grandes y obtener una pasta homogénea. En el caso del camu camu (*Myrciaria dubia*), luego de la desinfección se trituró obteniéndose una pulpa para por último tamizar en pulpeadora con tamiz 1.0 mm, lográndose homogenizar la pulpa. Para la obtención del extracto de matico (*Buddleja globosa* Hope), las hojas se pasaron por un extractor eléctrico.

Formulación: Esta se realizó de acuerdo al diseño de mezclas (D- Optimal) siendo los parámetros porcentuales de % Camote [10 - 38], % oca [60 - 88] %, Camu camu [1 - 5], % Extracto de matico: [1 - 5].

Mezclado: Luego de la formulación se mezclaron los componentes de la compota.

Cocción: Esta operación se realizó a 85 °C por 10 min.

Envasado y sellado: Luego de la cocción se realizó el envasado a 85 °C.

Tratamiento térmico: Se realizó a 121°C por 15 min.

Enfriamiento: Se enfrió hasta temperatura ambiente.

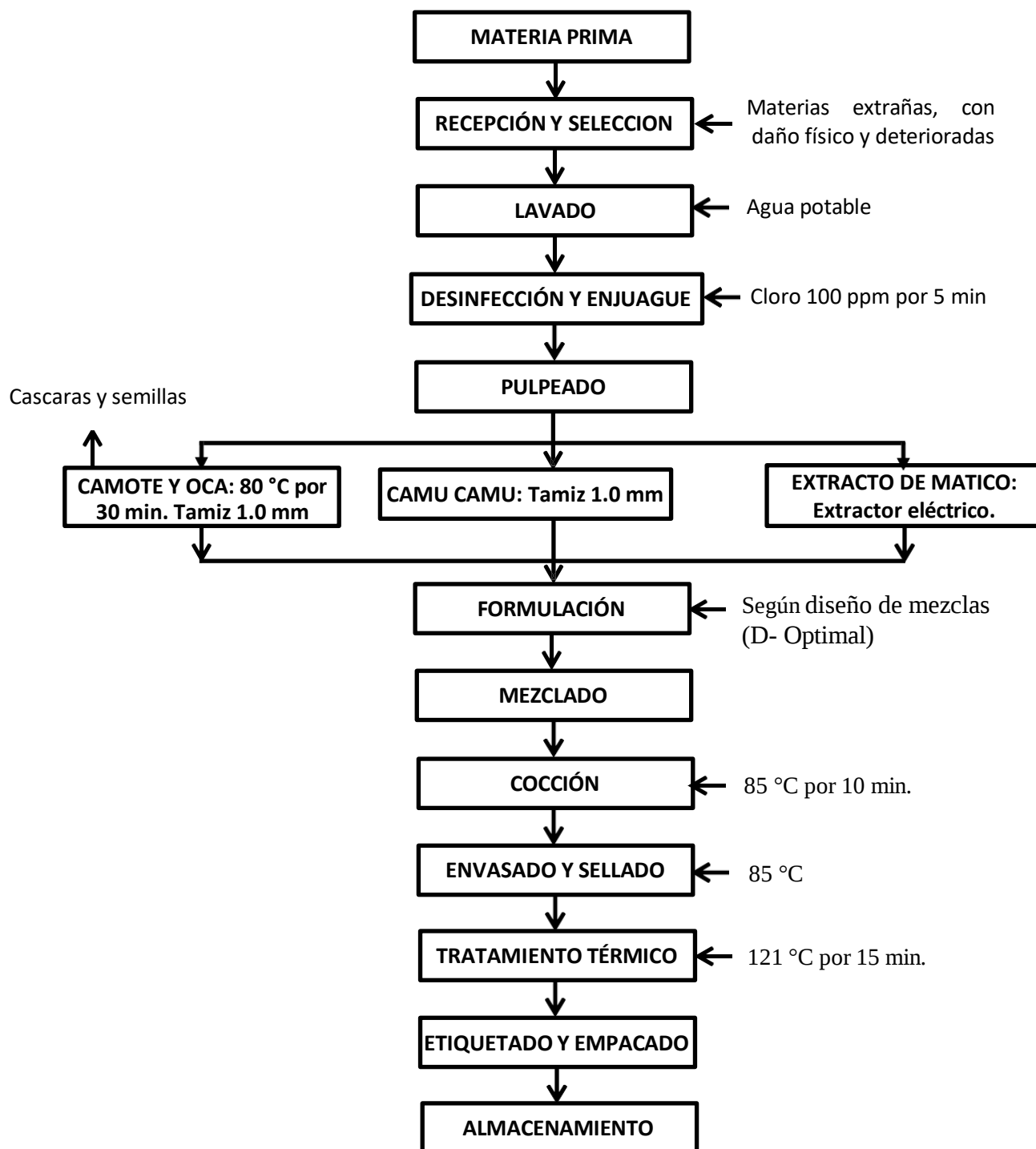


Figura N°2: Proceso de elaboración de compota con camote, oca, camu camu y extracto de matico

3.7. TÉCNICAS PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El análisis estadístico se realizó con programa Desing Expert 7.0 y se hizo un estudio de varianza ($\alpha = 0.05$), para elegir la formulación con mayor significancia ($p < 0.05$) y mayor ajuste (R^2) que permitió elaborar las superficies de respuesta para calcular los rangos de las pulpas óptimas que ajustaron las variables dependientes. Para el optimizar se utilizó la metodología de la función deseada, que se trató de estandarizar todas las respuestas (VD) en una ecuación donde el valor se encuentra de cero (fuera del rango deseado) a uno (en el rango deseado). En el total de las funciones ansiadas de las distintas soluciones se determinó una ecuación total D ($0 < D < 1,0$) idéntica al promedio geométrico de las n ecuaciones individuales esperadas. Un valor elevado de D se señala las mejores ecuaciones del sistema, hecho que indica como la solución óptima. Los datos óptimos se calcularon a partir de los datos individuales de las funciones deseadas que maximizan D. Como criterio de optimización se buscó maximizar las características sensoriales y nutricionales de los productos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. CARACTERÍSTICAS PROXIMALES DE LAS MATERIAS PRIMAS.

Los valores obtenidos en el análisis proximal (Tabla N° 9) realizados a las materias primas como el caso de la oca (*Oxalis tuberosa*) se ubican dentro de los parámetros indicados por Ore et al., (2020). (84.1% de agua, 1.1% de proteína, 13.2% de carbohidratos, 0.6% grasa), así mismo la capacidad antioxidante 8.4 μ moles TE/g (Goicochea, 2021), polifenoles 0.45-0.72 mg GAE/g (Medina, 2022), vitamina C 30.4-38.8 mg/100g (Aristizábal, 2021). Al igual que el camote (*Ipomoea batata*) que se encuentran dentro de los parámetros indicados por Lim et al, (2016) (64-74g/100g de agua, 1.2 - 7.2 gr/100g de proteína, 0.4 - 3 gr/100g de grasa, 20.19 - 27.3 gr/100g de carbohidratos), así mismo el contenido de ácido ascórbico 2.4-25 mg/100g (Lim et al, 2016), del mismo modo con el camu camu (*Myrciaria dubia*) también se encuentran dentro de los parámetros indicados según Freitas et al., (2016) (87.6-92.75g/100g de agua, 0.16 – 0.53 gr/100g de proteína, 0.29 – 0.79 gr/100g de grasa, 6.37 – 11.68 gr/100g de carbohidratos, así mismo el contenido de ácido ascórbico 1600-2900 mg/100g (Da Silva y Mourão, 2022)..

Tabla N° 9: Análisis proximal y físico químico de la materia prima.

Análisis (g/100g)	Oca	Camote	Camu camu	Extracto de Matico
Agua	83.3	68.1	90.58	94.48
Grasa	0.7	1.1	0.39	0.35
Proteína	1.4	6.5	0.38	0.39
Carbohidratos.	13.5	23.4	8.51	4.63
Cenizas	1.1	0.9	0.14	0.15
Vitamina C (mg/100g)	36.4	23.2	1850	2.05
DPPH (μ moles TE/100g)	808.28	507.97	2296.20	406.30
TPC (mg GAE/100 g)	41.32	40.99	449.06	57.94

Fuente: Elaboración propia.
Media de 2 repeticiones.

4.2. PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES.

Tabla N° 10: Promedio de los análisis desarrollados a producto terminado.

Std	Run	Block	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Response 1	Response 2	Response 3	Response 4	Response 5	Response 6
			A:Oca	B:Camote	C:Camu camu	D:Matico	DPPH	TPC	Proteínas	Vitamina C	Viscosidad	Angulo de tonalidad
			%	%	%	%	μmoles TE/100g	mg GAE/100 g	%	mg/100 g	mPa*seg	Δh
19	1	Block 1	60	38	1	1	330.487	29.2882	4.008	38.692	53.24	78.5233
13	2	Block 1	78	17	4	1	231.557	40.0491	3.895	93.509	32.21	78.4167
4	3	Block 1	74	22	3	1	180.175	31.666	3.929	77.63	35.02	78.2833
7	4	Block 1	60	33	3	3	432.272	30.0491	3.818	84.425	33.36	81.7433
16	5	Block 1	72	22	3	3	502.148	39.6616	3.674	72.471	36.47	80.88
12	6	Block 1	66	30	1	3	218.224	36.4467	3.953	35.795	26.98	82.12
10	7	Block 1	66	24	5	5	275.806	38.5035	3.69	114.386	25.91	85.12
11	8	Block 1	83	11	1	4	464.324	38.3333	3.886	33.37	53.08	83.7467
18	9	Block 1	72	22	3	3	504.784	38.1457	3.859	73.262	36.27	82.147
5	10	Block 1	60	34	1	5	275.41	33.0217	3.854	40.471	34.54	84.91
3	11	Block 1	61	33	5	1	392.22	37.3436	3.938	115.422	38.72	79.4733
17	12	Block 1	72	22	3	3	499.857	40.0154	3.763	72.941	36.86	78.158
14	13	Block 1	82	16	1	1	458.585	38.6867	4.038	33.816	31.52	78.4333
20	14	Block 1	61	33	5	1	387.428	36.1458	3.819	113.799	38.82	81.145
9	15	Block 1	79	15	1	5	255.46	30.5433	3.834	42.128	30.39	84.6767
15	16	Block 1	73	17	5	5	230.457	36.4467	3.69	113.635	28.93	82.8733
6	17	Block 1	72	25	1	3	162.576	30.4733	3.948	34.908	39.58	79.4433
8	18	Block 1	88	10	1	1	244.023	29.9133	4.018	33.13	31.88	77.5067
1	19	Block 1	60	38	1	1	316.846	33.9967	4.028	36.509	53.48	76.358
2	20	Block 1	80	13	5	3	242.487	27.71	3.79	112.991	26.49	79.64

La Tabla N° 10 muestra los datos obtenidos de la investigación, correspondiente a 20 ensayos, donde se modificaron las proporciones de oca, camote, camu camu y extracto de matico. En el cual se analizó la influencia de la composición de los ingredientes sobre diferentes características funcionales del producto. Entre las variables de respuesta evaluadas se consideraron la capacidad antioxidante mediante el ensayo DPPH, el contenido fenólico total, el nivel de proteínas, la concentración de vitamina C, la viscosidad y el ángulo de tonalidad. La aplicación de diseños de mezcla permite evaluar de forma conjunta múltiples respuestas y constituye una herramienta apropiada para la formulación y optimización de alimentos funcionales elaborados a partir de matrices, como lo ha reportado Sahraee et al. (2022).

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE VARIABLES DEPENDIENTES.

4.3.1. Análisis estadísticos de Capacidad antioxidante: DPPH.

El análisis de las formulaciones presentadas en el Tabla N° 10 revela una marcada variabilidad en la capacidad antioxidante, medida a través del método DPPH, en función de la proporción de los ingredientes utilizados. Los valores obtenidos oscilan entre 162.576 y 504.784 $\mu\text{moles TE/mg}$, lo que indica que la combinación de los componentes no solo afecta la estabilidad del producto, sino que también puede potenciar o disminuir la actividad antioxidante total. Esta variación sugiere la existencia de interacciones sinérgicas entre los compuestos bioactivos presentes en los ingredientes utilizados, lo que ha sido ampliamente documentado en estudios previos sobre formulaciones antioxidantes en alimentos funcionales (Ore Areche et al., 2023). Se observa que las formulaciones con una proporción equilibrada de camote y camu camu presentan los valores más altos de DPPH. La formulación 9, con 72.05% de oca, 22.05% de camote y 2.94% de camu camu, alcanza 504.784 $\mu\text{moles TE/mg}$, mientras que la formulación 5, con la misma composición, obtiene 502.148 $\mu\text{moles TE/mg}$. Este resultado indica que la presencia de camu camu, una fuente rica en ácido ascórbico y polifenoles, combinada con los compuestos antioxidantes del camote, como las antocianinas, contribuye significativamente a la capacidad antioxidante de la mezcla (Karakashova et al., 2022). En contraste, formulaciones con mayor proporción de oca, como la formulación 18 (87.99% de oca, 10% de camote y 1% de camu camu),

presentan valores considerablemente más bajos de DPPH (244.023 μ moles TE/mg), lo que sugiere que el aumento en la cantidad de oca no necesariamente optimiza la actividad antioxidante del producto (Ore Areche et al., 2023).

El extracto de matico parece desempeñar un papel clave en la estabilidad y actividad antioxidante de las formulaciones. En la formulación 8, que contiene 83.41% de oca, 11.36% de camote, 1% de camu camu y 4.22% de extracto de matico, se obtiene un DPPH de 464.324 μ moles TE/mg, uno de los valores más altos registrados en la tabla. Esto sugiere que la inclusión de extracto de matico podría estar protegiendo a los compuestos antioxidantes de la degradación o potenciando su efecto a través de interacciones sinérgicas. Investigaciones previas han demostrado que los flavonoides y polifenoles presentes en el matico tienen una fuerte actividad antioxidante y antiinflamatoria, lo que respalda esta observación (Temagoult et al., 2022).

Estudios sobre compotas han demostrado que la interacción entre los carbohidratos presentes en la oca y el camote puede afectar la biodisponibilidad de los antioxidantes. Esto podría explicar por qué formulaciones como la 15, con 78.52% de oca, 14.99% de camote, 1.47% de camu camu y 5% de extracto de matico, presentan valores más bajos de DPPH (255.46 μ moles TE/mg), a pesar de contener una cantidad significativa de extracto de matico. Se ha reportado que la matriz alimentaria influye en la disponibilidad y funcionalidad de los compuestos antioxidantes, por lo que la interacción entre los carbohidratos y los polifenoles debe considerarse en futuras optimizaciones de formulaciones (Ore Areche et al., 2023).

Los resultados obtenidos indican que la capacidad antioxidante de las formulaciones depende en gran medida de la sinergia entre los ingredientes y sus proporciones específicas. La inclusión equilibrada de camote y camu camu parece ser clave para alcanzar altos valores de DPPH, mientras que el extracto de matico podría mejorar la estabilidad de la actividad antioxidante de la mezcla. Estos hallazgos refuerzan la importancia de optimizar las formulaciones en la industria alimentaria para desarrollar productos funcionales con alto contenido antioxidante. Futuros estudios podrían evaluar la estabilidad de estas formulaciones durante su almacenamiento y su impacto en la biodisponibilidad de los antioxidantes.

Tabla N° 11: Análisis de Varianza DPPH. ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	2.240E+05	13	17230.77	3.90	0.0523	Not significant
Mezcla lineal	1368.71	3	456.24	0.1033	0.9552	
AB	12023.72	1	12023.72	2.72	0.1501	
AC	50063.99	1	50063.99	11.33	0.0151	
AD	523.93	1	523.93	0.1186	0.7423	
BC	43573.56	1	43573.56	9.86	0.0201	
BD	1558.28	1	1558.28	0.3527	0.5743	
CD	70367.96	1	70367.96	15.93	0.0072	
ABC	68826.18	1	68826.18	15.58	0.0076	
ABD	47525.26	1	47525.26	10.76	0.0168	
ACD	88096.06	1	88096.06	19.94	0.0043	
BCD	79690.36	1	79690.36	18.04	0.0054	
Residual	26509.67	6	4418.28			
Lack of Fit	26393.00	2	13196.50	452.42	< 0.0001	significant
Pure Error	116.68	4	29.17			
R ² = 0.8942						

El análisis de varianza aplicado a la determinación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH muestra que el modelo global indica un comportamiento no significativo ($p = 0.0523$). No obstante, este valor cercano al nivel de significancia sugiere que el modelo logra explicar parcialmente la variabilidad de la respuesta DPPH. En los diseños de mezclas, este comportamiento es frecuente, ya que la respuesta suele estar condicionada por la acción conjunta de los componentes más que por sus efectos individuales, debido a la restricción de suma constante propia de estos diseños (Cornell, 2011).

En este sentido, el término de mezcla lineal no muestra significancia estadística ($p = 0.9552$), lo que indica que la actividad antioxidante medida por DPPH no depende de forma aislada de cada componente, sino de su combinación dentro de la formulación. Este comportamiento ha sido descrito en sistemas alimentarios complejos, donde los efectos principales suelen verse superados por relaciones no lineales e interacciones entre factores, especialmente en estudios de formulación (Montgomery, 2019).

Por el contrario, se observó que diversas interacciones binarias, tales como AC, BC y CD, presentaron valores de p inferiores a 0.05, evidenciando una influencia significativa de la combinación de componentes sobre la actividad antioxidante.

Asimismo, las interacciones ternarias (ABC, ABD, ACD y BCD) resultaron estadísticamente significativas, lo que confirma que la respuesta DPPH está fuertemente condicionada por la sinergia entre tres componentes simultáneamente. Este patrón es característico de los diseños de mezclas y resalta la importancia de los términos de interacción para describir adecuadamente el comportamiento del sistema (Cornell, 2011).

Los resultados obtenidos son coherentes con investigaciones previas en productos alimentarios formulados. Ore Areche et al. (2023) reportaron que el comportamiento funcional y reológico de compotas de níspero estuvo determinado principalmente por la combinación de ingredientes, destacando que los modelos con términos de interacción permitieron describir con mayor precisión la respuesta del sistema (Ore Areche et al., 2023).

De manera similar, Temagoult et al. (2022) señalaron que las propiedades fisicoquímicas de compotas elaboradas a partir de tuna y jarabe de dátil estuvieron significativamente influenciadas por la interacción entre los componentes y las condiciones de cocción, lo que refuerza la relevancia de los efectos combinados observados en el presente estudio (Temagoult et al., 2022).

Asimismo, Ore Areche et al. (2020) demostraron que, durante la deshidratación de oca, la acción conjunta del tiempo y la temperatura influyó de manera significativa en las características finales del producto, evidenciando que en los sistemas alimentarios los efectos simultáneos de las variables son determinantes, en concordancia con la significancia de las interacciones observadas en el análisis DPPH (Ore Areche et al., 2020).

Por otro lado, Tian et al. (2022) indicaron que, en estudios basados en diseño de mezclas, las propiedades nutricionales y funcionales de los productos estuvieron dominadas por interacciones entre los componentes, más que por el efecto aislado de cada uno, lo cual coincide con el comportamiento observado en la actividad antioxidante determinada en este estudio (Tian et al., 2022).

De forma similar, Aynalem y Duraisamy (2022) reportaron que la optimización de alimentos complementarios mostró una fuerte dependencia de proporciones específicas de los ingredientes, justificando el uso de modelos estadísticos que incorporen términos

de interacción para describir adecuadamente la respuesta del sistema (Aynalem & Duraisamy, 2022).

No obstante, el Lack of Fit es significativo ($F = 452.42$; $p < 0.0001$), mientras que el Pure Error es bajo ($MS \approx 29.17$). Esto significa que la discrepancia entre el modelo y los datos observados no se debe al error experimental, sino a que la forma funcional del modelo (los términos incluidos) no captura adecuadamente la curvatura real del sistema. En diseños de mezclas, un Lack of Fit significativo suele indicar necesidad de: (i) aumentar el orden del modelo (p. ej., términos cúbicos especiales adicionales/transformaciones), (ii) revisar puntos extremos o restricciones de mezcla, o (iii) considerar variables de proceso (pH, sólidos solubles, tratamiento térmico) si estas cambian entre formulaciones y afectan la respuesta (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

En conjunto, los resultados confirman que el diseño de mezclas constituye una metodología adecuada para evaluar la actividad antioxidante mediante el método DPPH en formulaciones alimentarias; sin embargo, también ponen de manifiesto la necesidad de refinar el modelo estadístico, incorporando modelos de mayor complejidad o ampliando el diseño experimental, tal como lo recomiendan Cornell (2011) y Montgomery (2019).

Finalmente, estos hallazgos son consistentes con evidencia general sobre alimentos funcionales: la actividad antioxidante medida por DPPH suele responder a interacciones complejas entre antioxidantes (fenoles, antocianinas, vitamina C) y el entorno de la matriz, por lo que la optimización debe apoyarse en modelos adecuados de mezcla y validación experimental adicional (Temagoult et al., 2022).

En conclusión, el análisis del modelo estadístico y la ecuación final confirman que la capacidad antioxidante de las formulaciones está altamente influenciada por la proporción de camu camu y sus interacciones con el camote y la oca. Las combinaciones de ciertos ingredientes pueden potenciar o reducir la actividad antioxidante, dependiendo de la sinergia entre sus compuestos. La eliminación de términos no significativos y la identificación de efectos clave permiten optimizar la formulación para obtener productos con una mayor estabilidad antioxidante. Estos hallazgos tienen aplicaciones prácticas en la industria alimentaria, especialmente en el

desarrollo de productos funcionales con beneficios para la salud. Futuros estudios podrían evaluar la influencia de estos efectos en diferentes condiciones de almacenamiento y procesamiento, así como su impacto en la biodisponibilidad de los antioxidantes en el organismo.

Component Coding: Actual

3D Surface

DPPH (μmoles TE/mg)

● Design Points

162.576 504.784

X1 = A

X2 = B

X3 = C

Actual Component

D = 2.944

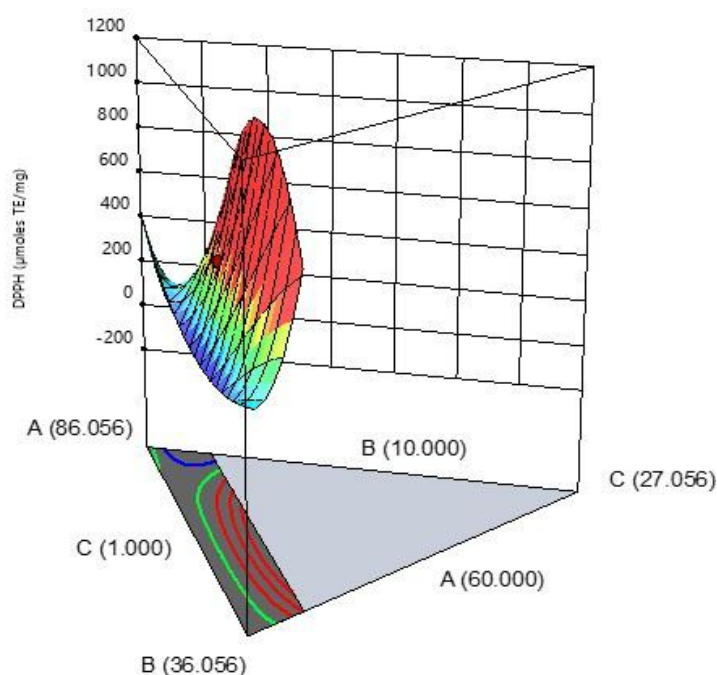


Figura N°3: Grafico superficie respuesta para DPPH

$$\begin{aligned} \text{DPPH} = & 14.39808A - 9.22514B + 15649.44075C + 3225.77076D + 0.339133AB - \\ & 179.55134AC - 30.82176AD - 258.39994BC + 21.57290BD - \\ & 3381.44899CD + 1.83248ABC - 1.11791ABD + 36.35643ACD + 35.65468BCD \end{aligned}$$

La representación tridimensional de la superficie de respuesta (Figura 3) proporciona una visión detallada del impacto de las proporciones de los componentes en la capacidad antioxidante medida en DPPH (μmoles TE/mg). En esta gráfica, se observa cómo la combinación de los ingredientes influye en la actividad antioxidante del producto, permitiendo identificar las zonas óptimas donde se maximiza la respuesta. La presencia de una superficie curvada, junto con el mapa de contornos proyectado en la base, evidenció que la respuesta no siguió un patrón lineal, sino que dependió de

combinaciones específicas de la mezcla, lo cual respaldó el enfoque de optimización para encontrar proporciones que maximicen la funcionalidad antioxidante (Ore Areche et al., 2023).

La figura 3 presenta un punto de máxima respuesta en el rango de 504.784 μ moles TE/mg, lo que sugiere que existe una combinación específica de ingredientes que favorece la sinergia entre los compuestos bioactivos presentes en la formulación. En particular, el punto más alto de la superficie indica que la interacción entre los componentes A (Oca), B (Camote) y C (Camu camu) genera un incremento significativo en la actividad antioxidante. Esto es consistente con estudios previos que han demostrado que la combinación de polifenoles, antocianinas y vitamina C, puede mejorar la estabilidad y la capacidad antioxidante de los productos alimenticios funcionales (Ore Areche et al., 2023; Temagoult et al., 2022).

Se observa una fuerte transición de color en la superficie de la gráfica, desde el azul (bajos valores de DPPH) hasta el rojo (altos valores de DPPH), lo que indica que la actividad antioxidante es altamente dependiente de la proporción de los ingredientes. El área con valores más bajos, representada en azul y verde, evidenciaron combinaciones con menor capacidad antioxidante, lo que sugirió que ciertas proporciones no lograron aprovechar plenamente el potencial del camu camu o del camote, o bien que la matriz predominante (asociada a mayor participación de oca) pudo limitar la efectividad de los antioxidantes presentes. Este comportamiento fue consistente con lo reportado para sistemas alimentarios donde las interacciones entre polifenoles, vitamina C y componentes de matriz pueden generar efectos antagonistas, afectando la eficiencia del ensayo DPPH o la disponibilidad funcional de los compuestos (Temagoult et al., 2022).

El hecho de que el componente D (Extracto de Matico) se mantenga constante en 2.944% sugiere que su influencia no está siendo directamente evaluada en esta superficie de respuesta. Sin embargo, estudios previos han señalado que el extracto de matico tiene un alto contenido de flavonoides y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que podría influir en la estabilización de los antioxidantes presentes en la mezcla (Karakashova et al., 2022). Esto sugiere que

futuras investigaciones podrían enfocarse en analizar cómo la variación en la concentración de este ingrediente podría modificar la actividad antioxidante global.

Desde una perspectiva aplicada, la Figura 3 y sus contornos constituyeron una herramienta clave para orientar la optimización de la formulación. La identificación de una región roja de alta respuesta permitió delimitar el espacio de mezcla donde la proporción relativa de oca, camote y camu camu maximizó el DPPH, facilitando decisiones de formulación dirigidas al desarrollo de productos funcionales con mayor capacidad antioxidante. Esto resultó relevante porque la funcionalidad antioxidante no solo depende de alcanzar valores altos en un ensayo puntual, sino también de mantener la estabilidad de los compuestos bioactivos durante el procesamiento y almacenamiento, aspecto crítico en productos alimenticios funcionales (Ore Areche et al., 2023).

En conclusión, la figura de superficie de respuesta confirma que existen combinaciones óptimas de ingredientes que maximizan la capacidad antioxidante de la formulación. La presencia de una región con valores elevados de DPPH sugiere la proporción y presencia de efectos no lineales atribuibles a sinergias y antagonismos entre los componentes desempeña un papel clave en la actividad antioxidante del producto. Estos hallazgos subrayan la importancia de la optimización de formulaciones para el desarrollo de productos funcionales con propiedades antioxidantes mejoradas. Futuros estudios podrían evaluar la estabilidad de estas combinaciones en distintas condiciones de almacenamiento y procesamiento, así como su impacto en la biodisponibilidad de los antioxidantes en el organismo (Temagoult et al., 2022; Karakashova et al., 2022).

4.3.2. Análisis estadístico de fenoles: TPC.

El análisis de Tabla N° 10 con respecto a fenoles (TPC) response 2 evalúa la influencia de la oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) en la concentración de compuestos fenólicos totales (TPC, mg GAE/100 g) en diferentes formulaciones. Los valores de TPC varían entre 27.71 mg GAE/100 g y 40.0491 mg GAE/100 g, lo que sugiere que la composición de la formulación tiene un impacto significativo en la concentración de estos compuestos, confirmando la sensibilidad del TPC a los cambios en proporciones dentro de la mezcla (Ore Areche et al., 2023).

Los valores más altos de TPC se observan en las formulaciones 2 (40.0491 mg GAE/100 g), 12 (40.0154 mg GAE/100 g) y 5 (39.6616 mg GAE/100 g). En estas formulaciones, la proporción de oca oscila entre 72.05% y 77.52%, con un contenido moderado de camote y camu camu. Estos resultados sugieren que la oca y el camote podrían tener un efecto sinérgico en la concentración de fenoles, probablemente debido a la presencia de flavonoides y compuestos antioxidantes naturales en estos tubérculos (Ore Areche et al., 2023).

Por otro lado, los valores más bajos de TPC se presentan en las formulaciones 20 (27.71 mg GAE/100 g), 1 (29.2882 mg GAE/100 g) y 18 (29.9133 mg GAE/100 g), las cuales tienen una menor cantidad de camote y camu camu en su composición. Esto sugiere que la inclusión de camu camu y extracto de matico tiene un impacto positivo en el contenido fenólico. El camu camu es una fuente reconocida de ácido ascórbico y flavonoides, los cuales han demostrado poseer una alta capacidad antioxidante (Flores et al., 2021). De manera similar, el extracto de matico es rico en taninos y flavonas, compuestos bioactivos que pueden contribuir a mejorar la estabilidad de los fenoles en la matriz alimentaria (Schauss et al., 2006).

La formulación 7 (38.5035 mg GAE/100 g), con 66.19% de oca, 23.80% de camote, 4.99% de camu camu y 5% de extracto de matico, presenta un contenido fenólico elevado, lo que sugiere que una mayor inclusión de camu camu y extracto de matico contribuye al aumento de los TPC en la mezcla. Esto concuerda con estudios que indican que la combinación de extractos ricos en polifenoles con matrices alimentarias puede potenciar la actividad antioxidante debido a efectos sinérgicos entre los compuestos bioactivos presentes (Mishra et al., 2020).

Desde un punto de vista aplicado, estos resultados de la tabla 12 son de gran importancia para el desarrollo de productos funcionales con alto contenido de antioxidantes. El conocimiento de cómo cada ingrediente contribuye al perfil fenólico total permite optimizar las formulaciones para obtener productos con mayor estabilidad antioxidante y beneficios para la salud. Si el objetivo es maximizar la cantidad de compuestos fenólicos, se recomienda incrementar la proporción de camu camu y

extracto de matico, mientras que si se busca un equilibrio con otras propiedades sensoriales, se podría optar por combinaciones con mayor cantidad de oca y camote. En conclusión, la variación en la cantidad de compuestos fenólicos totales (TPC) en las formulaciones sugiere que la proporción de camote y camu camu influye significativamente en la concentración de estos compuestos. Las formulaciones con mayor cantidad de camu camu y extracto de matico presentan valores más altos de TPC, lo que confirma la importancia de estos ingredientes en la capacidad antioxidante del producto final. Estos hallazgos pueden ser clave en la formulación de productos ricos en polifenoles, asegurando una mejor calidad nutricional y funcionalidad antioxidante (Flores et al., 2021; Mishra et al., 2020; Schauss et al., 2006).

Tabla N° 12: Análisis de Varianza TPC. ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	97.88	9	10.88	0.4849	0.8545	not significant
Mezcla lineal	18.21	3	6.07	0.2706	0.8452	
AB	48.17	1	48.17	2.15	0.1735	
AC	0.0509	1	0.0509	0.0023	0.9630	
AD	2.38	1	2.38	0.1060	0.7515	
BC	0.5946	1	0.5946	0.0265	0.8739	
BD	2.65	1	2.65	0.1182	0.7381	
CD	0.1952	1	0.1952	0.0087	0.9275	
Residual	224.27	10	22.43			
Lack of Fit	210.50	6	35.08	10.19	0.0208	significant
Pure Error	13.78	4	3.44			
R ² =0.7038						

El análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de compuestos fenólicos totales (TPC) en función de la mezcla de oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) evidenció que el modelo global no fue estadísticamente significativo ($F = 0.4849$; $p = 0.8545$). Este resultado indica que, bajo la especificación del modelo evaluado, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la variación del TPC pueda explicarse por los términos incluidos (Cornell, 2011; Montgomery, 2019). En la misma línea, el término de mezcla lineal también resultó no significativo ($F =$

0.2706; $p = 0.8452$), lo cual sugiere que el TPC no cambia de manera proporcional con los componentes de la mezcla dentro del espacio experimental analizado.

A nivel de efectos individuales e interacciones, los términos AB ($p = 0.1735$), AC ($p = 0.9630$), AD ($p = 0.7515$), BC ($p = 0.8739$), BD ($p = 0.7381$) y CD ($p = 0.9275$) fueron no significativos ($p > 0.05$). En consecuencia, la afirmación de que “BC, BD y CD son altamente significativos ($p < 0.01$)” no está respaldada por esta tabla. Desde el punto de vista práctico, esto implica que, con el modelo actual y el número de observaciones disponibles, no se detectaron combinaciones de ingredientes que produzcan cambios sistemáticos y estadísticamente demostrables en el TPC.

Un hallazgo crítico del ANOVA es que el Lack of Fit fue significativo ($F = 10.19$; $p = 0.0208$), con un Pure Error relativamente bajo ($MS = 3.44$). Esto significa que la discrepancia entre las predicciones del modelo y los datos observados no se debe principalmente al error experimental, sino a que la forma del modelo (lineal + términos considerados) no captura adecuadamente la respuesta real del TPC. En diseños de mezclas, un Lack of Fit significativo suele indicar que la relación entre componentes y respuesta puede ser no lineal, requerir términos de mayor orden (p. ej., modelos cúbicos especiales), o estar influida por factores de proceso no modelados (pH, condiciones térmicas, oxidación, etc.) que afectan la extracción/estabilidad de fenoles (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

En términos fisicoquímicos, la ausencia de significancia estadística no contradice que ingredientes como camu camu o matico puedan contener compuestos fenólicos; más bien sugiere que, en la matriz y rangos evaluados, el TPC medido puede estar dominado por variabilidad no explicada por el modelo, por fenómenos de matriz (interacciones con carbohidratos/pectinas/almidones) o por condiciones analíticas. Esto es relevante porque la cuantificación de fenoles totales suele realizarse con métodos colorimétricos (p. ej., Folin–Ciocalteu), los cuales son sensibles y pueden verse afectados por interferencias y a la presencia de otros compuestos reductores presentes, por lo que la relación entre formulación y TPC puede requerir control estricto de condiciones analíticas y/o modelos más flexibles para la evaluación de compuestos fenólicos (Singleton et al., 1999; Kotha et al., 2022).

Desde una perspectiva aplicada, la Tabla N.º 12 sugiere que, antes de concluir que “el camu camu es el principal determinante” o que “ciertas interacciones potencian el TPC”, es necesario reformular el modelo y/o ampliar el diseño experimental. En particular, sería recomendable: (i) evaluar un modelo de mezcla de mayor orden (cúbico especial) o transformaciones, (ii) incorporar variables de proceso que afecten estabilidad/extracción de fenoles (pH, temperatura, tiempo), y (iii) confirmar con ensayos complementarios (p. ej., perfiles por HPLC si es viable) para reducir incertidumbre del TPC total (Cornell, 2011; Singleton et al., 1999).

El análisis de ANOVA del TPC muestra que el modelo no es significativo y presenta falta de ajuste significativa, por lo que no es apropiado afirmar efectos significativos de interacciones o contribuciones dominantes de un ingrediente basándose solo en esta tabla. Los resultados apuntan a la necesidad de mejorar la especificación del modelo y/o controlar factores adicionales para describir adecuadamente la variación del contenido fenólico total en las formulaciones (Cornell, 2011; Montgomery, 2019; Singleton et al., 1999).

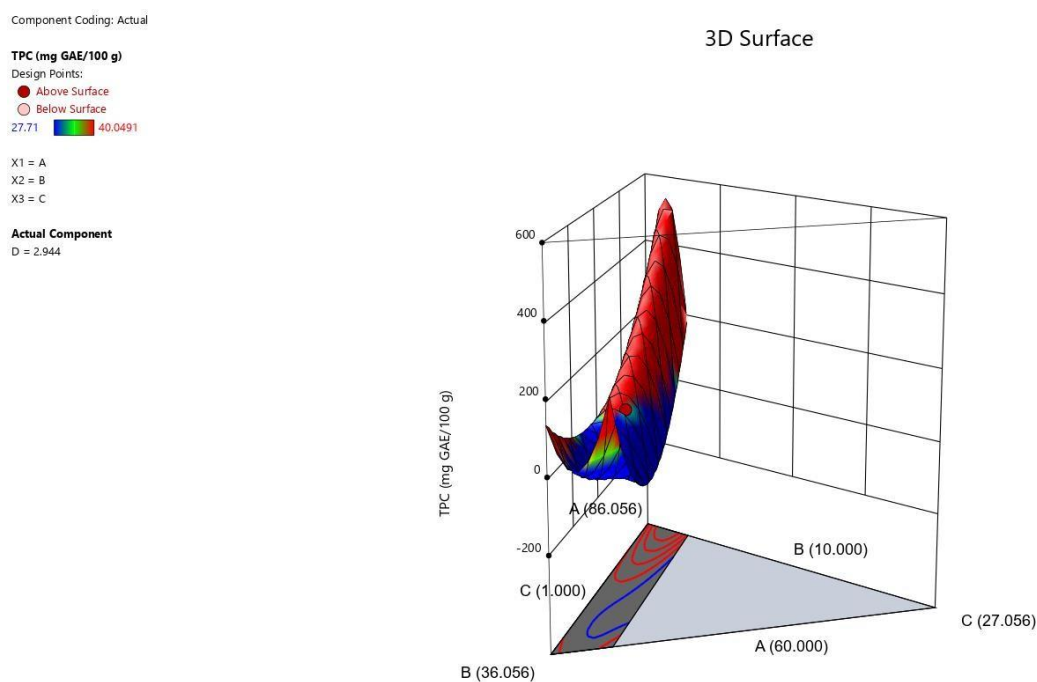


Figura N°4: Grafico superficie respuesta para TPC

$$\text{TPC} = 0.218855A - 1.48935B - 4.83434C + 21.41696D + 0.032054AB + 0.036931AC - 0.218069AD + 0.126025BC - 0.231618BD - 0.097377CD$$

La figura N° 4 de superficie de respuesta tridimensional muestra la variabilidad del contenido de compuestos fenólicos totales (TPC, mg GAE/100 g) en función de la proporción de oca (A), camote (B) y camu camu (C), mientras que la cantidad de extracto de matico (D) se mantiene constante en 2.944%. Este tipo de gráfico es una herramienta esencial para comprender cómo la combinación de estos ingredientes influye en la capacidad antioxidante del producto, proporcionando información relevante para la optimización de formulaciones con mayor perfil fenólico y potencial funcional (Ore Areche et al., 2023).

Se observa que el contenido de TPC varía entre 27.71 mg GAE/100 g y 40.0491 mg GAE/100 g, con zonas de mayor concentración representadas en rojo y áreas con menor contenido en azul y verde. La inclinación de la superficie indica que ciertas proporciones de los ingredientes generan un aumento significativo en el contenido fenólico, lo que confirma la importancia de la selección adecuada de los componentes en la formulación (Ore Areche et al., 2023).

El análisis de la figura revela que una mayor concentración de camu camu favorece un aumento en el contenido de compuestos fenólicos, lo cual es coherente con estudios previos que han demostrado que esta fruta es una de las fuentes más ricas en ácido ascórbico, flavonoides y compuestos fenólicos (Ore Areche et al., 2023). Se ha reportado que el camu camu puede contener hasta 3000 mg de ácido ascórbico por cada 100 g de pulpa, lo que lo convierte en un ingrediente clave para mejorar la estabilidad antioxidante de productos funcionales (Flores et al., 2021; Ore Areche et al., 2023). No obstante, la figura también sugirió que el efecto no dependió exclusivamente de “más C”, sino del equilibrio C con la matriz (A y B), ya que la respuesta máxima se concentró en una región y no de forma uniforme.

Además, la superficie de respuesta sugiere que la interacción entre camote y camu camu tiene un efecto positivo en el contenido fenólico. Esto se debe a que el camote, especialmente las variedades de pulpa morada y naranja, contiene antocianinas y ácidos fenólicos que pueden potenciar la actividad antioxidante del producto final (Mishra et al., 2020). Esta sinergia ha sido previamente documentada en estudios sobre formulaciones ricas en antioxidantes, donde se ha demostrado que la combinación de

flavonoides y antocianinas mejora la estabilidad de los compuestos fenólicos y prolonga su efecto antioxidante en alimentos procesados (Schauss et al., 2006).

Otro aspecto relevante es la posible influencia del extracto de matico en la disponibilidad de los compuestos fenólicos. Si bien en la presente figura la concentración de este ingrediente se mantiene constante, investigaciones previas han señalado que los taninos y flavonas presentes en el matico pueden interactuar con otros compuestos fenólicos, alterando su solubilidad y estabilidad en la formulación final (Temagoult et al., 2022). Dependiendo de la matriz alimentaria, esto podría traducirse en una reducción de la biodisponibilidad de ciertos polifenoles o en una mejora en su absorción a nivel digestivo.

Desde un punto de vista aplicado, la figura tridimensional proporciona información clave para el diseño de formulaciones antioxidantes optimizadas. Para maximizar el contenido de compuestos fenólicos totales (TPC), la recomendación es incrementar la proporción de camu camu y camote, ajustando cuidadosamente la cantidad de oca y extracto de matico para evitar posibles interacciones que puedan reducir la biodisponibilidad de los polifenoles. Además, estudios adicionales podrían evaluar la estabilidad de estos compuestos bajo diferentes condiciones de almacenamiento y procesamiento térmico, garantizando un producto final con una mayor capacidad antioxidante y estabilidad fenólica (Ore Areche et al., 2023).

La figura 4 de superficie de respuesta confirma que la composición de la formulación influye significativamente en el contenido de compuestos fenólicos totales (TPC), con una fuerte dependencia de la proporción de camu camu, camote y oca. La inclinación de la superficie sugiere que ciertos niveles de estos ingredientes pueden mejorar la cantidad total de polifenoles, mientras que la presencia del extracto de matico podría afectar su disponibilidad en la matriz alimentaria. Estos hallazgos pueden ser clave en la formulación de productos antioxidantes con un perfil funcional mejorado, asegurando una alta estabilidad y biodisponibilidad de los compuestos fenólicos (Temagoult et al., 2022).

4.3.3. Análisis estadístico de Proteínas.

El análisis del Tabla N° 10 con respecto a proteínas (respose 3) muestra la variabilidad del contenido de proteína (%) en función de la proporción de oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) en distintas formulaciones. Los valores obtenidos oscilan entre 3.674% y 4.038%, lo que indica que la combinación de estos ingredientes genera diferencias moderadas en la cantidad de proteínas en la formulación final, atribuibles principalmente al balance relativo entre los ingredientes mayoritarios de la mezcla.

Se observa que las formulaciones con mayores niveles de oca y camote presentan los valores más altos de proteína. Por ejemplo, la formulación 13 (4.038%) contiene 82.28% de oca, 15.71% de camote y 1.00% de camu camu, lo que sugiere que la oca es el ingrediente con mayor contribución al contenido proteico. Esto concuerda con estudios previos que han reportado que la oca contiene entre 7-9% de proteína en base seca, dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo (Ore Areche et al., 2023). Por otro lado, la formulación 5, que presenta la menor cantidad de proteína (3.674%), contiene 72.05% de oca, 22.05% de camote y 2.94% de camu camu, lo que sugiere que el equilibrio entre estos ingredientes puede afectar la disponibilidad de proteína en la mezcla. Esto es relevante, ya que aunque el camote contiene proteínas en baja cantidad (1-2% en base fresca), su inclusión en la formulación podría estar diluyendo el contenido proteico general (Flores et al., 2021).

La contribución del camu camu y el extracto de matico al contenido proteico parece ser mínima, ya que sus concentraciones en la formulación son relativamente bajas ($\leq 5\%$) y se ha reportado que su contenido proteico es insignificante en comparación con la oca y el camote. Sin embargo, su presencia podría estar influyendo en la estabilidad de las proteínas en la mezcla, ya que algunos estudios han demostrado que los compuestos fenólicos presentes en el camu camu pueden interactuar con las proteínas, afectando su solubilidad y funcionalidad (Mishra et al., 2020).

Un aspecto relevante a considerar es la posible influencia de las interacciones entre los ingredientes en la disponibilidad de proteínas en la formulación. Investigaciones previas han indicado que la presencia de taninos y flavonoides en el extracto de matico podría afectar la digestibilidad de las proteínas, reduciendo su disponibilidad en el

producto final (Schauss et al., 2006). Aunque en esta tabla no se observan reducciones drásticas en el contenido proteico, estudios adicionales podrían evaluar si estas interacciones afectan la absorción de proteínas en condiciones de consumo real.

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados son de gran importancia para la formulación de productos funcionales con un perfil proteico optimizado. Si bien la oca y el camote son los principales determinantes del contenido de proteínas, su combinación con otros ingredientes puede afectar la disponibilidad y estabilidad de este macronutriente en la matriz alimentaria. En este sentido, para desarrollar productos con un contenido proteico más alto, se recomienda priorizar el uso de oca en mayores proporciones y reducir la cantidad de camu camu y extracto de matico si no se busca un aporte significativo de proteínas (Temagoult et al., 2022).

En conclusión, el análisis de la tabla sugiere que el contenido de proteína en la formulación está determinado principalmente por la cantidad de oca y camote, mientras que el camu camu y el extracto de matico tienen una influencia mínima. Las formulaciones con mayor cantidad de oca presentan los valores más altos de proteínas, lo que confirma su importancia en el diseño de productos con un perfil nutricional mejorado. Futuros estudios podrían evaluar la digestibilidad de estas proteínas y su estabilidad en productos procesados, así como la posible influencia de compuestos fenólicos en su absorción y biodisponibilidad.

Tabla N° 13: Análisis de Varianza proteínas. ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	0.2113	9	0.0235	7.17	0.0025	significant
Mezcla lineal	0.1953	3	0.0651	19.89	0.0002	
AB	0.0000	1	0.0000	0.0064	0.9380	
AC	0.0057	1	0.0057	1.73	0.2175	
AD	0.0021	1	0.0021	0.6552	0.4371	
BC	0.0056	1	0.0056	1.70	0.2217	
BD	0.0020	1	0.0020	0.6054	0.4545	
CD	0.0089	1	0.0089	2.72	0.1301	
Residual	0.0327	10	0.0033			
Lack of Fit	0.0083	6	0.0014	0.2278	0.9465	not significant
Pure Error	0.0244	4	0.0061			
R ² =0.8002						

El análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de proteínas en la mezcla de oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) evidencia que el modelo global es estadísticamente significativo ($F = 7.17$; $p = 0.0025$). Este resultado confirma que la variación observada en proteínas puede explicarse, en parte, por la composición de la mezcla evaluada. En particular, el término de mezcla lineal presenta una significancia muy marcada ($F = 19.89$; $p = 0.0002$), lo que indica que el contenido proteico se asocia principalmente con los efectos proporcionales (aditivos) de los componentes, más que con comportamientos no lineales complejos (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

A diferencia de lo señalado en el texto original, la tabla muestra que las interacciones binarias no son significativas: AB ($p = 0.9380$), AC ($p = 0.2175$), AD ($p = 0.4371$), BC ($p = 0.2217$), BD ($p = 0.4545$) y CD ($p = 0.1301$) (todas $p > 0.05$). En consecuencia, no hay evidencia estadística suficiente para afirmar sinergias o antagonismos entre ingredientes en el contenido de proteínas; más bien, los resultados sugieren que el porcentaje de proteínas se explica principalmente por el aporte individual de cada componente (Cornell, 2011).

Un aspecto relevante del ajuste es que el Lack of Fit no es significativo ($p = 0.9465$), lo cual indica que la discrepancia entre el modelo y los datos observados es compatible con el error experimental (Pure Error). En términos prácticos, esto sugiere que la estructura del modelo empleado describe adecuadamente la respuesta proteica en el rango experimental y que el modelo puede utilizarse con mayor confianza para describir tendencias dentro del dominio evaluado (Montgomery, 2019).

Desde el punto de vista nutricional, este patrón es coherente con lo esperado en mezclas donde la proteína total se comporta como una propiedad mayormente aditiva: la respuesta tiende a depender de cuánto contribuye cada ingrediente según su composición, más que de interacciones químicas intensas como ocurre con respuestas antioxidantes o colorimétricas. En tubérculos y matrices vegetales, las variaciones de proteínas suelen ser moderadas y pueden estar influenciadas por la proporción de ingredientes y por condiciones de proceso, pero sin necesidad de interacciones significativas para explicar cambios en el rango observado (Mishra et al., 2020).

En términos aplicados, la Tabla N.º 13 indica que, si el objetivo es optimizar (incrementar) proteínas, el enfoque debe centrarse en ajustar las proporciones de los ingredientes con mayor aporte proteico relativo en la mezcla. Dado que no se detectaron interacciones significativas, el diseño de formulaciones puede basarse en un criterio de balance proporcional (mezcla lineal) y luego validar sensorial y tecnológicamente (Cornell, 2011). Asimismo, futuras evaluaciones podrían complementar el análisis con indicadores de calidad proteica (perfil de aminoácidos, digestibilidad) si el producto apunta a beneficios nutricionales específicos (FAO, 2013).

El contenido de proteínas en la formulación evaluada se encuentra dentro del rango reportado en estudios previos sobre productos vegetales procesados. En particular, la investigación realizada por Ore Areche et al. (2023) sobre la caracterización de productos vegetales sugiere que la inclusión de ingredientes ricos en proteínas como la oca y el camote pueden aumentar la calidad proteica del producto final, aunque el camu camu y el extracto de matico, por sus características, podrían no contribuir significativamente al contenido proteico (Ore Areche et al., 2023).

El análisis de la influencia de los factores en el contenido proteico revela que los ingredientes principales (oca y camote) tienen un efecto predominante en la respuesta evaluada, mientras que los otros dos ingredientes tienen un impacto menor. Esto es consistente con la literatura que indica que los tubérculos como el camote presentan variaciones en su contenido proteico dependiendo de las condiciones de procesamiento y almacenamiento (Mishra et al., 2020).

En términos generales, la formulación analizada muestra un balance adecuado en la composición proteica, con la posibilidad de mejorar su contenido a través de la optimización de las proporciones de los ingredientes principales. Esto sugiere que futuras investigaciones deberían enfocarse en la sinergia entre estos componentes y su impacto en la calidad nutricional y sensorial del producto final (Temagoult et al., 2022). En conclusión, la ANOVA confirma que el contenido de proteínas está significativamente asociado con la composición de la mezcla, dominado por un efecto lineal de los componentes, sin evidencia de interacciones relevantes y con falta de

ajuste no significativa, lo que respalda la adecuación del modelo para describir esta respuesta en el espacio experimental evaluado (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

Component Coding: Actual

Proteínas (%)

Design Points:

● Above Surface
○ Below Surface
3.674  4.038

X1 = A

X2 = B

X3 = C

Actual Component

D = 2.944

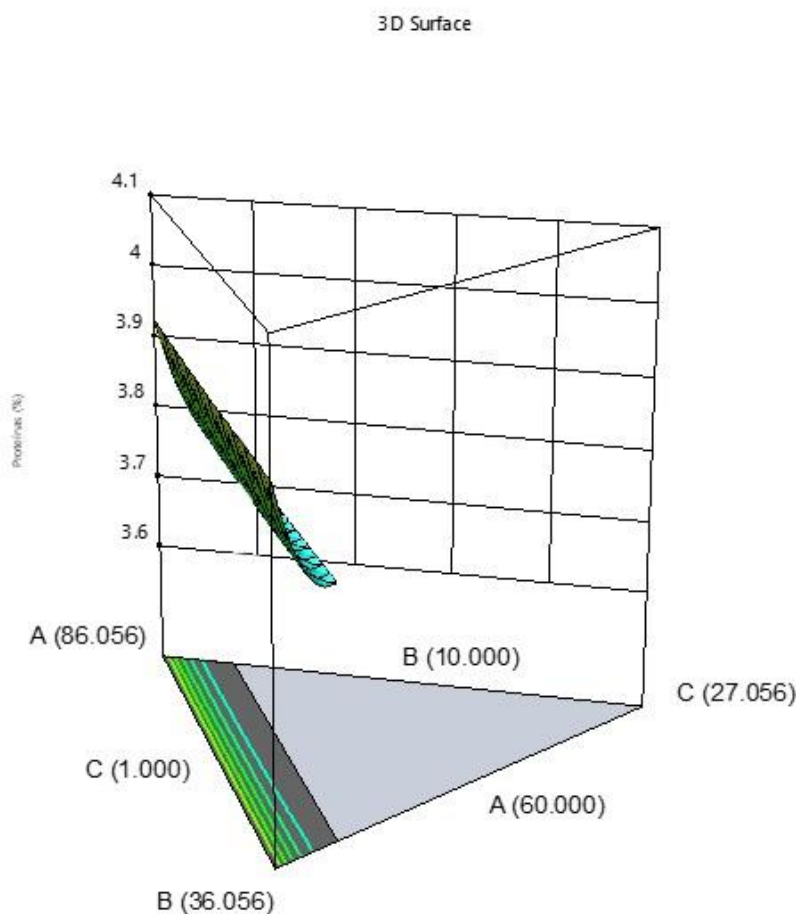


Figura N°5: Grafico superficie respuesta para proteínas.

$$\text{Proteinas} = 0.042251A + 0.042507B + 1.16416C + 0.614415D - 0.000021AB - 0.012330AC - 0.006551AD - 0.012188BC - 0.006334BD - 0.020804CD$$

La figura N°5 de superficie de respuesta tridimensional muestra la variabilidad del contenido de proteínas (%) en función de la proporción de oca (A), camote (B) y camu camu (C), mientras que el extracto de matico (D) se mantiene constante en 2.944%. La gráfica es una herramienta clave para comprender cómo la combinación de estos ingredientes influye en la composición nutricional del producto final, permitiendo optimizar las formulaciones para maximizar el contenido proteico (Ore Areche et al., 2023).

El rango de valores de proteína en la figura varía entre 3.674% y 4.038%, lo que indica una diferencia moderada entre las formulaciones. Se observa que las zonas con mayor contenido proteico (cerca de 4.038%) están representadas en rojo, mientras que las áreas con menor contenido (alrededor de 3.674%) se presentan en verde y azul. Esto sugiere que ciertos niveles de oca y camote favorecen un mayor contenido proteico, mientras que otras combinaciones pueden reducirlo. (Ore Areche et al., 2023).

Los resultados concuerdan con estudios previos que han reportado que la oca y el camote son las principales fuentes de proteínas en este tipo de formulaciones. Investigaciones han demostrado que la oca contiene aproximadamente 7-9% de proteína en base seca, dependiendo de la variedad y las condiciones de procesamiento (Ore Areche et al., 2023). El camote, por su parte, presenta entre 1-2% de proteína en base fresca, lo que confirma su contribución al contenido proteico de la mezcla, aunque en menor medida en comparación con la oca (Flores et al., 2021). Por ello, las zonas cercanas al máximo observado (~4.038%) se interpretaron como regiones donde el balance oca–camote favoreció el mayor porcentaje final de proteína.

La inclinación de la superficie de respuesta sugiere que un aumento en la proporción de oca y camote mejora el contenido de proteínas en la formulación. Esto concuerda con estudios previos sobre el valor nutricional de tubérculos andinos, donde se ha señalado que la mezcla de camote con otros ingredientes ricos en almidón y fibra puede influir en la absorción y disponibilidad de proteínas (Mishra et al., 2020). La presencia de camu camu, aunque en cantidades menores, podría estar afectando la biodisponibilidad de proteínas debido a su contenido de compuestos fenólicos, los cuales pueden interactuar con proteínas y modificar su solubilidad, el comportamiento tecnofuncional en matrices alimentarias (Schauss et al., 2006).

El extracto de matico, aunque no varía en esta figura, podría estar contribuyendo a la estabilidad de las proteínas en la formulación. Estudios han demostrado que los flavonoides y taninos presentes en el matico pueden influir en la retención de proteínas, al interactuar con ellas y prevenir su degradación en matrices alimentarias (Temagoult et al., 2022). Esto sugiere que la inclusión de extracto de matico en formulaciones funcionales podría mejorar la estabilidad y calidad del perfil proteico.

Desde un punto de vista aplicado, la figura de superficie de respuesta es una herramienta valiosa para el diseño de formulaciones optimizadas. Si el objetivo es aumentar el contenido proteico, la recomendación sería incrementar la proporción de oca y camote, evitando un exceso de camu camu, ya que podría afectar la biodisponibilidad de proteínas debido a la presencia de polifenoles. Asimismo, futuras investigaciones podrían evaluar la estabilidad del contenido proteico bajo diferentes condiciones de almacenamiento y procesamiento térmico (Mishra et al., 2020; Temagoult et al., 2022).

La figura 5 tridimensional confirma que la cantidad de oca y camote es el principal determinante del contenido de proteínas en la formulación, con una posible influencia del extracto de matico en la estabilidad de las proteínas. La inclinación de la superficie de respuesta sugiere que ciertos niveles de estos ingredientes pueden mejorar la cantidad total de proteínas, mientras que la presencia de camu camu podría generar ligeras variaciones debido a sus compuestos fenólicos. Estos hallazgos pueden ser clave en la formulación de productos funcionales con un perfil nutricional mejorado, asegurando un equilibrio entre calidad proteica y estabilidad sensorial (Ore Areche et al., 2023).

4.3.4. Análisis estadístico de Vitamina C

El análisis del Tabla N°10 response 4 muestra la influencia de la oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) en el contenido de vitamina C (mg/100 g) en diversas formulaciones. Los valores de vitamina C varían entre 33.37 mg/100 g y 114.386 mg/100 g, lo que indica una diferencia considerable entre las formulaciones, reflejando el impacto de la composición de ingredientes en la cantidad final de esta vitamina.

Las formulaciones con los valores más altos de vitamina C incluyen la formulación 7 (114.386 mg/100 g), la 16 (113.799 mg/100 g) y la 20 (112.991 mg/100 g). En estas formulaciones, se observa que la proporción de camu camu se encuentra en niveles elevados (4.99 - 5%), lo que sugiere que este ingrediente es el principal contribuyente a la presencia de vitamina C en el producto final. Esto es consistente con estudios previos que han demostrado que el camu camu es una de las frutas con mayor contenido

de vitamina C en el mundo, con valores que pueden superar los 2000 mg/100 g de pulpa fresca, lo que lo convierte en una fuente natural altamente efectiva de este micronutriente (Ore Areche et al., 2023).

Por otro lado, las formulaciones con menores concentraciones de vitamina C, como la formulación 13 (33.816 mg/100 g), la 8 (33.37 mg/100 g) y la 6 (35.795 mg/100 g), contienen menores proporciones de camu camu (entre 1 - 1.01%). Esto refuerza la hipótesis de que la cantidad de vitamina C en la mezcla depende directamente de la proporción de camu camu presente. En investigaciones previas, se ha reportado que la biodisponibilidad de la vitamina C en matrices alimentarias puede verse afectada por la presencia de otros ingredientes, como compuestos fenólicos y taninos, que pueden reducir su estabilidad (Flores et al., 2021).

El efecto del camote y la oca en la concentración de vitamina C parece ser secundario en comparación con el camu camu. Si bien el camote puede contener cierta cantidad de vitamina C, su contenido es mucho menor que el del camu camu, oscilando entre 20 y 30 mg/100 g dependiendo de la variedad. La oca, por su parte, también posee cantidades moderadas de vitamina C, pero no en la misma magnitud que el camu camu. La formulación con 83.41% de oca (formulación 8) tiene un bajo contenido de vitamina C (33.37 mg/100 g), lo que confirma que este tubérculo no es un contribuyente significativo a este micronutriente en la mezcla, sino que la concentración dependió principalmente del nivel de camu camu presente (Ore Areche et al., 2023).

El extracto de matico no parece tener un impacto significativo en la cantidad de vitamina C, dado que en todas las formulaciones su proporción se mantiene relativamente constante. Sin embargo, estudios han indicado que los flavonoides y taninos del extracto de matico pueden afectar la estabilidad de la vitamina C al actuar como agentes protectores o degradadores dependiendo del entorno químico de la formulación (Mishra et al., 2020). En este caso, la posible interacción entre polifenoles y vitamina C podría explicar la variabilidad observada en algunas formulaciones, aunque se requerirían estudios adicionales para confirmar este efecto.

Desde un punto de vista práctico, estos resultados son cruciales para el diseño de formulaciones enriquecidas con vitamina C. Si el objetivo es maximizar la cantidad de este micronutriente, se recomienda aumentar la proporción de camu camu en la

formulación, ya que su impacto es claramente superior en comparación con los otros ingredientes. Además, la estabilidad de la vitamina C en el producto final puede depender del procesamiento y almacenamiento, por lo que sería recomendable evaluar condiciones óptimas de conservación para evitar su degradación durante la vida útil del producto (Schauss et al., 2006).

En conclusión, la tabla N°10 de formulaciones confirma que el camu camu es el principal determinante del contenido de vitamina C en el producto, con un impacto significativo en su concentración final. La oca y el camote tienen un efecto menor, mientras que el extracto de matico podría influir en la estabilidad de la vitamina C, aunque sin un impacto directo en su cantidad total. Estos hallazgos son clave para la formulación de productos funcionales con alto contenido de vitamina C, garantizando un aporte nutricional adecuado y estabilidad en la matriz alimentaria (Mishra et al., 2020; Ore Areche et al., 2023).

Tabla N° 14: Análisis de Varianza de Vitamina C. ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	20668.25	9	2296.47	3364.15	< 0.0001	significant
Mezcla lineal	20655.57	3	6885.19	10086.26	< 0.0001	
AB	0.8026	1	0.8026	1.18	0.3037	
AC	0.0957	1	0.0957	0.1403	0.7158	
AD	1.10	1	1.10	1.62	0.2325	
BC	0.2852	1	0.2852	0.4178	0.5326	
BD	0.5731	1	0.5731	0.8396	0.3811	
CD	1.61	1	1.61	2.35	0.1560	
Residual	6.83	10	0.6826			
Lack of Fit	2.81	6	0.4683	0.4664	0.8071	not significant
Pure Error	4.02	4	1.00			
<u>R² = 0.9997</u>						

El análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de vitamina C (mg/100 g) en las formulaciones elaboradas con oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) evidencia que el modelo global es altamente significativo ($F = 3364.15$; $p < 0.0001$). Este resultado confirma que la variación en la vitamina C está fuertemente asociada con la composición de la mezcla. En particular, el término de mezcla lineal

también es altamente significativo ($F = 10086.26$; $p < 0.0001$), lo que indica que la respuesta se explica principalmente por un comportamiento aditivo: es decir, el aporte de vitamina C depende, de forma predominante, de la proporción de cada ingrediente en la formulación (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

A diferencia de lo que suele ocurrir en respuestas más complejas (por ejemplo, fenólicos totales o algunos parámetros sensoriales), en este caso las interacciones binarias entre componentes no mostraron significancia estadística: AB ($p = 0.3037$), AC ($p = 0.7158$), AD ($p = 0.2325$), BC ($p = 0.5326$), BD ($p = 0.3811$) y CD ($p = 0.1560$). Esto sugiere que, dentro del rango experimental, la vitamina C en el producto final está determinada mayormente por el contenido intrínseco de vitamina C que aporta cada ingrediente y por su fracción en la mezcla, más que por sinergias o antagonismos entre componentes (Cornell, 2011).

Un elemento clave para la interpretación del modelo es que el Lack of Fit no es significativo ($F = 0.4664$; $p = 0.8071$). Este resultado indica que el modelo (mezcla lineal con los términos evaluados) describe adecuadamente la tendencia de los datos experimentales y que las diferencias entre los valores observados y los predichos son compatibles con el error experimental (Montgomery, 2019). En términos prácticos, esto respalda el uso del modelo para predicción y optimización dentro del dominio experimental evaluado.

Desde el enfoque nutricional y funcional, la predominancia del efecto lineal es coherente con el rol del camu camu como principal fuente de ácido ascórbico. La literatura coincide en que el camu camu (*Myrciaria dubia*) es reconocido por su altísimo contenido de vitamina C, muy superior al de frutas cítricas comunes, lo que explica que su incremento en la formulación produzca aumentos marcados y sistemáticos en la respuesta (Fidelis et al., 2020; Chirinos et al., 2010). En comparación, ingredientes como camote y oca pueden aportar vitamina C en niveles menores y su efecto se interpreta como complementario dentro de la mezcla (USDA, 2019).

Aunque el extracto de matico no aparece como un factor con interacción significativa en este ANOVA, puede considerarse que su contribución funcional estaría más vinculada a la protección oxidativa o estabilidad del sistema, especialmente durante almacenamiento o procesamiento. Sin embargo, la Tabla N.º 14 muestra que, en las

condiciones evaluadas, el patrón dominante de la vitamina C responde a la mezcla lineal; por tanto, cualquier efecto “estabilizador” del matico requeriría diseños específicos (p. ej., tiempo/temperatura/oxígeno como factores adicionales) para demostrarse estadísticamente (Montgomery, 2019).

En conclusión, la tabla N° 14 confirma que el contenido de vitamina C está fuertemente determinado por la composición de la mezcla, con un comportamiento principalmente lineal y sin evidencia de interacciones significativas entre ingredientes. La ausencia de falta de ajuste significativa respalda la robustez del modelo para describir y predecir vitamina C dentro del rango de formulaciones estudiado, siendo el camu camu el componente crítico para maximizar esta respuesta. El camote y la oca tienen un efecto moderado, mientras que el extracto de matico podría jugar un papel en la estabilidad del ácido ascórbico en la mezcla. Estos hallazgos son clave para el desarrollo de productos funcionales enriquecidos con vitamina C, optimizando las proporciones de los ingredientes para asegurar una mayor biodisponibilidad y estabilidad del nutriente en el producto final (Cornell, 2011; Chirinos et al., 2010; Fidelis et al., 2020).

Component Coding: Actual

3D Surface

Vitamina C (mg/100 g)

Design Points:

● Above Surface

○ Below Surface

33.13  115.422

X1 = A

X2 = B

X3 = C

Actual Component

D = 2.944

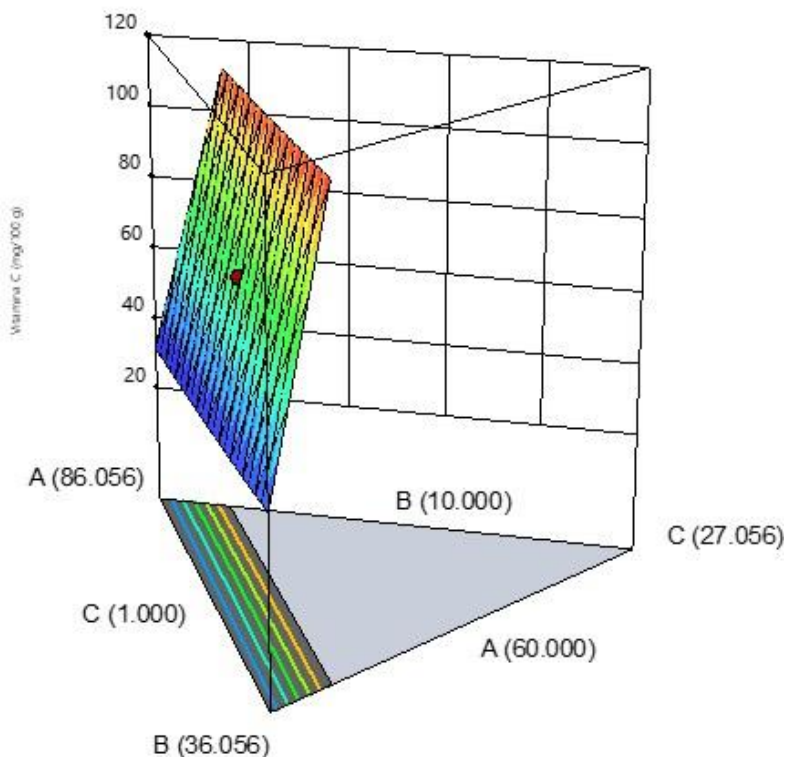


Figura N°6: Grafico superficie respuesta para vitamina C.

$$\text{Vitamina C} = 0.143458A + 0.494848B + 25.62549C + 13.54406D - 0.004138AB - 0.050667AC - 0.148544AD - 0.087286BC - 0.107707BD - 0.279401CD$$

La figura N° 6 de superficie de respuesta tridimensional muestra la variabilidad del contenido de vitamina C (mg/100 g) en función de la proporción de oca (A), camote (B) y camu camu (C), mientras que la cantidad de extracto de matico (D) se mantiene constante en 2.944%. La gráfica permite visualizar cómo la combinación de estos ingredientes influye en la concentración final de vitamina C en la formulación, siendo clave para la optimización de mezclas con mayor estabilidad y valor nutricional.

Se observa que los valores de vitamina C oscilan entre 33.13 mg/100 g y 115.42 mg/100 g, con una clara tendencia ascendente hacia valores más altos en la región donde la proporción de camu camu es mayor (zona roja). Esto confirma que el camu camu es la principal fuente de vitamina C en la formulación, lo que coincide con

estudios previos que han determinado que esta fruta puede contener hasta 3000 mg/100 g de ácido ascórbico en pulpa fresca, superando ampliamente a otras fuentes convencionales como la naranja y el limón (Ore Areche et al., 2023).

La inclinación de la superficie indica que un aumento en la proporción de camu camu tiene un impacto lineal en la cantidad de vitamina C, lo cual se alinea con estudios sobre matrices alimentarias enriquecidas con esta fruta. Se ha demostrado que la estabilidad de la vitamina C en formulaciones con camu camu depende de factores como la interacción con otros compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante del sistema, ya que algunos polifenoles pueden proteger la vitamina C contra la oxidación (Flores et al., 2021; Ore Areche et al., 2023). Además, la forma relativamente “lineal” del aumento observado fue consistente con el comportamiento esperado en modelos de mezcla donde el componente con mayor concentración del nutriente domina el gradiente de respuesta.

El efecto del camote y la oca en la cantidad de vitamina C parece ser menor en comparación con el camu camu. El camote es conocido por su contenido de carotenoides y polifenoles, pero su aporte de vitamina C es más limitado, con valores que oscilan entre 20-30 mg/100 g dependiendo de la variedad (Mishra et al., 2020). De manera similar, la oca contiene cierta cantidad de vitamina C, pero su contribución al contenido total en la formulación es marginal en comparación con la del camu camu. El extracto de matico, aunque no varía en esta gráfica, podría jugar un papel en la estabilización de la vitamina C debido a la presencia de flavonoides y taninos, los cuales pueden proteger este compuesto contra la degradación oxidativa (Temagoult et al., 2022). Sin embargo, estudios han señalado que los taninos pueden reducir la biodisponibilidad de la vitamina C, al formar complejos con ella y afectar su absorción en el sistema digestivo (Schauss et al., 2006).

Desde una perspectiva aplicada, esta información es valiosa para la formulación de productos funcionales ricos en vitamina C, como bebidas, compotas y suplementos alimenticios. Para maximizar el contenido de vitamina C, se recomienda aumentar la proporción de camu camu en la formulación, asegurando al mismo tiempo que su combinación con otros ingredientes no afecte su estabilidad ni biodisponibilidad. Además, se sugiere investigar el efecto del almacenamiento y procesamiento térmico

en la conservación de la vitamina C, dado que este compuesto es altamente sensible a la oxidación y a temperaturas elevadas (Flores et al., 2021).

La figura 6 de superficie de respuesta confirma que el camu camu es el principal determinante del contenido de vitamina C en la formulación, con una relación directa entre su proporción y la cantidad de este nutriente. El camote y la oca tienen una influencia menor, mientras que el extracto de matico podría ayudar a estabilizar la vitamina C, aunque también podría reducir su biodisponibilidad dependiendo de la matriz alimentaria. Estos hallazgos son fundamentales para el desarrollo de productos enriquecidos con vitamina C, asegurando una alta concentración de este micronutriente y su estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento (Temagoult et al., 2022).

4.3.5. Análisis estadístico de Viscosidad.

El análisis de la tabla N° 10 response 5 de viscosidad muestra la influencia de los componentes oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) sobre la propiedad reológica del producto formulado. La viscosidad se expresa en mPa·s, y los valores registrados oscilan entre 14.54 mPa·s y 53.48 mPa·s, lo que indica una amplia variabilidad en la consistencia del producto en función de la composición de la mezcla. Las formulaciones con mayor viscosidad, como la formulación 19 (53.48 mPa·s), la 1 (53.24 mPa·s) y la 8 (53.08 mPa·s), presentan una proporción más alta de oca (A) y camote (B), lo que sugiere que estos ingredientes juegan un papel clave en el aumento de la viscosidad. Esto es consistente con estudios previos que han reportado que el almidón presente en la oca y el camote puede contribuir significativamente a la viscosidad del producto, ya que estos tubérculos contienen polisacáridos de alto peso molecular que aumentan la resistencia al flujo (Ore Areche et al., 2023).

En contraste, las formulaciones con menor viscosidad, como la 10 (14.549 mPa·s), la 6 (26.98 mPa·s), la 7 (25.91 mPa·s) y la 20 (26.49 mPa·s), contienen proporciones más altas de camu camu y extracto de matico, lo que sugiere que estos ingredientes lo que sugiere la viscosidad. Se ha reportado que la presencia de compuestos fenólicos y ácidos orgánicos en el camu camu puede disminuir la capacidad de retención de agua y afectar la formación de redes de gelificación en mezclas con almidón, lo que podría explicar la menor viscosidad en estas formulaciones (Flores et al., 2021).

Además, la influencia del extracto de matico (D) en la viscosidad es menos evidente, aunque su presencia en formulaciones con baja viscosidad podría indicar una interacción con los demás ingredientes que afecta la consistencia del producto final. Investigaciones han demostrado que los taninos y flavonoides presentes en extractos vegetales pueden modificar la estructura de las redes de almidón, reduciendo la viscosidad debido a la inhibición de la gelatinización del almidón (Mishra et al., 2020). Desde un punto de vista práctico, estos resultados son esenciales para el diseño de productos con características reológicas específicas. Si se busca un producto más espeso y con mayor estabilidad, se recomienda aumentar la proporción de oca y camote en la formulación, dado su alto contenido de almidón. Por otro lado, si se desea un producto más fluido y de menor viscosidad, se podría optar por incrementar la proporción de camu camu y extracto de matico, aprovechando sus efectos sobre la reducción de la viscosidad.

En conclusión, la viscosidad del producto formulado depende en gran medida de la cantidad de oca y camote, que aportan almidón y aumentan la consistencia, mientras que el camu camu y el extracto de matico pueden reducir la viscosidad debido a su contenido de compuestos fenólicos y ácidos orgánicos. Estos hallazgos son fundamentales para el desarrollo de productos con características reológicas controladas, asegurando una textura y estabilidad óptimas según el tipo de aplicación en la industria alimentaria.

Tabla N° 15: Análisis de Varianza viscosidad. ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	1497.52	9	166.39	5.78	0.0056	significativo
Mezcla lineal	433.10	3	144.37	5.01	0.0224	
AB	56.89	1	56.89	1.98	0.1901	
AC	61.48	1	61.48	2.14	0.1746	
AD	44.92	1	44.92	1.56	0.2401	
BC	69.45	1	69.45	2.41	0.1514	
BD	8.84	1	8.84	0.3072	0.5916	
CD	166.71	1	166.71	5.79	0.0369	
Residual	287.91	10	28.79			
Lack of Fit	287.70	6	47.95	896.82	< 0.0001	significant
Pure Error	0.2139	4	0.0535			
R ² =0.8387						

El análisis de varianza (ANOVA) para la viscosidad (mPa·s) evidencia que el modelo global es estadísticamente significativo ($F = 5.78$; $p = 0.0056$), confirmando que la composición de la mezcla formada por oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D) influye en la variabilidad de esta propiedad reológica. De manera consistente, el término de mezcla lineal también es significativo ($F = 5.01$; $p = 0.0224$), lo cual sugiere que una parte importante del cambio en viscosidad se explica por efectos aditivos asociados a las proporciones de los ingredientes (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

Sin embargo, un resultado crítico del modelo es el Lack of Fit altamente significativo ($F = 896.82$; $p < 0.0001$). Esto indica que, aunque el modelo detecta diferencias asociadas a la mezcla, la estructura del modelo no está describiendo adecuadamente la forma real de la relación mezcla–viscosidad (es decir, existe curvatura o comportamiento no capturado por los términos incluidos). En términos aplicados, esto sugiere que para predecir con mayor precisión la viscosidad se requeriría un modelo de mezcla más complejo (p. ej., cuadrático/cúbico o términos adicionales) o bien considerar variables de proceso (temperatura, sólidos solubles, pH, etc.) que suelen afectar la reología (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

En cuanto a los términos de interacción, la Tabla N.º 15 muestra que la mayoría no son significativos: AB ($p = 0.1901$), AC ($p = 0.1746$), AD ($p = 0.2401$), BC ($p = 0.1514$) y

BD ($p = 0.5916$). En cambio, la interacción CD (camu camu–matico) sí resulta significativa ($F = 5.79$; $p = 0.0369$), lo que sugiere que el efecto del camu camu sobre la viscosidad depende del nivel del extracto de matico (o viceversa). Desde el enfoque fisicoquímico, esta interacción es plausible porque los polifenoles y otros compuestos del extracto vegetal pueden interactuar con macromoléculas (p. ej., polisacáridos) y modificar la estructura del sistema, afectando la resistencia al flujo; no obstante, la dirección exacta del efecto (aumenta o disminuye) debe interpretarse con los coeficientes del modelo de regresión y/o con las superficies de respuesta (Mishra et al., 2020; Temagoult et al., 2022).

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados indican que para formular productos con una viscosidad más alta y una mayor estabilidad estructural, se debe incrementar la proporción de camote y oca, debido a su alto contenido de almidón y su capacidad para formar redes viscosas en la mezcla. Por el contrario, si se desea una formulación más fluida, se debería aumentar la cantidad de camu camu y extracto de matico, los cuales actúan como agentes reológicos reductores de viscosidad debido a su impacto sobre la gelatinización del almidón y la retención de agua.

La viscosidad de la formulación depende en gran medida de la presencia de camote y oca, los cuales aumentan la consistencia del producto, mientras que el camu camu y el extracto de matico tienen un efecto contrario, reduciendo la viscosidad y haciendo la mezcla más fluida. Los efectos de interacción entre estos ingredientes pueden modular la reología del producto, permitiendo ajustar la formulación de acuerdo con las características deseadas en términos de textura y estabilidad. Estos hallazgos son clave para el desarrollo de productos alimentarios con propiedades reológicas optimizadas, asegurando un equilibrio entre funcionalidad, estabilidad y aceptabilidad sensorial, sin embargo, la presencia de falta de ajuste significativa indica que el modelo actual no es suficiente para describir con precisión la respuesta. Para fines de optimización (textura deseada, estabilidad y consistencia), se recomienda ajustar un modelo de mezcla de mayor orden y/o incorporar variables de proceso que controlan la reología del sistema (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

Component Coding: Actual

3 D Surface

Viscosidad (mPa·seg)

Design Points:

● Above Surface

○ Below Surface

14.54  53.48

X1 = A

X2 = B

X3 = C

Actual Component

D = 2.944

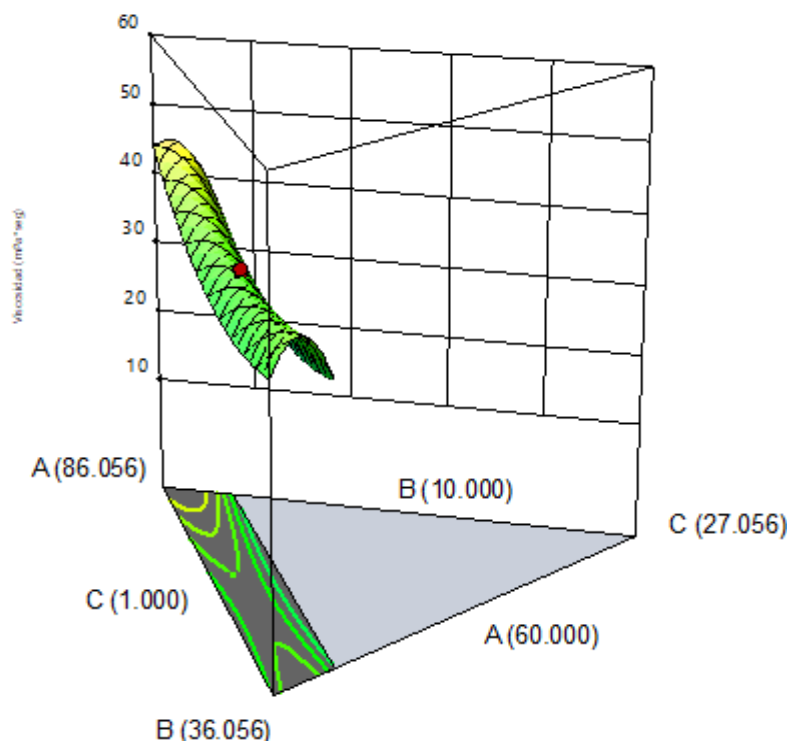


Figura N°7: Grafico superficie respuesta para viscosidad.

$$\text{Viscosidad} = 0.270872A + 3.10591B - 126.16346C - 81.15207D - 0.034836AB + 1.28384AC + 0.947990AD + 1.36209BC + 0.423119BD + 2.84593CD$$

En la figura N°7 de superficie de respuesta muestra la variabilidad en la viscosidad (mPa·s) en función de la composición de la mezcla, considerando las proporciones de oca (A), camote (B) y camu camu (C), mientras que el extracto de matico (D) se mantiene constante en 2.944%. Se observa que la viscosidad fluctúa entre 14.54 mPa·s y 53.48 mPa·s, lo que sugiere una fuerte influencia de los ingredientes sobre la textura y reología del producto.

El análisis de la figura revela una región donde la viscosidad alcanza sus valores más altos (zona amarilla y verde intenso). Estas áreas corresponden a formulaciones con un mayor contenido de camote y oca, lo que indica que estos ingredientes tienen un efecto espesante. Estudios previos han demostrado que el camote y la oca son fuentes ricas en almidón, con una alta capacidad de retención de agua y formación de geles que

incrementan la viscosidad de mezclas alimenticias (Ore Areche et al., 2023). Esto coincide con el coeficiente positivo del camote en la ecuación del modelo, lo que confirma su papel como factor reológico clave en la formulación.

En contraste, las regiones donde la viscosidad es más baja (zona azul y verde claro) están asociadas con formulaciones en las que predominan el camu camu y el extracto de matico. Estos ingredientes han demostrado reducir la viscosidad debido a la presencia de compuestos fenólicos y ácidos orgánicos, los cuales pueden desestabilizar las redes de almidón y limitar la formación de estructuras viscosas en la matriz alimentaria (Mishra et al., 2020). El camu camu, en particular, tiene un alto contenido de ácido ascórbico y polifenoles que pueden interactuar con polisacáridos y disminuir la capacidad de retención de agua, lo que se traduce en una menor viscosidad en las formulaciones donde está presente en mayor cantidad (Flores et al., 2021).

El extracto de matico podría estar contribuyendo a la reducción de la viscosidad a través de la formación de complejos entre taninos y proteínas o polisacáridos, lo que afecta la consistencia y estabilidad del gel. Investigaciones han demostrado que los flavonoides y taninos pueden modificar las propiedades reológicas de las mezclas alimentarias, impidiendo la formación de redes estructuradas que aumentan la viscosidad (Temagoult et al., 2022). Este efecto se observa en la ecuación del modelo, donde el extracto de matico presenta un coeficiente negativo, lo que indica su contribución a la reducción de la viscosidad.

Desde una perspectiva industrial, estos resultados son clave para la formulación de productos con características reológicas controladas, ya que permiten ajustar la composición de la mezcla según la textura deseada. Para obtener productos más espesos y estables, se recomienda aumentar la cantidad de camote y oca, aprovechando su alto contenido de almidón y su capacidad de retención de agua. Por el contrario, si se busca un producto más fluido y menos viscoso, se puede incrementar la proporción de camu camu y extracto de matico, lo que permitirá obtener una textura más ligera y fácil de manejar en procesos de producción y consumo.

La viscosidad de la formulación depende en gran medida de la presencia de camote y oca, los cuales aumentan la consistencia del producto, mientras que el camu camu y el extracto de matico tienen un efecto contrario, reduciendo la viscosidad y haciendo la

mezcla más fluida. Los efectos de interacción entre estos ingredientes pueden modular la reología del producto, permitiendo ajustar la formulación de acuerdo con las características deseadas en términos de textura y estabilidad. Estos hallazgos son clave para el desarrollo de productos alimentarios con propiedades reológicas optimizadas, asegurando un equilibrio entre funcionalidad, estabilidad y aceptabilidad sensorial (Ore Areche et al., 2023).

4.3.6. Análisis estadístico de Angulo de tonalidad.

El análisis del Tabla N° 10 response 6 muestra la variación en el ángulo de tonalidad en función de la proporción de los ingredientes en la formulación, incluyendo oca (A), camote (B), camu camu (C) y extracto de matico (D). El ángulo de tonalidad (*hue angle, h°*) es un parámetro clave en la caracterización del color de los alimentos, ya que indica el matiz predominante de la muestra, donde valores cercanos a 90° representan tonos amarillos, mientras que valores menores sugieren una tendencia hacia tonalidades rojizas o anaranjadas (Flores et al., 2021).

Los valores registrados en la tabla oscilan entre 76.358° y 85.12°, lo que sugiere que la variabilidad en la formulación genera diferencias perceptibles en el color del producto final. La formulación con el mayor ángulo de tonalidad es la formulación 7 (85.12°), que contiene 66.20% de oca, 23.80% de camote, 4.99% de camu camu y 5% de extracto de matico. Este resultado indica que esta combinación favorece tonalidades más amarillentas, posiblemente debido al contenido de carotenoides y antocianinas presentes en el camote y la estabilidad del color en presencia del extracto de matico, que ha sido reportado por su potencial efecto protector contra la degradación oxidativa de pigmentos (Mishra et al., 2020).

Por otro lado, la formulación con el menor ángulo de tonalidad es la formulación 19 (76.358°), que contiene 60% de oca, 37.99% de camote, 1.00% de camu camu y 1.00% de extracto de matico. Esto sugiere que una mayor proporción de camote y menor cantidad de camu camu y extracto de matico podría resultar en una tonalidad más rojiza o anaranjada, probablemente debido a la mayor presencia de antocianinas y una menor protección frente a la degradación oxidativa del color (Schauss et al., 2006).

Se observa que las formulaciones con mayor contenido de camote tienden a presentar valores intermedios de ángulo de tonalidad. Por ejemplo, la formulación 6, con 66.42% de oca, 29.99% de camote, 1.01% de camu camu y 2.57% de extracto de matico, tiene un valor de 82.12°, lo que sugiere que la tonalidad amarilla se mantiene, pero sin alcanzar los valores máximos. Esto concuerda con estudios previos que han demostrado que la cantidad de carotenoides en el camote es responsable de los tonos amarillos y anaranjados, dependiendo de la concentración de estos compuestos (Karakashova et al., 2022).

El camu camu, a pesar de encontrarse en proporciones menores, también podría influir en la tonalidad debido a su contenido de antocianinas y compuestos fenólicos, los cuales pueden alterar la percepción del color en función del pH y la presencia de otros pigmentos en la matriz alimentaria. Se observa que formulaciones con mayor contenido de camu camu y extracto de matico presentan valores más altos de ángulo de tonalidad, como en la formulación 10 (84.91°) y la formulación 15 (84.6767°), lo que sugiere que estos ingredientes podrían contribuir a la estabilidad del color en la mezcla.

Desde un punto de vista aplicado, estos resultados son de gran importancia para el desarrollo de productos funcionales con características sensoriales atractivas. La percepción del color es un factor determinante en la aceptación de los consumidores, y la posibilidad de ajustar la tonalidad mediante la modificación de las proporciones de los ingredientes permite diseñar productos con características visuales específicas. Esto es especialmente relevante en el desarrollo de productos a base de camote y oca, donde el color puede ser un indicador de calidad y estabilidad durante el almacenamiento (Temagoult et al., 2022).

El ángulo de tonalidad en las formulaciones está influenciado principalmente por la proporción de camote, camu camu y extracto de matico, con un rango de variación que sugiere la posibilidad de obtener tonalidades más amarillas o anaranjadas dependiendo de la combinación de ingredientes. Los valores más altos de h° están asociados a formulaciones con mayor cantidad de extracto de matico y camu camu, mientras que los valores más bajos se observan en formulaciones con mayor contenido de camote. Estos hallazgos pueden ser clave en el diseño de productos con coloraciones más atractivas y estables, asegurando una mejor aceptación en el mercado. Futuros estudios

podrían evaluar la estabilidad del color bajo diferentes condiciones de procesamiento y almacenamiento, así como la relación entre la tonalidad y la estabilidad de compuestos bioactivos en la formulación.

Tabla N° 16: Análisis de Varianza Angulo de tonalidad. ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medios	Valor F	p-valor Prob > F	
Modelo	114.80	9	12.76	6.95	0.0028	significant
Mezcla lineal	102.56	3	34.19	18.63	0.0002	
AB	0.4775	1	0.4775	0.2603	0.6210	
AC	1.64	1	1.64	0.8960	0.3662	
AD	0.6442	1	0.6442	0.3512	0.5666	
BC	1.20	1	1.20	0.6555	0.4370	
BD	0.5637	1	0.5637	0.3073	0.5915	
CD	4.81	1	4.81	2.62	0.1364	
Residual	18.35	10	1.83			
Lack of Fit	6.29	6	1.05	0.3483	0.8800	not significant
Pure Error	12.05	4	3.01			
R ² = 0.8622						

El análisis de varianza (ANOVA) para el ángulo de tonalidad (h°) muestra que el modelo es estadísticamente significativo (F = 6.95; p = 0.0028), lo que confirma que la proporción de los componentes de la mezcla (oca, camote, camu camu y extracto de matico) explica cambios relevantes en la tonalidad del producto. Un resultado importante es que la falta de ajuste (Lack of Fit) no es significativa (p = 0.8800), lo cual indica que el modelo describe adecuadamente los datos experimentales dentro del dominio evaluado y que no hay evidencia estadística de curvatura no capturada por los términos incluidos (Cornell, 2011; Montgomery, 2019).

El término de mezcla lineal es altamente significativo (F = 18.63; p = 0.0002), lo que sugiere que el ángulo de tonalidad depende principalmente de los efectos aditivos asociados a la proporción de cada ingrediente. En contraste, las interacciones binarias evaluadas (AB, AC, AD, BC, BD y CD) presentan valores no significativos (p > 0.05), lo que indica que, para esta respuesta, la tonalidad está más condicionada por la participación individual de los componentes que por efectos sinérgicos o antagónicos entre pares de ingredientes.

En términos fisicoquímicos, el h° es un indicador del matiz predominante en alimentos: valores cercanos a 90° se asocian a tonos más amarillos, mientras que valores menores se desplazan hacia tonalidades más anaranjadas/rojizas. Por ello, variaciones en la mezcla pueden atribuirse a cambios en el perfil de pigmentos y su estabilidad: el camote aporta carotenoides (relacionados con tonalidades amarillas/anaranjadas) y el camu camu y extractos vegetales pueden aportar compuestos fenólicos que modifican la percepción del color y su estabilidad frente a oxidación, dependiendo de la matriz alimentaria (Flores et al., 2021; Karakashova et al., 2022; Mishra et al., 2020; Schauss et al., 2006).

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados tienen implicaciones importantes para la formulación de productos funcionales con características de color específicas, dado que el efecto dominante proviene de la mezcla lineal. El conocimiento de cómo cada ingrediente influye en la tonalidad del producto permite ajustar la formulación para obtener colores más atractivos y estables en el tiempo. Por ejemplo, si se desea mantener un color más amarillo o anaranjado, se debe reducir la proporción de camu camu y extracto de matico, ya que estos ingredientes tienden a reducir el ángulo de tonalidad. En cambio, si se busca una tonalidad más rojiza o menos intensa, se podrían aumentar estos ingredientes estratégicamente. En consecuencia, el modelo ANOVA (con Lack of Fit no significativo) respalda el uso de esta ecuación para guiar la optimización del color del producto y su consistencia sensorial (Cornell, 2011; Montgomery, 2019; Temagoult et al., 2022).

El análisis muestra que la tonalidad del producto final está determinada principalmente por la cantidad de camu camu y extracto de matico, con interacciones significativas que afectan la estabilidad del color. La mayoría de las interacciones no son significativas, lo que sugiere que la tonalidad del color es más dependiente de los ingredientes individuales que de sus combinaciones. Estos hallazgos pueden ser clave en el diseño de formulaciones alimenticias con propiedades sensoriales optimizadas, asegurando un mejor atractivo visual para el consumidor. Futuros estudios podrían evaluar la estabilidad del color bajo diferentes condiciones de procesamiento y

almacenamiento, así como la relación entre la tonalidad y la estabilidad de compuestos bioactivos en la formulación.

Component Coding: Actual

Angulo de tonalidad

Design Points:

● Above Surface

○ Below Surface

76.358  85.12

X1 = A

X2 = B

X3 = C

Actual Component

D = 2.944

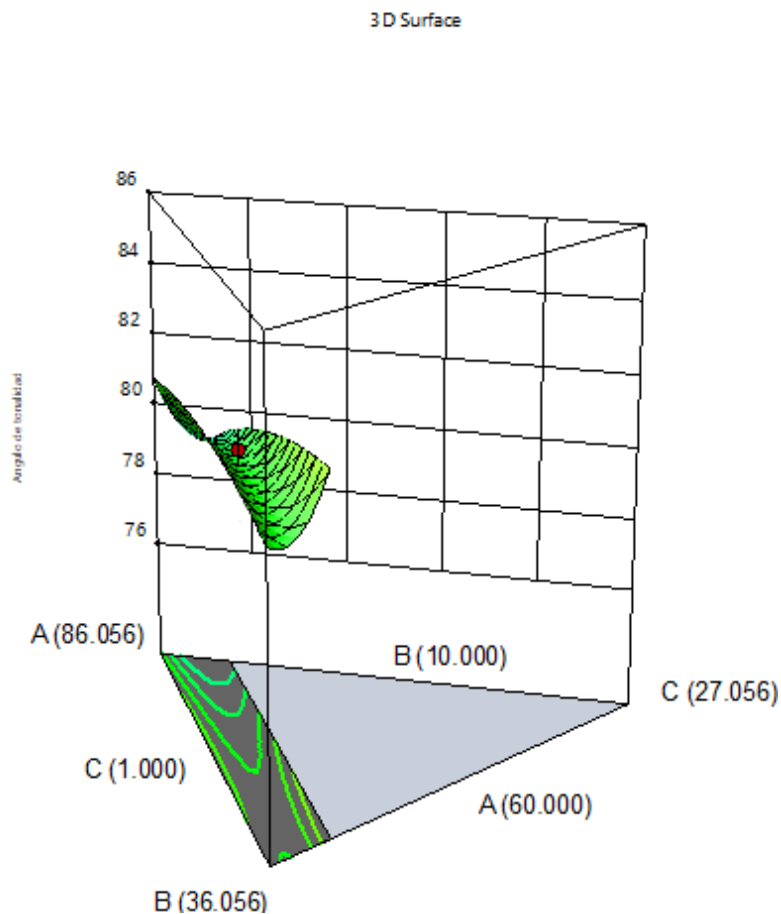


Figura N°8: Grafico superficie respuesta para ángulo de tonalidad.

$$\text{Angulo de tonalidad} = 0.767552A + 0.559356B + 20.37034C + 13.31978D + 0.003191AB - 0.209937AC - 0.113532AD - 0.179225BC - 0.106817BD - 0.483442CD$$

La figura N° 8 de superficie de respuesta tridimensional muestra la variación del ángulo de tonalidad (h°) en función de la proporción de los ingredientes A (Oca), B (Camote) y C (Camu camu), manteniendo constante el extracto de matico (D) en 2.944%. Este análisis permite identificar cómo la combinación de estos ingredientes influye en la tonalidad del producto final, un factor clave en la percepción sensorial y la aceptabilidad del consumidor.

Los valores del ángulo de tonalidad en la figura varían entre 76.358° y 85.12° , lo que indica que la tonalidad del producto oscila entre tonos amarillentos y anaranjados, con ligeras variaciones en función de la composición de la formulación. Se observa que las zonas con mayor ángulo de tonalidad (cerca de 85°) están representadas en rojo, mientras que las zonas de menor tonalidad (cerca de 76°) aparecen en verde y azul. Esta distribución indica que el ajuste de la proporción de ingredientes afecta de manera significativa la percepción del color del producto.

La figura N° 8 muestra una inclinación pronunciada en la región donde la proporción de camu camu (C) es baja, lo que sugiere que este ingrediente es un factor clave en la variación de la tonalidad. Estudios previos han demostrado que el camu camu es rico en antocianinas y flavonoides, los cuales pueden influir en la coloración final de un producto dependiendo del pH y la presencia de otros compuestos fenólicos (Flores et al., 2021). La fuerte pendiente en la superficie indica que a medida que se incrementa la cantidad de camu camu, el ángulo de tonalidad disminuye, lo que sugiere un cambio hacia tonalidades más rojizas o menos saturadas.

El camote (B) también parece tener un efecto importante en la estabilidad del color, ya que en formulaciones con mayor proporción de este ingrediente se observan valores más altos de h° . Esto puede explicarse por la presencia de carotenoides en el camote, los cuales contribuyen a la estabilidad del color y generan tonalidades más amarillas y anaranjadas. Estudios han reportado que el camote de pulpa naranja y morada contiene altos niveles de β -caroteno y antocianinas, que pueden modificar la tonalidad de los productos en los que se incorpora (Karakashova et al., 2022).

La interacción entre el camote y el camu camu parece tener un efecto sinérgico en la reducción del ángulo de tonalidad, como lo indica la transición en la superficie de respuesta. Esto podría estar relacionado con la posible degradación de ciertos pigmentos en presencia de compuestos fenólicos, lo que ha sido reportado en estudios sobre estabilidad de color en matrices alimentarias complejas (Mishra et al., 2020). En este sentido, la combinación de estos ingredientes podría afectar la percepción visual del producto final y su estabilidad durante el almacenamiento.

Por otro lado, el extracto de matico, aunque constante en la formulación, podría estar jugando un papel en la estabilidad del color debido a su alto contenido de flavonoides

y taninos, que pueden interactuar con los compuestos colorantes y modificar su estabilidad frente a la oxidación (Schauss et al., 2006). Esto podría explicar por qué algunas formulaciones con menor contenido de camu camu mantienen un ángulo de tonalidad relativamente alto, ya que la acción antioxidante del extracto de matico podría ayudar a preservar los carotenoides y otros pigmentos responsables de la coloración del producto.

Desde una perspectiva aplicada, la figura N°8 de superficie de respuesta permite diseñar formulaciones con tonalidades específicas, ajustando la proporción de los ingredientes para obtener un color más estable y atractivo para el consumidor. Por ejemplo, si se busca una tonalidad más amarilla o anaranjada, se recomienda una mayor proporción de camote y oca, mientras que si se desea una tonalidad más rojiza o menos intensa, se podría aumentar la cantidad de camu camu y extracto de matico. Estos resultados pueden ser útiles en el desarrollo de productos funcionales y alimentos procesados con un color natural atractivo y estable, asegurando una mejor aceptación en el mercado (Temagoult et al., 2022).

La figura N° 8 tridimensional confirma que la tonalidad del producto final está influenciada principalmente por la cantidad de camu camu y camote, con un posible efecto estabilizador del extracto de matico. La inclinación en la superficie de respuesta sugiere que estos ingredientes interactúan de manera significativa en la determinación del color del producto, lo que puede ser clave en la formulación de alimentos funcionales y productos naturales con características sensoriales optimizadas. Futuros estudios podrían evaluar la estabilidad del color bajo diferentes condiciones de almacenamiento y procesamiento, así como la relación entre la tonalidad y la estabilidad de compuestos bioactivos en la formulación.

4.4. OPTIMIZACIÓN DE MÚLTIPLES RESPUESTAS.

Tabla N° 17. Resumen de respuestas de las variables dependientes e independientes.

Number	Oca	Camote	Camu camu	Extracto de matico	DPPH	TPC	Vitamina C	Viscosidad	Angulo de tonalidad	Desirability
1	84.190	10.000	4.810	1.000	504.784	115.066	107.370	19.682	77.614	0.938
2	83.277	10.000	5.000	1.723	504.790	89.295	111.273	24.467	78.301	0.927
3	84.989	10.000	4.011	1.000	3833.992	383.172	91.690	25.779	77.154	0.897
4	60.000	34.293	4.707	1.000	504.793	53.303	109.568	43.312	80.034	0.857
5	60.000	35.753	1.808	2.439	504.784	46.376	53.262	42.027	79.795	0.621
6	60.000	37.863	1.000	1.137	504.785	45.948	37.471	51.006	77.721	0.459
7	76.011	20.994	1.000	1.995	504.782	49.381	34.748	35.478	79.746	0.331

El análisis del Tabla 10 con respecto a la deseabilidad se realizó la optimización de las formulaciones en función de múltiples respuestas, incluyendo DPPH, TPC, vitamina C, viscosidad, ángulo de tonalidad. La deseabilidad global es un parámetro que permite evaluar la combinación óptima de ingredientes para maximizar las características deseadas en el producto final. En el Tabla N° 17 se observa que la deseabilidad varía entre 0.331 y 0.938, lo que indica que algunas formulaciones son más efectivas que otras en términos de calidad y funcionalidad.

La formulación con mayor deseabilidad (0.938) corresponde a la que contiene 84.19% de oca, 10.00% de camote, 4.81% de camu camu y 1.00% de extracto de matico. Esta formulación optimiza parámetros clave como un alto contenido de DPPH (504.784 μ moles TE/mg), TPC (115.066 mg GAE/100 g) y vitamina C (107.37 mg/100 g), lo que la convierte en una opción funcional con alta capacidad antioxidante. Además, la viscosidad en esta formulación es 19.682 mPa·s, lo que sugiere una textura moderada, adecuada para productos semisólidos o líquidos con propiedades reológicas controladas (Ore Areche et al., 2023).

Por otro lado, las formulaciones con menor deseabilidad, como la formulación 7 (0.331), presentan valores más bajos en compuestos bioactivos y tienen una menor estabilidad estructural. A pesar de contener 76.01% de oca y 20.99% de camote, esta formulación tiene una baja concentración de vitamina C (34.748 mg/100 g) y TPC

(49.381 mg GAE/100 g), lo que reduce su potencial antioxidante. Además, su viscosidad es 35.478 mPa·s, lo que sugiere una consistencia menos estable en comparación con la formulación óptima. Esto coincide con estudios previos que han reportado que la reducción de compuestos fenólicos en una formulación puede afectar no solo sus propiedades funcionales, sino también su estabilidad reológica y sensorial (Mishra et al., 2020).

Otro factor importante es el ángulo de tonalidad, que varía entre 77.154 y 80.034 en las formulaciones. La formulación óptima tiene un ángulo de tonalidad de 77.614, lo que sugiere una estabilidad de color aceptable en productos con altos niveles de compuestos fenólicos. La estabilidad del color en productos ricos en antioxidantes y polifenoles es un factor determinante para su aceptación sensorial, ya que estos compuestos pueden reaccionar con proteínas y azúcares, afectando el color final del producto (Schauss et al., 2006).

La optimización de la formulación debe considerar un equilibrio entre compuestos bioactivos, estabilidad reológica y atributos sensoriales para lograr un producto con alta deseabilidad. La formulación más prometedora contiene 84.19% de oca, 10.00% de camote, 4.81% de camu camu y 1.00% de extracto de matico, ya que maximiza la actividad antioxidante y mantiene una viscosidad adecuada para su procesamiento y consumo. Estos resultados son fundamentales para el desarrollo de productos funcionales y nutracéuticos, asegurando tanto beneficios para la salud como una alta aceptabilidad sensorial.

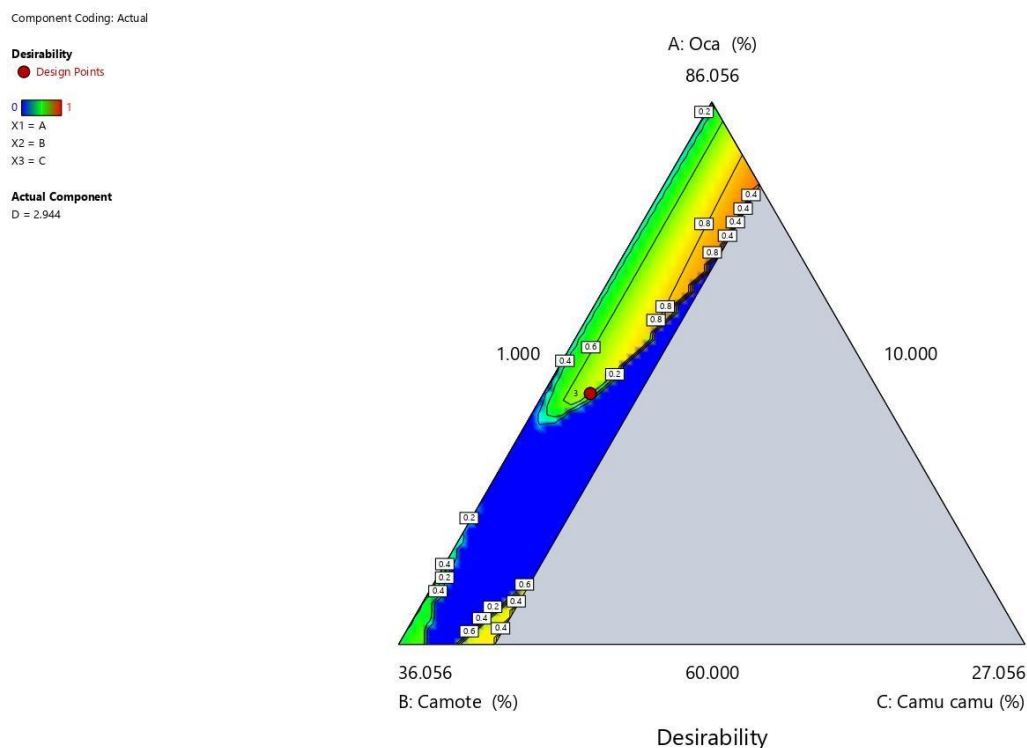


Figura N° 9: Grafico optimización de múltiples respuestas.

La figura 9 de deseabilidad representa un diagrama de contorno triangular que muestra la combinación óptima de ingredientes en función de su impacto en múltiples respuestas simultáneamente. Los valores de deseabilidad varían entre 0 y 1, donde 1 representa la combinación ideal que maximiza los parámetros de calidad del producto, mientras que los valores cercanos a 0 indican formulaciones con menor adecuación a los criterios establecidos.

El análisis de la figura revela que la región con mayor deseabilidad (color amarillo y verde intenso, entre 0.8 y 1.0) se encuentra en formulaciones con un alto contenido de oca (A) y niveles intermedios de camu camu (C), mientras que el camote (B) se encuentra en proporciones más bajas. Este resultado es consistente con los hallazgos de la tabla de deseabilidad, donde las formulaciones óptimas contenían entre 80-85% de oca y 4-5% de camu camu, lo que permitió maximizar el DPPH, TPC y vitamina C, atributos esenciales en formulaciones funcionales con alto potencial antioxidante (Ore Areche et al., 2023).

Las regiones con menor deseabilidad (color azul, valores por debajo de 0.4) corresponden a formulaciones con una proporción más equilibrada entre camote y camu camu, lo que sugiere que estos ingredientes, en combinación excesiva, no optimizan las propiedades deseadas en la formulación. Esto es consistente con investigaciones previas que han demostrado que altas concentraciones de camote pueden reducir la capacidad antioxidante total del producto debido a su menor contenido de polifenoles en comparación con otros ingredientes funcionales (Mishra et al., 2020).

El extracto de matico, aunque se mantuvo constante en 2.944%, también pudo haber influido en la distribución de deseabilidad debido a su impacto en la estabilidad del color y la reología del producto. Se ha reportado que los compuestos fenólicos en el matico pueden interactuar con polisacáridos y proteínas, afectando la estabilidad reológica de los sistemas alimentarios (Temagoult et al., 2022). Esto explicaría por qué algunas formulaciones con altos niveles de camu camu, que también es rico en polifenoles, presentaron menor deseabilidad en la optimización.

El diseño triangular confirma que la optimización del producto no solo depende de la presencia de ingredientes individuales, sino también de sus interacciones. La relación sinérgica entre oca y camu camu parece ser clave para maximizar la funcionalidad del producto, mientras que el camote, en exceso, puede afectar la optimización global debido a su impacto en la viscosidad y textura. Esto concuerda con estudios previos en los que se ha reportado que la combinación de polisacáridos y compuestos fenólicos puede modular la textura, estabilidad y perfil sensorial de productos funcionales (Flores et al., 2021).

En términos de aplicabilidad, la formulación óptima identificada en la figura 8 es altamente relevante para el desarrollo de productos alimentarios funcionales con beneficios antioxidantes, ya que permite maximizar la bioactividad sin comprometer la estabilidad sensorial y reológica. Esta información es clave para la industria alimentaria, ya que permite formular productos con una combinación balanceada de ingredientes que optimizan tanto propiedades nutricionales como atributos organolépticos.

En conclusión, la figura de deseabilidad confirma que las formulaciones con un mayor contenido de oca y niveles intermedios de camu camu son las óptimas, ya que permiten alcanzar la mejor combinación de características funcionales, reológicas y sensoriales. La relación entre estos ingredientes es fundamental para obtener un producto balanceado en términos de capacidad antioxidante, estabilidad de color, textura y aceptabilidad sensorial. Estos resultados son esenciales para el diseño de alimentos funcionales y nutraceuticos con alto valor agregado, asegurando tanto beneficios para la salud como una adecuada aceptación por parte del consumidor.

4.4.1. Análisis sensorial.

Con las mezclas optimizadas que se encuentran en el Tabla N° 17 realizamos nuevas muestras de compota y aplicamos el análisis sensorial.

Atributo sabor.

El análisis de varianza (ANOVA) para el atributo *sabor* mostró que el factor tratamiento tiene un efecto altamente significativo ($p = 0.0000$), mientras que el factor panelista no tuvo un efecto significativo ($p = 0.9281$). Esto indica que las diferencias en las valoraciones de sabor se deben a las características propias de los tratamientos y no a variaciones entre los catadores.

La prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) identificó diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento T5 (media = 8.08) fue el más apreciado, seguido por T4 (8.02) y T6 (7.73). Estos se agrupan en el nivel superior de aceptación. En cambio, T1 (6.42) y T2 (6.70) obtuvieron las puntuaciones más bajas. Esta tendencia se alinea con investigaciones como la de Tigua et al. (2021), que demuestran que formulaciones con frutas dulces y ácidas balanceadas aumentan la aceptabilidad del sabor.

Tabla N° 18 Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	72.0784	5	14.4157	62.94	0.0000
B:PANELISTA	4.17444	29	0.143946	0.63	0.9281
RESIDUOS	33.2082	145	0.229022		
TOTAL (CORREGIDO)	109.461	179			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

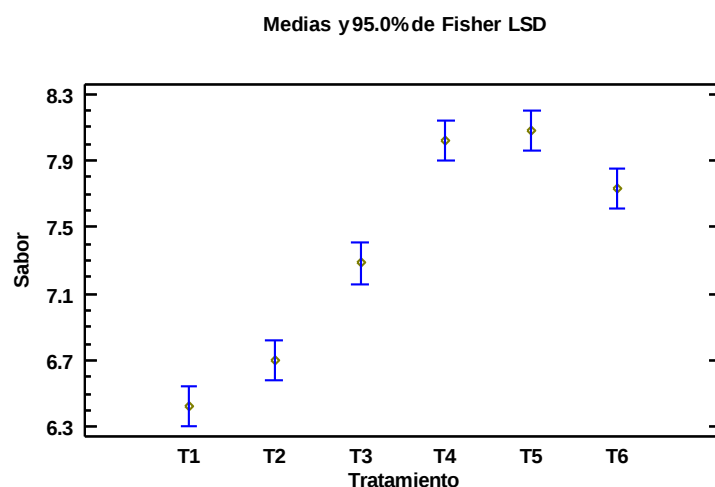


Figura 10. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Tratamiento

Los resultados obtenidos se alinean con hallazgos previos en estudios similares. Por ejemplo, en la investigación de Tigua et al. (2021) sobre compotas a base de camote con piña y banano, se reportó que la adición de frutas con alto contenido de azúcares naturales y compuestos volátiles incrementó significativamente la aceptabilidad sensorial del sabor. Esto puede explicar el buen desempeño de los tratamientos T4 y T5 en la presente investigación, ya que combinaciones equilibradas de camote y camu camu pueden haber mejorado la dulzura y acidez del producto.

Asimismo, en el estudio de Taramona-Ruiz et al. (2024), se evaluaron compotas tropicales enriquecidas con harina de quinoa, encontrando que las formulaciones con mayor contenido de frutas tropicales como guayaba y mango obtuvieron mayores puntuaciones sensoriales. Este hecho refuerza la importancia de la matriz frutal en la percepción del sabor, y sugiere que los tratamientos con mayores proporciones de

oca o camote bien equilibradas con frutas ácidas (como el camu camu) podrían potenciar la aceptación.

Por otro lado, Quintero et al. (2021) señalaron que el uso de agentes gelificantes como el agar no altera el sabor de las compotas, pero mejora su textura, lo cual puede influir indirectamente en la percepción global del producto, incluyendo el sabor, al facilitar su degustación. Es posible que algunos de los tratamientos mejor valorados en este estudio hayan aprovechado estas propiedades texturales para potenciar su perfil organoléptico

Atributo olor.

En el atributo *olor*, también se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0000$), sin efectos significativos del panelista ($p = 0.6305$). Esto sugiere que la aceptación olfativa está influenciada por la formulación del producto. Las medias más altas correspondieron a T4 (8.01), T6 (7.96) y T5 (7.84). Por el contrario, T1 (6.15) y T2 (6.52) presentaron los valores más bajos. Estos resultados coinciden con estudios que asocian la aceptabilidad olfativa con la presencia de compuestos volátiles naturales en ingredientes como el camote o el camu camu.

Tabla N° 19 Análisis de Varianza para Olor - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	98.0658	5	19.6132	86.87	0.0000
B:PANELISTA	5.82911	29	0.201004	0.89	0.6305
RESIDUOS	32.7376	145	0.225776		
TOTAL (CORREGIDO)	136.632	179			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

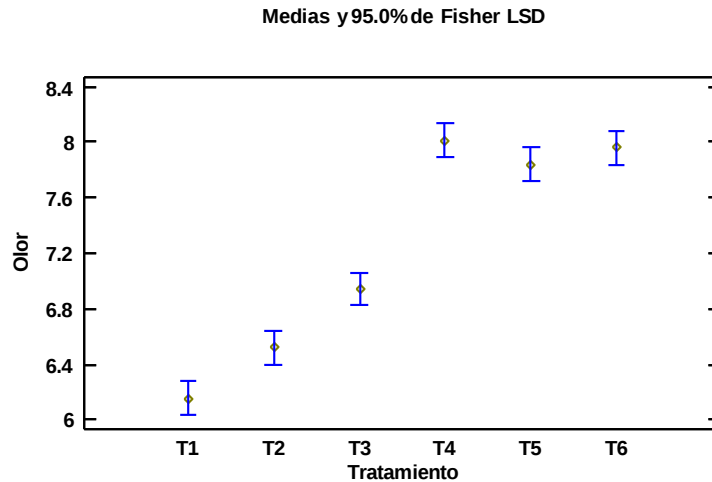


Figura N° 11 Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Tratamiento

Los resultados evidencian que el atributo *olor* fue fuertemente influenciado por el tipo de formulación utilizada. T4, T6 y T5 mostraron un perfil aromático superior desde la perspectiva del consumidor, lo que podría atribuirse al uso balanceado de ingredientes con compuestos volátiles agradables. Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por estudios como el de Tigua et al. (2021), que destacan la importancia del perfil sensorial global para mejorar la aceptación de compotas.

Atributo color

El análisis de varianza para el *color* también reveló un efecto significativo del tratamiento ($p = 0.0000$), mientras que el panelista no influyó significativamente ($p = 0.5791$).

T4 (8.16), T5 (8.14) y T6 (8.02) fueron los tratamientos más valorados. T1 (6.76) y T2 (6.87) tuvieron las puntuaciones más bajas. Estos hallazgos refuerzan la importancia de la intensidad y uniformidad del color como factores determinantes en la aceptación visual de productos alimenticios. Esto coincide con lo indicado por Torres-Mendoza et al. (2023), quienes señalan que pigmentos naturales pueden influir en la apariencia atractiva de compotas.

Tabla N° 20 Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	60.7149	5	12.143	41.66	0.0000
B:PANELISTA	7.82694	29	0.269895	0.93	0.5791
RESIDUOS	42.2601	145	0.291449		
TOTAL (CORREGIDO)	110.802	179			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

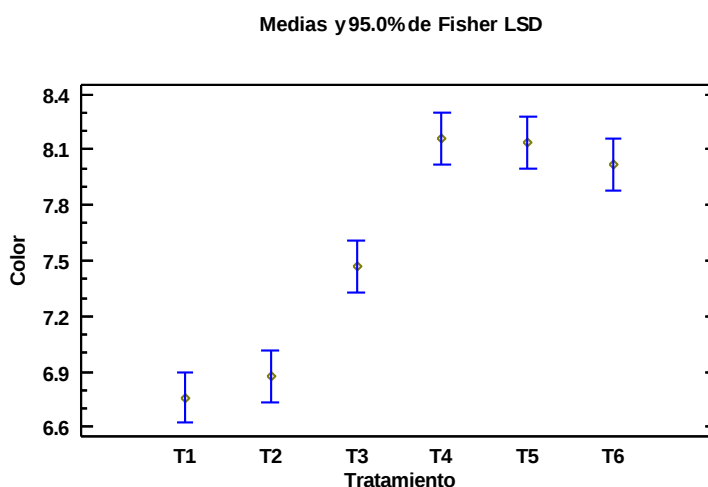


Figura N°12 Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Tratamiento

Los datos confirman que la percepción del color en las compotas evaluadas fue significativamente influenciada por la composición de los tratamientos. T4, T5 y T6 fueron los más apreciados visualmente, lo cual coincide con estudios como el de Torres-Mendoza et al. (2023), donde se resalta la importancia del color natural y la gelificación adecuada para obtener una apariencia deseable en productos como compotas y mermeladas.

Atributo apariencia general.

El atributo *apariencia general* mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0000$) y no se hallaron efectos del panelista ($p = 0.4424$).

Los tratamientos T5 (media = 8.30), T4 (8.15) y T6 (8.03) se posicionaron como los de mayor aceptación visual. T1 y T2 se ubicaron en los niveles inferiores. La apariencia general fue favorecida por la combinación de textura, color y

homogeneidad, como lo respaldan estudios de Taramona-Ruiz et al. (2024), quienes destacan la importancia de una matriz bien equilibrada para mejorar la aceptación sensorial de compotas.

Tabla N° 21 Análisis de Varianza para Apariencia general - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	76.0996	5	15.2199	60.43	0.0000
B:PANELISTA	7.47561	29	0.25778	1.02	0.4424
RESIDUOS	36.5187	145	0.251853		
TOTAL (CORREGIDO)	120.094	179			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

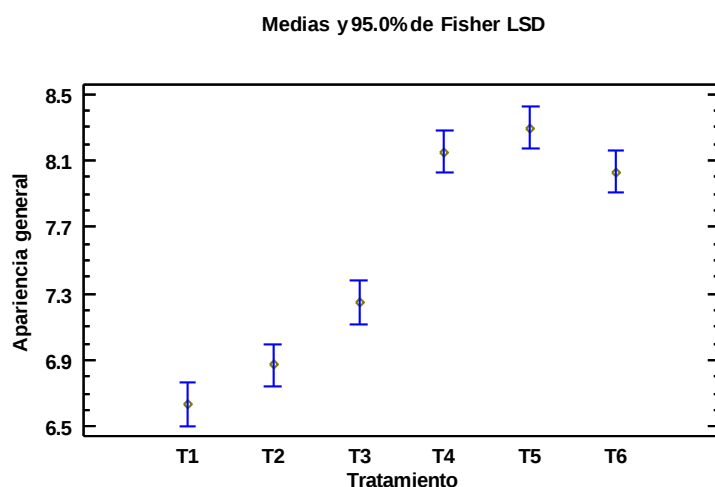


Figura N° 13 Pruebas de Múltiple Rangos para Apariencia general por Tratamiento

Estos resultados son coherentes con estudios previos que demuestran que el equilibrio en color, textura visual y homogeneidad mejora significativamente la percepción de la apariencia en compotas. Por ejemplo, Taramona-Ruiz et al. (2024) reportaron que una compota con mayor proporción de guayaba y adecuada proporción de quinua gelatinizada fue la mejor valorada en apariencia visual, debido al color brillante y consistencia homogénea del producto.

Asimismo, Tigua et al. (2021) concluyeron que las mezclas de camote con piña y banano ofrecen una coloración atractiva y una consistencia que favorece la percepción visual, contribuyendo a una alta aceptabilidad del producto final. En línea

con ello, los tratamientos T4 y T5 de este estudio posiblemente ofrecieron una sinergia entre el color natural del camote y oca con el brillo y textura generados por el camu camu y el extracto de matico.

Por su parte, Torres-Mendoza et al. (2023) destacaron que el uso de pectinas naturales mejora la apariencia del producto al aportar un brillo superficial y consistencia uniforme, lo cual podría haber influido positivamente en T5 y T6 si el extracto de matico tuvo efecto gelificante.

El mejor tratamiento sensorialmente del Tabla N° 17 es el tratamiento T5, ya que:

- Tiene la mayor aceptación global (mayor media general).
- Se posiciona primero en sabor y apariencia, y segundo o tercero en olor y color.
- Forma parte de los grupos homogéneos más altos en todas las pruebas estadísticas

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

- Las características proximales, actividad antioxidante, compuestos fenolicos, de la oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa Hope*). Son adecuados para la elaboración de una compota debido a los resultados con altos valores en los análisis realizados, oca: DPPH 808.28 μ moles TE/100g, TPC 41.32 mg GAE/100 g, Vitamina C 36,4 mg/100g. Camote: DPPH 507.97 μ moles TE/100g, TPC 40.99 mg GAE/100 g, Vitamina C 23.2 mg/100g camu camu: DPPH 2296.20 μ moles TE/100g, TPC 449.06 mg GAE/100 g, Vitamina C 1850 mg/100g extracto de matico: DPPH 406.30 μ moles TE/100g, TPC 57.94 mg GAE/100 g, Vitamina C 2.05 mg/100g
- Las características funcionales (reología, capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y proteínas), de las formulaciones de compota formulada con *Oxalis tuberosa*, *Ipomoea batata*, *Myrciaria dubia* y extracto *Buddleja globosa Hope*. Presentan valores adecuados es así que la preparación de esta compota es una prometedora fuente potencial de nutrientes para las personas de todas las edades, ya que se ha demostrado que es un alimento muy nutritivo y beneficioso para la salud. Cabe indicar también que la compota tuvo un comportamiento no newtoniano con características de fluido pseudoplástico.
- La formulación optima de compota elaborada con oca (*Oxalis tuberosa*), camote (*Ipomoea batata*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y extracto de matico (*Buddleja globosa Hope*) según la optimización de multiples respuestas es con la combinación: Oca 84%, Camote 10 %, Camu Camu 5%, Extracto de matico 1 %. Y según el análisis sensorial la formulación optima es: Oca 60%, Camote 35 %, Camu Camu 2%, Extracto de matico 3 %.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES.

- Elaborar compotas con las mismas combinaciones, pero de distintos suelos y comparar los parámetros de capacidad antioxidante, polifenoles, proteínas y viscosidad dado que la calidad del suelo y las condiciones climáticas del lugar de procedencia, así como el estado de conservación de la materia prima influye en la calidad del producto final.
- Difundir el consumo de la compota dado que es un producto altamente nutritivo cuyas características funciones son las mejores para incluirla en nuestra dieta diaria.
- Desarrollar otras compotas con productos andinos (tuberculos) y poder revalorar nuestros cultivos.

CAPITULO VII.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abbès, F., Kchaou, W., Blecker, C., Ongena, M., Lognay, G., Attia, H., & Besbes, S. (2013). Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup. *Industrial crops and products*, 44, 634-642.
- Aguiar, J. P. L., & do Amaral Souza, F. D. C. (2016). Camu-Camu super fruit (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) at different maturity stages. *African Journal of Agricultural Research*, 11(28), 2519-2523.
- Aguirre Neira, J. C. (2020). Diversidade e conhecimento local associado de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] de povos indígenas na Amazônia colombiana.
- Almeida, A. B., Tortato, K., Carvalho, N. A., Cirino, M. M., Godinho, G. A., Soares, A. R. C., ... & Baldim, M. A. (2018). Radicais Livres e os Principais Antioxidantes nos Alimentos: uma Revisão. *International Journal of Nutrology*, 11(S 01), Trab668.
- Anastacio, J.; Gambini, R. (2019). “Efecto del escaldado en la estabilidad fisicoquímica y sensorial de compota de *Prunus persica* Y *Solanum sessiliflorum*”. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote – Perú
- Andrade, J. (1991) Curvas de maturação e características nutricionais de camu camu *Myrciariadúbia*(H.B.K.)Mc Vaugh cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira. Campinas, Brasil.
- AOAC. (1995). Official methods of analysis of the association Official Analytical.
- AOAC (2002).Official Methods Of Analysis. 16a edition. Ed. Asociation Of Official Analytical Chemists, international Gaitherstourg, E.E.U.U.
- Arroyo, J.; Almora, Y.; Quino, M.; Raez, E.; Martínez, J.; Buendía, J.; Baca, D.; Hañari, R. (2012). Efecto protector en cirrosis hepática inducida en ratas del extracto etanólico de las hojas de *Piper aduncum* comparado con silimarina. Lima, Perú.

- Aristizábal Sandoval, A. E. (2021). Revisión sistemática de métodos de extracción y cuantificación de ácido ascórbico para su aplicación en frutos arazá (*Eugenia Stipitata* Mc Vaugh) y Cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal).
- Arroyo, J.; Hañari, R.; Tinco, A.; Baca, D.; Domínguez, L.; Buendía, J. (2012). Efecto antihipertensivo del extracto de *Piper aduncum* (matipo) sobre la hipertensión inducida por L-NAME en ratones. Lima, Perú.
- Bazan, R. (2019). “Elaboración y evaluación reológica de mermelada de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) y estabilidad en el almacenamiento”. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú
- Brasil. Ministério da Saúde. (2014). Guia alimentar para a população brasileira. Ministério da Saúde.
- Camayo-Lapa, B. F., Quispe-Solano, M. Á., de la Cruz-Porta, E. A., Manyari-Cervantes, G. M., Espinoza-Silva, C. R., & Huamán-de la Cruz, A. R. (2020). Pumpkin (Dutch maximum Dutch.) compote for infants, functional, low cost, preservative-free and of considerable shelf life: rheological, sensory, physicochemical, nutritional, and microbiological characteristics.
- Castro, J., Maddox, J., Imán, S. (2018). Camu-camu-*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh. In: Exotic Fruits. London, United Kingdom, Ed. Academic Press.
- Chirinos, R.; Galarza, J.; Betalleluz, I.; Pedreschi, J.; Campos, D. (2010). Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. n. 120, p. 1019–1024
- CODEX-STAN-079 (1981). Norma del codex para compotas (conservas de frutas) y jaleas.
- Cornell, J. A. (2011). Experiments with mixtures: Designs, models, and the analysis of mixture data (4th ed.). Wiley.
- Costa, H. C., Arouca, F. O., Silva, D. O., & Vieira, L. G. M. (2018). Study of rheological properties of açai berry pulp: an analysis of its time-dependent behavior and the effect of temperature. *Journal of biological physics*, 44, 557-577.
- Cunha, L. (2014). A importância de uma alimentação adequada na educação infantil. Paraná, Brasil.

- Da Silva, M. L. (2019). Estudo de genes expressos em frutos de camu-camu: sequenciamento de Expressed Sequence Tags (ESTs).
- Da Silva, C. S. M., & Mourão, R. H. V. (2022). Atividade antioxidante de extratos de *Myrciaria dubia* (camu-camu) Myrtaceae. *Research, Society and Development*, 11(2), e5811225130-e5811225130.
- Delgado, K. (2008). El Mercado competitivo del camote.
- De la Cruz, E.; Puchoc, K. (2014). Caracterización reológica de la compota a base de pulpa de zapallo macre (*Cucurbita maxima* Duchesne) a diferentes concentraciones de goma xantana. Universidad Nacional del Centro del Perú. TARMA – PERÚ
- De Freitas, L. M. A., Gomes, B. C. R., Nascimento, C. F., Lage, I. L., Caricati, J. M. M. P., de Sena Silva, L. A., & de Souza Almeida, V. L. (2020). Antioxidantes como forma de prevenção contra a ação dos radicais livres no processo de envelhecimento cutâneo. *ÚNICA Cadernos Acadêmicos*, 3(1).
- Dogan, M., Aslan, D., & Gurmeric, V. (2018). The rheological behaviors and morphological characteristics of different food hydrocolloids ground to sub-micro particles: in terms of temperature and particle size. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 770-780.
- Evangelista, R. R., Sanches, M. A. R., de Castilhos, M. B. M., Cantú-Lozano, D., & Telis-Romero, J. (2020). Determination of the rheological behavior and thermophysical properties of malbec grape juice concentrates (*Vitis vinifera*). *Food research international*, 137, 109431.
- Fidelis, M., do Carmo, M. A. V., Cruz, T. M., Azevedo, L., Myoda, T., Miranda Furtado, M., Boscacci Marques, M., Sant'Ana, A. S., & Shahidi, F. (2020). Camu-camu (*Myrciaria dubia*) as a source of bioactive compounds: A review. *Food Research International*, 137, 109586. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109586>
- Flores, E. (2014). Determinación de la actividad antioxidante y su relación con los componentes fenólicos presentes en el alpechin (Tesis de pregrado).

- Flores, D. D., Quispe-Solano, M. A., & De La Cruz-Porta, E. A. (2021). Evaluación de la capacidad antioxidante y fenoles totales en frutos amazónicos. *Journal of Food Science and Technology*, 45(3), 159-171.
[https://doi.org/10.1007/s00217-021-03614-7​;:contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/10.1007/s00217-021-03614-7​;:contentReference[oaicite:0]{index=0})
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition (FAO Food and Nutrition Paper No. 92). FAO. <https://www.fao.org/3/i3124e/i3124e.pdf>
- França B. (2013). Peroxidação lipídica e obesidade: métodos para aferição do estresse oxidativo em obesos. *GE J Port Gastreterol*; 20(5): 199-206.
- Freitas, C. A., Silva, A. S., Alves, C. N., Nascimento, W. M., Lopes, A. S., Lima, M. O., & Müller, R. (2016). Characterization of the fruit pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia*) of seven different genotypes and their rankings using statistical methods PCA and HCA. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 27, 1838-1846.
- Fuentes, M., Sepúlveda, C., Alarcón, M., Palomo, I., & Fuentes, E. (2018). *Buddleja globosa* (matico) prevents collagen-induced platelet activation by decreasing phospholipase C-gamma 2 and protein kinase C phosphorylation signaling. *Journal of traditional and complementary medicine*, 8(1), 66-71.
- Goicochea, R. C. C., Carolim, M. M. L., & Teodoro, J. R. C. (2021). Propiedades funcionales de productos tradicionales congelados y secados al sol de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas): Una revisión. *Puriq*, 2(3).
- Hernández, M.; Carrillo, M.; Barrera, J.; Fernández-Trujillo, J. (2011). Camu-camu (*Myrciaria dubia* Kunth McVaugh). In: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Woodhead Publishing. Cambridge, USA.
- Ibarz, A.; Barbosa, C. (1999). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos*. Technomic Publishing Company, Inc U.S.A. España.
- Ibarz, A.; Barbosa, G.; Garza, S.; Gimeno, V.; Ma, L.; Barletta, B. *Métodos Experimentales en la Ingeniería Alimentaria*. Washington State University, Universidad de Lleida. España.

- Ibarz, A.; Barbosa, G. (2005). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Ismail, H. A. (2018). Evaluation of date compote prepared with different levels of dibs and milk. *Egyptian Journal of Nutrition*, 33(2), 1-31.
- Ingaroca, S.; Castro, A.; Ramos, N. (2019). Composición química y ensayos de actividad antioxidante y del efecto fungistático sobre *Candida albicans* del aceite esencial de *Piper aduncum* L. "Matico". Instituto de Investigación en Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales "Juan de Dios Guevara", Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Karakashova, L., Bogdanovska, V., Stojanov, M., Babanovska Milenkovska, F., Velkoska-Markovska, L., & Stamatovska, V. (2022). *Total anthocyanins in fresh fruit and compote of "Oblacinska" sour cherry (Prunus cerasus L.)*. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 76(3), 25-30. [https://doi.org/10.55302/JAFES22763025k​;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/10.55302/JAFES22763025k​;contentReference[oaicite:0]{index=0})
- Kotha, R. R., Tareq, F. S., Yildiz, E., & Luthria, D. L. (2022). *Oxidative stress and antioxidants—A critical review on in vitro antioxidant assays*. **Antioxidants**, 11(12), 2388. <https://doi.org/10.3390/antiox11122388>
- Kubo, M., Rojas, M., Miano, A., & Augusto, P. (2020). Chapter 1: rheological properties of tomato products, in tomato chemistry, industrial processing and product development, 2019. *Food Chemistry*, 10(2019), 1-25.
- Lavy, A. (2016). "Utilización de carne de llama (*Lama glama*) y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en butifarra dulce". Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú
- Lim, T. (2016). *Edible medicinal and non-medicinal plants*. Vol. 10. Ed. Springer, Londres.
- Lukhmana, N., Kong, F., Kerr, W. L., & Singh, R. K. (2018). Rheological and structural properties of tart cherry puree as affected by particle size reduction. *LWT*, 90, 650-657.

- Maieves, H. A., Bosmuler Züge, L. C., Scheer, A. D. P., Ribani, R. H., Morales, P., & Sánchez-Mata, M. C. (2017). Physical properties and rheological behavior of pseudofruits of *Hovenia dulcis* Thunb. in different maturity stages. *Journal of texture studies*, 48(1), 31-38.
- Marreros, R.; Diaz, S. (2016). “Compota a base de dos variedades de platano *Musa paradisiaca* (Plátano Isla) y *Musa alisanaya* (Plátano Pildorita) enriquecido con frutas de la región”. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Perú.
- Medina Ochoa, M. A. (2022). Efecto del tiempo de soleado de la oca (*Oxalis tuberosa*), sobre la capacidad antioxidante y concentración de los azúcares.
- Mendoza-Palencia, O. J., Pérez-Sierra, O. A., Torres-Gallo, R., Ortega-Quintana, F. A., Montes-Montes, E. J., & Andrade, R. D. (2018). Effect of maltodextrin and gum Arabic concentration on the rheological behavior of sapote (*calocarpum sapota merr*) pulp. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 16(S), 138-141.
- Mishra, P., Mishra, S., & Mahanta, C. L. (2020). *Stability of bioactive compounds in food matrices: A review on the role of natural antioxidants*. *Journal of Food Chemistry*, 328, 127102.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127102>
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127102>
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and analysis of experiments (10th ed.)*. Wiley.
- Navas, C. (2009). “Diseño de la Línea de Producción de Compotas de Banano”
- Noboa, G.; Cruz, A.; Hernández, T. (2007). *Nuevos Productos de Exportación*.
- Noche, C. D. T., & Trujillo, R. D. (2023). Extruido a base de Camote y Uva red globe mediante el diseño de mezclas. *RevIA*, 13(15), 3-9.
- Noui, Y. (2017): *Produits Alimentaires Élaborés à Base de Dattes*, Thesis Batna University,
- Obradović, V., Ravančić, M. E., Marčetić, H., & Škrabal, S. (2020). Properties of strawberries puree stored in the freezer. *Italian Journal of Food Science*, 32(4).
- Ore Areche, F., Aguirre Huayhua, L. L., & Ticsihua Huaman, J. (2020). Efeito do tempo e da temperatura na desidratação de oca (*Oxalis tuberosa* mol.) Através

- de cama fluidizada para obter farinha. Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria, 4(12), 200-210.
- Ore Areche, F., Flores, D. D. C., Quispe-Solano, M. A., Nayik, G. A., Cruz-Porta, E. A. D. L., Rodríguez, A. R., ... & Chweya, R. (2023). Formulation, characterization, and determination of the rheological profile of loquat compote *Mespilus Germánica* L. through sustenance artificial intelligence. *Journal of Food Quality*, 3344539.
<https://doi.org/10.1155/2023/3344539>​;contentReference[oaicite:1]{index=1}
- Paco, K.; Ponce, L; Lopez, M; Aguilar, J. (2016). Determinación del efecto cicatrizante de *Piper aduncum* (matico) en fibroblastos humanos. Lima, Perú.
- Panziera F; Dorneles M; Durgante P; Silva V. Avaliação da ingestão de minerais antioxidantes em idosos. *Rev Bras Geriatr Gerontol* 2011; 14(1): 49-58
- Pérez, A., & Mera, T. (2020). Formulation of compote based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) and mango Kent (*Mangifera indica*). *Functional Food Science and Technology Journal*, 2(1), 43-55.
- Pilamala, A., Reyes, J., Cerda, L., & Moreno, C. (2018). Harvesting of andean crops camote (*ipomoea batata*) and oca (*oxalis tuberosa*) in the improvement of the texture of an apple-based compote variety emilia (*malus communis*-yellow reed of blenheim). *Agroindustrial Science*, 8(1), 7-13.
- Prevedello, M. T.; Comachio, G. (2021). Antioxidantes e sua relação com os radicais livres, e Doenças Crônicas Não Transmissíveis: uma revisão de literatura Antioxidants and their relationship with free radicals, and Chronic Non communicable Diseases: a literature review. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 55244-55285.
- Quintero, M., Mujica, A., Linarez, M., Toyo, M., & Acosta, Y. (2021). Gelling effect of *gracilaria debilis* agar in the preparation of loquat (*manilkara zapota*) compote. vol, 48, 195-202.
- Reyes J. (2015). Aprovechamiento de cultivos andinos camote (*Ipomoea batata*) y Oca (*Oxalis tuberosa*) en el mejoramiento de la textura de una compota a base

- de manzana variedad emilia (*Malus communis* –Reineta amarilla de Blenheim). Universidad Técnica De Ambato. Ambato –Ecuador.
- Rodríguez, D. (2013). “Elaboración de una compota a partir de Mashua blanca (*Tropaeolum tuberosum*) y Camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando dos tipos de endulzantes (Miel de Abeja y Panela) a tres concentraciones”. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Latacunga – Ecuador
- Ruíz, M.: Mejía, F. (2020). Plantas utilizadas en medicina tradicional para afecciones respiratorias virales. *Revista de Investigación Científica REBIOL* Número 40 (1): 109 – 130.
- Sahraee, S., Ghanbarzadeh, B., & Falcone, P. M. 2022). Application of mixture design methodology for development of high antioxidant fruity functional beverage. *Food Science & Nutrition*, 10(7), 2245-2254. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2834>
- Schauss, A. G., Wu, X., Prior, R. L., Ou, B., Patel, D., Huang, D., & Kababick, J. P. (2006). Antioxidant capacity and phenolic content of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and powder as determined by ORAC and HPLC analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8598-8603. [https://doi.org/10.1021/jf0609779​;contentReference\[oaicite:3\]{index=3}](https://doi.org/10.1021/jf0609779​;contentReference[oaicite:3]{index=3})
- Silva, D. C. S., Braga, A. C. C., Lourenço, L. F. H., Rodrigues, A. M., & Peixoto Joele, M. R. S. (2017). Rheological behavior of mixed nectars of pineapple skin juice and tropical fruit pulp. *International Food Research Journal*, 24(4).
- Steffe, J. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. 2da ed. Freeman Press. Michigan. USA.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)

- Suwalsky, M., Duguet, J., & Speisky, H. (2017). An in vitro study of the antioxidant and antihemolytic properties of *Buddleja globosa* (Matico). *The Journal of Membrane Biology*, 250(3), 239-248.
- Temagoult, A., Zitouni, B., Noui, Y., Belkhir, B. S., & Bensadi, F. Z. (2022). THE COOKING INFLUENCE ON THE CHARACTERISTICS OF COMPOTES BASED ON PRICKLY PEAR AND DATE SYRUPS. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 23(4), 321-332.
- Tian, S., Wei, Y., & Chen, Z. (2022). Effect of mixture design approach on nutritional characteristics and sensory evaluation of steamed bread added rice flour. *Frontiers in Nutrition*, 9, 989090. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.989090>
- Tupac, R.; Muñoz, R.; Huaraca, S.; Porras, M. (2020). Bebida funcional a base de Matico y Eucalipto con Estevia. Universidad San Ignacio de Loyola
- U.S. Department of Agriculture. (2019). FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov/>
- Valverde, G. (2014). Capacidad antioxidante del extracto acuoso de tres variedades tipo amarilla, anaranja y morado de *Ipomoea Batatas* (camote) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Vidal, A.; Zaucedo, A.; Ramos, M. (2008). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas*L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 19, núm. 2.
- Zimmermann A, Kirsten V. (2008). Alimentos com função antioxidante em doenças crônicas: uma abordagem clínica. *Disc Scientia*; 9(1): 51-68.

VII. ANEXOS.

ANEXO 1.
ELABORACION DE LA COMPOTA.

MATERIAS PRIMAS.



OBTENCION DE PULPAS.



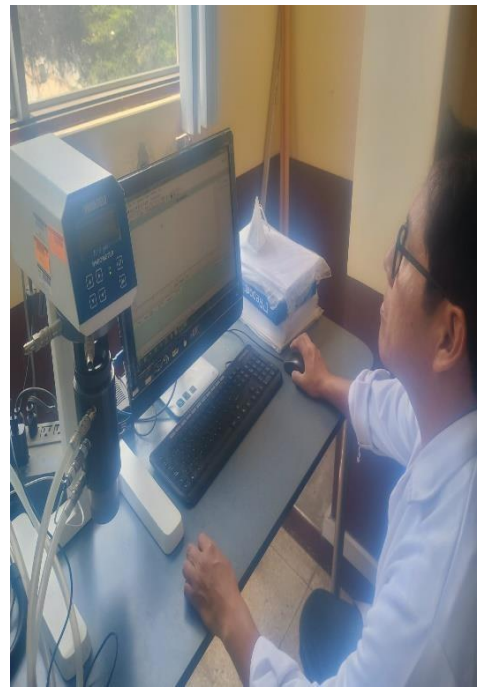
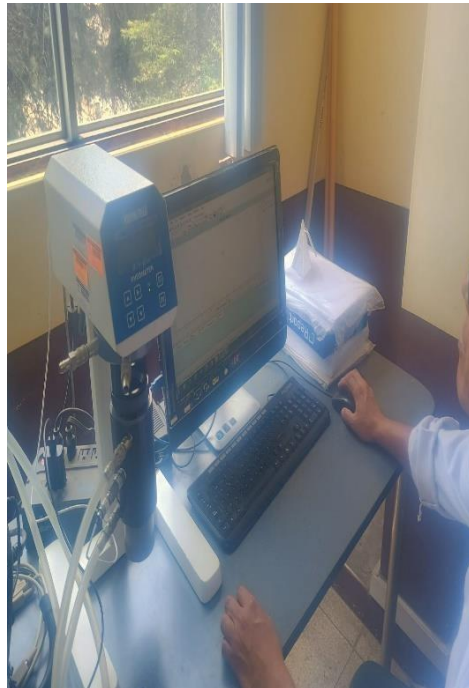
PREPARACION Y FORMULACION DE COMPOTAS



ESTERILIZACION DE COMPOTAS



ANEXO 2
MEDICION DE VISCOSIDAD DE COMPOTAS



ANEXO 3

MEDICION DE VITAMINA C DE COMPOTAS



ANEXO 4

DATOS DEL ANALISIS SENSORIAL

Tratamiento	Panelista	Sabor	Olor	Color	Apariencia general
T1	P1	6.8	6.1	7.1	7.4
T1	P2	6.4	6.1	7.6	7.0
T1	P3	6.3	6.5	6.6	6.4
T1	P4	6.6	5.2	5.9	6.3
T1	P5	6.0	6.4	6.4	5.9
T1	P6	7.2	6.1	6.8	5.9
T1	P7	6.2	6.3	6.2	6.8
T1	P8	6.2	6.1	6.5	7.5
T1	P9	6.5	5.7	7.2	6.0
T1	P10	6.6	5.2	6.1	6.7
T1	P11	6.9	6.3	6.7	6.5
T1	P12	5.8	5.8	6.6	7.1
T1	P13	6.7	5.3	7.0	6.4
T1	P14	6.2	6.5	7.3	7.1
T1	P15	6.1	6.1	7.0	7.1
T1	P16	6.3	6.1	6.3	6.0
T1	P17	6.9	6.9	6.8	7.1
T1	P18	6.7	5.9	7.0	7.4
T1	P19	6.5	7.0	5.5	7.0
T1	P20	6.5	6.1	6.9	5.6
T1	P21	6.4	6.4	7.5	6.3
T1	P22	6.1	6.0	7.3	6.8
T1	P23	6.2	6.5	6.9	7.1
T1	P24	6.2	6.0	6.6	5.9
T1	P25	6.7	6.3	6.8	6.5
T1	P26	5.8	6.0	6.6	6.2
T1	P27	6.4	6.4	7.7	6.7
T1	P28	6.6	6.2	5.8	6.6
T1	P29	6.5	7.4	6.7	6.8
T1	P30	6.5	5.6	7.4	7.0
T2	P1	7.1	6.0	7.6	6.1
T2	P2	7.0	7.5	6.4	6.5
T2	P3	6.8	6.2	6.1	6.8
T2	P4	6.2	6.6	6.4	7.6
T2	P5	6.3	6.2	7.3	6.2
T2	P6	6.8	7.1	6.1	6.9
T2	P7	6.8	6.8	6.3	6.1
T2	P8	7.0	6.6	7.0	7.0

T2	P9	6.4	6.5	7.1	6.4
T2	P10	7.6	6.6	6.3	7.1
T2	P11	6.2	6.8	7.5	6.4
T2	P12	7.2	6.6	7.3	7.8
T2	P13	6.6	6.0	6.5	6.4
T2	P14	6.7	6.6	7.0	7.2
T2	P15	6.7	7.1	6.8	8.2
T2	P16	7.0	6.0	6.4	7.0
T2	P17	6.6	6.8	7.1	6.8
T2	P18	6.3	5.6	6.7	7.2
T2	P19	6.8	5.8	7.0	7.0
T2	P20	6.3	6.5	6.9	6.2
T2	P21	6.9	6.7	7.4	7.3
T2	P22	6.0	5.9	7.2	7.1
T2	P23	7.0	8.3	7.2	7.4
T2	P24	7.2	6.7	6.7	7.2
T2	P25	6.3	6.3	6.7	6.8
T2	P26	7.9	5.5	7.2	6.0
T2	P27	6.5	6.9	6.9	6.3
T2	P28	6.3	6.7	6.5	6.9
T2	P29	6.7	6.1	8.0	7.1
T2	P30	5.7	6.5	6.6	7.2
T3	P1	6.8	6.9	7.7	7.7
T3	P2	6.6	6.8	7.2	7.0
T3	P3	8.1	7.2	6.8	7.8
T3	P4	8.3	7.5	6.6	7.1
T3	P5	7.8	6.7	7.6	7.7
T3	P6	6.7	7.0	5.8	6.8
T3	P7	7.1	6.4	8.2	6.6
T3	P8	7.0	7.1	8.1	6.6
T3	P9	7.8	7.0	6.9	7.5
T3	P10	7.3	6.7	7.4	7.1
T3	P11	7.3	7.3	8.2	6.7
T3	P12	8.3	6.0	7.3	7.6
T3	P13	7.3	6.7	7.3	7.1
T3	P14	6.9	7.4	7.6	7.0
T3	P15	7.7	7.2	7.8	7.6
T3	P16	6.8	6.7	7.8	7.6
T3	P17	7.2	7.1	8.0	7.0
T3	P18	7.5	6.9	7.3	7.9
T3	P19	7.6	7.4	8.1	7.3
T3	P20	7.5	6.8	7.6	7.2
T3	P21	7.3	7.3	7.0	8.4
T3	P22	6.7	6.4	8.0	7.7

T3	P23	7.5	7.3	7.4	6.9
T3	P24	7.2	6.7	7.9	7.2
T3	P25	6.8	6.8	7.6	7.0
T3	P26	6.8	7.1	7.5	7.1
T3	P27	7.0	7.1	6.7	6.6
T3	P28	6.8	6.9	7.6	8.0
T3	P29	7.6	6.9	7.4	6.8
T3	P30	7.2	6.9	7.6	6.9
T4	P1	8.3	8.7	8.1	8.4
T4	P2	8.4	7.7	8.2	8.2
T4	P3	8.1	7.5	8.1	8.5
T4	P4	8.7	8.4	9.2	7.8
T4	P5	8.4	8.0	9.2	7.8
T4	P6	7.6	7.6	7.0	7.9
T4	P7	7.6	8.0	8.3	9.1
T4	P8	8.5	7.6	7.7	8.5
T4	P9	7.3	8.8	8.7	8.0
T4	P10	7.1	8.6	8.0	8.8
T4	P11	7.2	7.6	8.1	8.2
T4	P12	7.8	8.2	7.6	8.1
T4	P13	8.1	8.2	8.5	7.6
T4	P14	7.2	8.5	8.3	7.8
T4	P15	8.8	8.0	8.7	8.2
T4	P16	9.0	8.8	8.0	8.7
T4	P17	8.3	8.6	7.6	8.5
T4	P18	8.5	7.0	7.5	7.2
T4	P19	7.9	8.3	8.9	8.2
T4	P20	8.8	7.2	7.3	8.2
T4	P21	8.2	7.9	7.1	8.2
T4	P22	7.4	8.2	8.3	7.7
T4	P23	7.7	7.4	8.1	8.7
T4	P24	7.5	8.2	7.8	7.8
T4	P25	8.0	7.4	7.8	7.6
T4	P26	9.0	7.9	7.8	8.3
T4	P27	7.9	7.8	8.4	8.6
T4	P28	7.7	7.6	8.0	7.1
T4	P29	7.2	8.6	8.9	8.1
T4	P30	8.3	8.1	9.6	8.8
T5	P1	8.0	7.5	7.4	8.4
T5	P2	7.7	7.3	7.9	7.8
T5	P3	8.9	8.4	8.2	9.0
T5	P4	8.1	7.6	9.0	8.6
T5	P5	7.6	7.9	7.8	7.6
T5	P6	8.6	9.0	7.5	8.6

T5	P7	7.8	7.8	7.9	7.9
T5	P8	8.1	7.6	8.3	8.3
T5	P9	8.0	7.6	7.9	8.7
T5	P10	8.4	7.5	8.3	8.7
T5	P11	7.3	8.3	7.9	8.6
T5	P12	7.7	7.1	7.4	8.3
T5	P13	8.2	7.6	8.5	7.5
T5	P14	8.1	7.4	7.9	8.3
T5	P15	7.7	7.8	8.7	8.0
T5	P16	8.5	7.4	8.5	9.0
T5	P17	6.9	7.6	8.5	8.2
T5	P18	8.3	7.7	8.2	8.2
T5	P19	8.7	8.1	8.4	8.1
T5	P20	7.9	7.8	8.4	8.1
T5	P21	8.2	9.0	8.6	8.1
T5	P22	8.7	7.8	7.2	7.8
T5	P23	7.2	7.8	8.2	9.1
T5	P24	8.3	7.9	8.6	7.2
T5	P25	8.2	8.4	7.5	8.9
T5	P26	8.3	7.8	8.5	9.4
T5	P27	8.2	8.1	8.0	7.9
T5	P28	8.5	7.6	8.2	8.1
T5	P29	8.3	8.2	8.7	8.0
T5	P30	8.0	7.5	8.0	8.5
T6	P1	8.3	7.3	8.4	8.7
T6	P2	8.1	8.7	7.6	7.4
T6	P3	7.0	8.6	8.3	8.0
T6	P4	8.0	7.2	9.2	8.1
T6	P5	8.0	8.2	8.2	8.1
T6	P6	7.5	8.0	8.9	8.7
T6	P7	8.7	7.5	7.5	7.9
T6	P8	7.9	8.4	7.2	8.8
T6	P9	7.8	7.6	7.5	7.2
T6	P10	8.3	7.8	7.4	7.4
T6	P11	7.7	8.6	7.9	7.3
T6	P12	7.8	7.7	6.7	8.0
T6	P13	7.8	8.2	8.9	8.6
T6	P14	7.8	7.3	9.3	8.0
T6	P15	7.9	7.8	8.1	7.9
T6	P16	7.6	7.5	8.0	7.7
T6	P17	7.5	7.9	7.9	8.8
T6	P18	6.6	8.4	8.6	7.0
T6	P19	7.7	7.6	7.3	7.6
T6	P20	7.3	8.7	8.5	8.6

T6	P21	8.3	7.2	7.7	8.2
T6	P22	7.3	8.2	7.9	7.8
T6	P23	8.3	8.0	7.8	8.6
T6	P24	7.4	8.1	8.3	7.9
T6	P25	8.1	7.2	8.5	7.9
T6	P26	7.6	8.3	7.7	7.3
T6	P27	7.1	8.1	7.4	8.9
T6	P28	6.9	8.7	8.1	8.0
T6	P29	7.6	8.0	8.0	8.6
T6	P30	8.0	7.9	7.8	8.0