



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Alimentos

Caracterización fisicoquímica de la Granadilla de Quijo (*Passiflora
popenovii*) y estudio de su potencial en la producción de bebidas
alcohólicas

Trabajo previo a la obtención del grado académico de Ingeniera en
Alimentos

Milena Elizabeth Buele González

Ing. Diego Patricio Suárez Estrella Ph. D.

Cuenca – Ecuador

2026

DEDICATORIA

A mi mami,

La Sra. Jenny Sofía, quien ha sido el pilar esencial de mi formación personal y profesional. Más allá de brindarme un amor incondicional, me inculcó las lecciones más valiosas de la vida, forjando en mí el carácter, la disciplina y los principios que hoy me permiten alcanzar este logro.

En los momentos más difíciles, cuando regresaba a casa sintiéndome incapaz y con el corazón lleno de dudas, fue ella quien me sostuvo. Fue la única persona que me miró a los ojos y, con una certeza inquebrantable, me dijo que creía en mí ciegamente. Esa fe inmensa y ese amor infinito se convirtieron en el impulso que siempre necesité para volver a mi centro, reencontrarme conmigo misma y poner nuevamente mis pies sobre la tierra.

Agradezco profundamente cada corrección, cada límite y cada decisión que tomó por mí; incluso aquellas que, en su momento, no lograba comprender. Hoy reconozco que cada una de esas acciones formó en mí el criterio, la madurez, la fortaleza y la claridad necesarias para tomar buenas decisiones y avanzar con firmeza hacia mis metas.

Es mi mayor inspiración y la mujer que más admiro. Más allá de que su nombre, Sofía, evoque paz y sabiduría, para mí representa refugio, fortaleza y esperanza. A Dios le pido siempre la gracia de poder volver a ella cuando sienta que mi mundo se desvanece; porque es en sus abrazos donde encuentro consuelo, calma y la certeza de que todo puede sanar.

Este logro no solo me pertenece, sino que también es el reflejo de todo lo que ella ha sembrado en mí. Como las orquídeas que tanto ama; símbolo de elegancia, delicadeza y grandeza, su esencia florece en cada paso que doy. Su compañía ha sido, y será siempre, la luz que ilumina mi sendero; el amor que sostiene mis caídas y la fuerza silenciosa que impulsa cada uno de mis sueños.

Te amo inmensamente mami.

AGRADECIMIENTOS

A la Virgencita de la Nube, por acompañarme en cada paso de este camino y por concederme la fortaleza, el amor y la esperanza necesarios para alcanzar esta meta. Gracias por escuchar mis silencios, sostener mis lágrimas.

A mis padres: a mi madre, Jenny Sofía, por ser la base esencial de cada una de mis decisiones; por sostenerme aun en mis días más difíciles y por cada sacrificio silencioso que hoy se transforma en este logro que me permite verme como una profesional. Sus oraciones han sido mi refugio y mi protección constante, envolviéndome siempre con fe, amor y esperanza. Gracias por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba de mis capacidades; por ser mi calma en medio del caos y la voz que siempre me recordó quién soy y hasta dónde puedo llegar. A mi padre, Mauro Benjamín, por enseñarme el valor del trabajo honesto, el esfuerzo y la dignidad de alcanzar cada meta por mérito propio.

Gracias a los dos por amarme de una manera tan inmensa, por no soltarme nunca y por cuidar con tanto cariño a mi Susu. Todo lo que hoy soy lleva, inevitablemente, una parte de ustedes.

A mis hermanos, por recordarme siempre cuánto me aman y por convertirse, además de familia, en mis amigos incondicionales. A Sofía, por su cuidado y dedicación durante mi infancia, por cada gesto de ternura y protección que marcó mi vida; a Jorge, por su apoyo constante y por impulsarme siempre a cumplir mis metas; a Patricio, por acompañarme en largas noches de estudio, por formar parte de los recuerdos más valiosos de mi infancia y por motivarme a no rendirme jamás; y a Mauro, por demostrarme su cariño con sus motos y por compartir conmigo aquello que ama. Cada uno de ustedes ocupa un lugar irremplazable en mi corazón y en esta historia.

A mis padrinos, María y Klever, por su apoyo constante a lo largo de esta trayectoria; por abrirme siempre las puertas de su hogar y de su corazón. Gracias por ayudarme a encontrar soluciones cuando sentía no tenerlas y por guiarme con sabiduría y cariño.

A todos ellos, mi más profundo e infinito agradecimiento por ser parte fundamental de este logro; porque detrás de cada meta alcanzada existe el amor de quienes sostuvieron el camino, y ustedes han sido, sin duda, la fuerza más grande que me permitió llegar hasta aquí.

RESUMEN

La escasa información científica sobre las propiedades fisicoquímicas y el potencial de industrialización de la granadilla de Quijo limita su aprovechamiento tecnológico en el desarrollo de productos con valor agregado. Por ello, se realizó la caracterización fisicoquímica y proximal del fruto en diferentes estados de madurez, así como la evaluación de su potencial para la obtención de una bebida alcohólica mediante maceración. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en pH, sólidos solubles y acidez titulable, observándose durante la maduración un incremento de sólidos solubles y pH, acompañado de una disminución de la acidez titulable. El análisis proximal mostró mayor contenido de humedad en la pulpa, mientras que la semilla presentó mayores contenidos de cenizas, sólidos totales y grasa; además, el rendimiento de pulpa fue cercano al 42 %. El diseño factorial 2^3 demostró que la cantidad de pulpa y la concentración de azúcar influyeron significativamente en la aceptabilidad sensorial, mientras que el tiempo de maceración no presentó efecto significativo. En conclusión, Granadilla de Quijo presenta aptitud tecnológica para la elaboración de bebidas alcohólicas, constituyéndose como una alternativa viable para su aprovechamiento agroindustrial.

Palabras clave: *Passiflora popenovii*; maceración alcohólica; caracterización fisicoquímica; análisis sensorial; optimización experimental

ABSTRACT

The limited scientific information regarding the physicochemical properties and industrialization potential of Granadilla de Quijo restricts its technological utilization in the development of value-added products. Therefore, physicochemical and proximal characterization of the fruit at different maturity stages was carried out, along with the evaluation of its potential for alcoholic beverage production through maceration. The results showed significant differences ($p < 0,05$) in pH, soluble solids, and titratable acidity, with fruit maturation leading to an increase in soluble solids and pH, accompanied by a decrease in titratable acidity. Proximal analysis revealed higher moisture content in the pulp, whereas the seeds exhibited higher ash, total solids, and fat contents; additionally, pulp yield was approximately 42%. The 2^3 factorial design demonstrated that pulp concentration and sugar concentration significantly influenced sensory acceptability, while maceration time showed no significant effect. In conclusion, Granadilla de Quijo exhibits technological suitability for alcoholic beverage production, representing a viable alternative for agro-industrial utilization.

Keywords: *Passiflora popenovii*; alcoholic maceration; physicochemical characterization; sensory analysis; experimental optimization

Índice de Contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
Índice de Contenidos.....	vi
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Imágenes.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Contexto y justificación.....	1
1.2 Definición taxonómica y botánica de granadilla de Quijo.....	1
1.3 Familia botánica: Passifloraceae.....	2
1.4 Morfología de la granadilla de Quijo.....	2
1.5 Composición y propiedades del género Passiflora.....	3
1.5.1 Propiedades fisicoquímicas del fruto.....	3
1.5.2 Compuestos fenólicos y fitoquímicos.....	4
1.5.3 Carbohidratos, lípidos y otros metabolitos.....	4
1.5.4 Vitaminas y minerales.....	4
1.5.5 Perfil nutricional comparativo del género.....	4
1.5.6 Fundamentación fitoquímica y variabilidad metabólica.....	5
1.6 Maceración alcohólica como alternativa tecnológica.....	5
CAPÍTULO II.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
2.1 Materiales.....	7
2.2 Métodos.....	7
2.2.1 Proceso de maceración del fruto.....	7
2.2.2 Diseño experimental y variables de evaluación.....	8
2.2.3 Determinación de textura del fruto.....	9
2.2.4 Determinación de color del fruto.....	9
2.2.5 Determinación de pH del fruto.....	10
2.2.6 Determinación de sólidos solubles del fruto.....	10

2.2.7 Determinación de acidez titulable del fruto.....	10
2.2.8 Determinación del índice de madurez del fruto (IM).....	11
2.2.9 Determinación de sólidos totales, cenizas y humedad	11
2.2.10 Determinación del contenido de grasa del fruto.....	13
2.2.11 Determinación del contenido de fibra del fruto.....	14
2.2.12 Determinación del rendimiento del fruto.....	14
2.2.13 Evaluación sensorial del macerado del fruto.....	15
2.2.14 Optimización del macerado del fruto	16
2.2.15 Determinación de parámetros fisicoquímicos del macerado del fruto	17
2.2.16 Análisis estadístico	17
CAPÍTULO III	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
3.1 Análisis fisicoquímicos aplicados a la pulpa del fruto	19
3.2 Análisis del fruto de la granadilla de Quijo.....	25
3.2.1 Textura.....	25
3.2.2 Análisis proximal en pulpa y semilla	26
3.3 Rendimiento del fruto.....	28
3.4 Aceptabilidad del macerado de granadilla de Quijo en función del análisis sensorial	28
3.5 Optimización del macerado.....	31
CONCLUSIONES.....	36
LISTA DE REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	45

Índice de Tablas

Tabla 1. Características fisicoquímicas de la pulpa de granadilla de Quijo	23
Tabla 2. Análisis proximal de la pulpa y semilla de la granadilla de Quijo	28
Tabla 3. Resultados del análisis sensorial y utilidad y del macerado en función del diseño experimental	29
Tabla 4. Medianas de las evaluaciones sensoriales de OPT	32
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del macerado	33

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de Pareto de los efectos estandarizados de los factores del diseño experimental sobre la aceptabilidad sensorial del macerado.....	31
Figura 2. Comparación de la Función de utilidad de las muestras M1–M12 con la optimizada (OPT)	32

Índice de Imágenes

Imagen 1. Granadilla de Quijo	2
Imagen 2. Muestras de granadillas de Quijo	7
Imagen 3. Ficha de análisis sensorial	15

Índice de Anexos

Anexo 1. Diseño experimental	45
Anexo 2. Medianas de las evaluaciones sensoriales.....	46

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.1 Contexto y justificación

La granadilla de Quijo (*Passiflora popenovii*) es una especie de la familia Passifloraceae que crece de forma silvestre en Ecuador y Colombia (Carneiro Vieira & Sampaio Carneiro, 2005). En Ecuador, esta especie se encuentra incluida en el Libro Rojo de Plantas Endémicas, debido a su condición de amenaza (León-Yáñez et al., 2019). A pesar de sus características sensoriales y de su potencial nutricional, su aprovechamiento en la industria alimentaria es prácticamente inexistente, principalmente por su limitada distribución geográfica, el desconocimiento del fruto y la ausencia de investigación aplicada orientada a su transformación tecnológica.

La limitada incorporación de la granadilla de Quijo en la matriz productiva nacional ha significado el desaprovechamiento de este recurso endémico, limitando su valorización económica y tecnológica. La falta de información científica sobre sus propiedades físicas y químicas dificulta el desarrollo de procesos de transformación que permitan su aprovechamiento como materia prima para productos alimenticios o bebidas. En este sentido, resulta necesario generar información analítica que caracterice este fruto y permita evaluar su viabilidad tecnológica en aplicaciones industriales.

1.2 Definición taxonómica y botánica de granadilla de Quijo

Passiflora popenovii Killip es una especie del género *Passiflora*, perteneciente a la familia Passifloraceae. Es originaria de Colombia y Ecuador, países donde se sigue cultivando (Carneiro Vieira & Sampaio Carneiro, 2005). La fracción comestible del fruto corresponde al arilo, que se consume principalmente en fresco (de Macvean & Macdougall, 2012). En Ecuador se ha registrado su presencia en las provincias de El Oro, Pichincha y Tungurahua según el Libro Rojo de Plantas Endémicas (León-Yáñez et al., 2019).

El género *Passiflora* agrupa cerca de 600 especies, de las cuales aproximadamente el 95% tiene origen americano, con una distribución predominante en Centro y Sud América. Dentro de este conjunto taxonómico, más de 60 especies producen frutos aptos para el consumo humano, y alrededor de 25 son aprovechadas mediante cultivo. En este contexto, *Passiflora popenovii* forma parte del grupo de especies cuyos frutos se utilizan

de manera local, junto con *P. tripartita*, *P. tarminiana*, *P. maliformis*, *P. alata*, *P. hannii*, *P. laurifolia* y *P. setacea* (Franco-Mora et al., 2025).

1.3 Familia botánica: Passifloraceae

La familia Passifloraceae se encuentra dominada taxonómicamente por el género *Passiflora*, el cual agrupa cerca de 750 especies, de las cuales aproximadamente 500 se desarrollan en estado silvestre (de Macvean & Macdougall, 2012). En el territorio ecuatoriano están representados los tres géneros reconocidos de esta familia: *Ancistrothyrsus*, *Dilkea* y *Passiflora*, siendo este último el de mayor diversidad, con 94 especies nativas y 34 endémicas registradas (Almeida Cançado et al., 2013).

1.4 Morfología de la granadilla de Quijo

Desde el punto de vista botánico, *Passiflora popenovii* Killip corresponde a una liana perenne que presenta un crecimiento activo, con una estrategia de trepado basada en zarcillos. El eje vegetativo está conformado por tallos de superficie lisa y sección cilíndrica, acompañados de estípulas estrechas y caducas que alcanzan aproximadamente 1 cm de longitud. El follaje se caracteriza por láminas foliares glabras, cuya forma varía de ovalada a elíptica, con dimensiones que oscilan entre 7–18 cm de largo y 3–12 cm de ancho. Las hojas poseen textura subcoriácea, nervadura pinnada, bases redondeadas u obtusas y un ápice prolongado de tipo triangular acuminado. Los pecíolos, también glabros miden entre 1.5 y 2 cm y pueden desarrollar glándulas en ciertos individuos (Bonilla Morales et al., 2015).



Imagen 1. Granadilla de Quijo

El sistema reproductivo se manifiesta en flores que se disponen de manera aislada sobre la rama y adoptan una orientación colgante, además de emitir un aroma perceptible. La envoltura externa está compuesta por un cáliz con un tubo basal reducido (1.5 cm), del cual emergen cinco sépalos de tonalidad rojiza y morfología oblonga, con longitudes entre 2 y 4 cm. La corola incluye cinco pétalos blancos, más estrechos que los sépalos, pero de longitud comparable. La corona floral presenta una organización compleja, conformada por cuatro series de filamentos con bandas alternadas azul-purpúreas y blancas, complementadas por filamentos pilosos y ligulados con pubescencia tomentosa. El gineceo presenta un ovario de posición súpera, forma globosa y pedicelo (estípite), con una sola cavidad interna, tres o cinco carpelos fusionados y placentación de tipo parietal (Eljach Mosquera, 2009; Bonilla Morales et al., 2015).

El fruto corresponde a una baya de contorno elipsoidal, con coloración verde-amarillenta y pulpa grisácea. Se encuentra sostenido por un pedúnculo glabro de entre 6 y 12 cm de longitud y presenta un ápice redondeado. En la base del fruto se desarrolla una estructura involucral constituida por tres brácteas elípticas de 2 a 3 cm. El fruto alcanza dimensiones cercanas a 8 cm de longitud y 6 cm de diámetro. La pared externa (epicarpio) posee una textura ligeramente coriácea, mientras que el mesocarpio es carnoso y de tonalidad blanco-amarillenta. En el interior, el arilo blanquecino rodea de forma individual cada semilla y junto con su contenido, constituye la fracción comestible del fruto (Eljach Mosquera, 2009; Bonilla Morales et al., 2015).

Las semillas son numerosas y aplanadas, con una cubierta externa rígida, ornamentada y de color marrón oscuro. En su interior se localiza un endospermo de color blanquecino, acompañado de reservas energéticas constituidas por aceites y almidón (Bonilla Morales et al., 2015).

1.5 Composición y propiedades del género *Passiflora*

1.5.1 Propiedades fisicoquímicas del fruto

De acuerdo a nuestra investigación bibliográfica, no existen datos fisicoquímicos confiables que sean específicos publicados para *Passiflora popenovii*. Sin embargo, las especies del género *Passiflora* presentan una alta variabilidad fisicoquímica. La densidad del fruto oscila entre 0.44 y 0.86 g/cm³ y la pulpa representa aproximadamente el 45% de la masa total del fruto (Biassala et al., 2024).

1.5.2 Compuestos fenólicos y fitoquímicos

Los frutos del género *Passiflora* contienen polifenoles (106 mg GAE/100 g) y flavonoides (59.70 mg/100 g), aproximadamente (de Souza Silva et al., 2020). El perfil químico del género está dominado por compuestos polifenólicos, especialmente flavonoides C-glicosilados. Entre los principales compuestos identificados se encuentran vitexina, isovitexina, orientina e isoorientina (Dutra et al., 2023; Ożarowski & Karpiński, 2020).

Asimismo, se han reportado otros flavonoides como quercetina, rutina, apigenina y luteolina (Ożarowski & Karpiński, 2020). En total, se han identificado más de 110 fitoquímicos en especies del género *Passiflora*, con predominio de flavonoides y triterpenoides (He et al., 2020).

1.5.3 Carbohidratos, lípidos y otros metabolitos

Además de los compuestos fenólicos, se han identificado metabolitos como carbohidratos, ácidos grasos, saponinas, alcaloides y flavonas C-glicosiladas en especies del género *Passiflora* (Dutra et al., 2023). También se reporta la presencia de ácidos orgánicos, principalmente ácido cítrico y ácido málico (Dutra et al., 2023; Ożarowski & Karpiński, 2020).

La composición química presenta variaciones entre especies y variedades, como lo evidencia la identificación de metabolitos específicos, por ejemplo, el ácido oleanólico-3-soforósido en *P. alata* (Dutra et al., 2023). Esta diversidad química se asocia con aplicaciones farmacéuticas y nutracéuticas del género (Pereira et al., 2023).

1.5.4 Vitaminas y minerales

Los frutos de *Passiflora* contienen vitamina C y minerales esenciales como potasio y calcio (de Souza Silva et al., 2020). A nivel nutricional, distintas especies aportan minerales como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo y yodo, además de vitaminas A, C y K1, así como vitaminas del complejo B (Hoang & Le, 2024).

1.5.5 Perfil nutricional comparativo del género

No se encontraron datos nutricionales específicos para *Passiflora popenovii*. Sin embargo, especies del género presentan perfiles nutricionales diferenciados. *P. edulis f. edulis* es rica en carbohidratos, grasa, vitamina K1, potasio, fósforo y yodo; *P. edulis var. flavicarpa* presenta alto contenido de vitaminas B3, B6 y B9; mientras que *P. ligularis*

aporta proteínas, vitaminas A y C, y minerales como sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro (Hoang & Le, 2024).

El fruto de *Passiflora* puede consumirse como pulpa, semillas o jugo y aporta macro y micronutrientes relevantes para la dieta humana (Fonseca et al., 2022), incluyendo aminoácidos, ácidos grasos y minerales (Gerasimova et al., 2024).

1.5.6 Fundamentación fitoquímica y variabilidad metabólica

Los estudios fitoquímicos realizados en especies del género *Passiflora* han evidenciado la presencia de compuestos secundarios como flavonoides, saponinas, terpenos y ésteres, los cuales contribuyen al perfil funcional y aromático de estos frutos (Rojas Castaño et al., 2021). Asimismo, se ha reportado que la composición química de las pasifloras puede variar en función de las condiciones agroecológicas, lo que afecta la concentración de metabolitos presentes (Espinosa et al., 2014).

Por esta razón, la caracterización fisicoquímica de la granadilla de Quijo constituye un requisito previo para su aplicación en procesos de extracción y formulaciones alimentarias.

1.6 Maceración alcohólica como alternativa tecnológica

El proceso de maceración es una técnica utilizada para la obtención de bebidas alcohólicas aromatizadas y saborizadas mediante la extracción de compuestos solubles desde matrices vegetales en un medio hidroalcohólico. Un macerado se define como una bebida alcohólica aromatizada obtenida por la mezcla de frutas con alcohol y azúcar, donde el alcohol actúa como agente antimicrobiano cuando su concentración supera los 20 °GL (Pineda Bermeo, 2019). La eficiencia del proceso depende de variables como el tiempo de maceración, la temperatura, la proporción fruta-alcohol y el tipo de recipiente (Bordeu & Gonzalez, 2004). Se ha indicado que temperaturas entre 15 y 20 °C favorecen la conservación de compuestos aromáticos sensibles (Buvé et al., 2018).

La aplicación de este proceso a la granadilla de Quijo requiere el ajuste de la proporción de fruta respecto al solvente alcohólico, el tiempo de maceración, el grado alcohólico inicial y las condiciones de filtrado y clarificación, con el fin de maximizar la extracción de compuestos deseables. El fundamento fisicoquímico de la maceración se basa en procesos de difusión, disolución e intercambio de masa entre la fase sólida (tejido vegetal)

y la fase líquida (medio alcohólico), facilitados por la penetración del etanol en los tejidos de la fruta (Pineda Bermeo, 2019).

La maceración es una técnica de extracción sólido-líquido ampliamente utilizada para la obtención de compuestos bioactivos a partir de matrices vegetales. Este proceso se basa en la inmersión del material vegetal en un solvente líquido durante un periodo determinado, generalmente a temperatura ambiente (15–25 °C), con el objetivo de favorecer los fenómenos de difusión y transferencia de masa desde la matriz sólida hacia el medio extractante (Chuo et al., 2020). En el caso de matrices frutales con alto contenido de humedad, como los cítricos, se ha reportado que la maceración permite la extracción de compuestos químicos mediante la inmersión del material vegetal en un solvente bajo condiciones controladas de tiempo y temperatura. En este tipo de matrices, variables como el tiempo de maceración y la naturaleza del solvente son determinantes en la eficiencia del proceso de extracción (Baladraf et al., 2022).

No obstante, la evidencia científica disponible sobre la aplicación de maceración en frutas con alto contenido de agua se ha concentrado principalmente en subproductos del procesamiento frutal, tales como cáscaras, albedo o residuos agroindustriales, los cuales han sido empleados como matrices de estudio para la recuperación de compuestos bioactivos (Isa et al., 2018). En particular, para especies del género *Passiflora*, la información reportada se centra en fracciones específicas de la fruta o en subproductos, mientras que no se identifican investigaciones que describan de manera directa la maceración de frutos completos, como es el caso de la granadilla de Quijo, lo que evidencia un vacío en la literatura científica y resalta la necesidad de estudios que permitan caracterizar su comportamiento durante procesos de maceración y su potencial para la obtención de compuestos de interés.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

La granadilla de Quijo utilizada se cultivó en la provincia de El Oro, específicamente en la ciudad de Zaruma, Ecuador.

Para los análisis de los frutos, las muestras fueron organizadas desde las más verdes (F1) hasta las más amarillas (F5), pasando por estados intermedios (Ilustración 2).



F1–F5 representan los frutos en diferentes estados de madurez, ordenados de menor a mayor.

Imagen 2. Muestras de granadillas de Quijo

Para la elaboración de la bebida macerada se emplearon pulpa de la fruta mencionada, aguardiente de Santa Isabel al 45% de etanol y azúcar.

2.2 Métodos

2.2.1 Proceso de maceración del fruto

La maceración es una técnica utilizada para la obtención de bebidas alcohólicas aromatizadas mediante la extracción de compuestos solubles desde matrices vegetales en un medio hidroalcohólico. En este proceso, el alcohol actúa como solvente facilitando la extracción de compuestos presentes en el tejido vegetal y, cuando su concentración supera los 20 °GL, también cumple una función antimicrobiana (Pineda Bermeo, 2019). La eficiencia del proceso depende de variables como el tiempo de maceración, la temperatura y la proporción fruta-alcohol (Bordeu & González, 2004).

Para la elaboración del macerado de granadilla de Quijo, se utilizó pulpa de fruta, azúcar y alcohol de 45°GL. La mezcla se colocó en frascos de 500 mL y se mantuvo en maceración a 20 °C en una cámara climática (Memmert, Schwabach, Alemania).

El proceso se evaluó en tres tiempos de maceración: 1, 2 y 3 semanas, con el objetivo de observar el efecto del tiempo sobre la extracción de compuestos de la fruta. Para la adición de azúcar, la mezcla de 45°GL se diluyó mediante la adición de agua hasta obtener una concentración final de 25°GL, momento en el cual se incorporó el azúcar.

Finalizado el proceso de maceración, el producto obtenido fue filtrado y envasado en botellas de vidrio previamente esterilizadas. Posteriormente, las muestras se almacenaron en condiciones de refrigeración y protegidas de la luz, con el fin de preservar la estabilidad del macerado y evitar alteraciones en sus características fisicoquímicas y sensoriales.

2.2.2 Diseño experimental y variables de evaluación

Se empleó un diseño factorial completo 2^3 con cuatro puntos centrales (Anexo 1), con el propósito de evaluar el efecto de tres factores independientes sobre la aceptabilidad del macerado de granadilla. Los factores estudiados fueron la cantidad de pulpa, la concentración de azúcar y el tiempo de maceración, cada uno valuado en tres niveles codificados como -1 (bajo), 0 (central) y +1 (alto).

Los niveles reales de los factores corresponden a 125, 175 y 225 g de pulpa; 40, 70 y 100 g de azúcar; y 1, 2 y 3 semanas de maceración, respectivamente. Todos los tratamientos se formularon utilizando una base fija de 500 mL de aguardiente por unidad experimental, con el fin de estandarizar la relación sólido-líquido y facilitar la comparación entre los tratamientos. En términos relativos, las concentraciones de pulpa representaron aproximadamente el 25, 35 y 45 % (p/v), mientras que las concentraciones de azúcar correspondieron a 8, 14 y 20 % (p/v), respecto al volumen de aguardiente empleado.

En total se realizaron 12 corridas experimentales, conformadas por ocho tratamientos factoriales y cuatro puntos centrales, con el fin de evaluar la reproducibilidad del proceso experimental y detectar posibles efectos de curvatura en la respuesta.

La variable de respuesta del diseño experimental fue la aceptabilidad del macerado, determinada mediante evaluación sensorial del producto obtenido en cada tratamiento. Los datos experimentales fueron organizados en una matriz de medianas para cada tratamiento, con el propósito de representar de manera robusta la respuesta de los evaluadores. Posteriormente, se realizó un análisis de la función de deseabilidad para identificar la combinación óptima de los factores evaluados.

Finalmente, mediante la elaboración de un diagrama de Pareto de los efectos estandarizados (Pareto Chart of the Standardized Effects), se identificaron los factores con mayor influencia sobre la variable de respuesta, lo que permitió seleccionar el tratamiento óptimo y determinar las condiciones experimentales correspondientes al porcentaje de pulpa, porcentaje de azúcar y tiempo de maceración que generaron el mayor nivel de aceptabilidad del producto.

Las variables de aceptación evaluadas correspondieron a atributos sensoriales agrupados en cuatro categorías principales: apariencia, olfativa, gustativa y evaluación global, las cuales permitieron determinar el nivel de aceptabilidad del macerado por parte de los catadores.

La variable apariencia se evaluó específicamente en función del color, transparencia y cuerpo del producto. La variable olfativa se analizó considerando el aroma e intensidad aromática percibida. La variable gustativa se evaluó en relación con el regusto, grado alcohólico percibido, dulzor, acidez y amargor del macerado. La evaluación global correspondió a la aceptabilidad general del producto, integrando la percepción conjunta de todos los atributos sensoriales analizados.

2.2.3 Determinación de textura del fruto

La determinación de textura de la granadilla de Quijo se realizó utilizando un texturómetro (TA.XTplus, Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra) equipado con una sonda de compresión. El análisis se efectuó mediante un ensayo de perfil de textura (TPA, Texture Profile Analysis).

Para el ensayo se seleccionaron tres frutos de tamaño similar, determinados visualmente. Se aplicó un test de compresión hasta 65 mm de profundidad, registrándose los parámetros texturales correspondientes. A partir del ensayo se determinaron principalmente la elasticidad y la resistencia de corteza del fruto, con el fin de caracterizar el comportamiento mecánico de las muestras analizadas.

2.2.4 Determinación de color del fruto

La colorimetría de las muestras se determinó utilizando un colorímetro (Lovibond, Dortmund, Alemania). Se registraron los parámetros del sistema CIELAB: L* (luminosidad), a* (cromaticidad en el eje verde-rojo) y b* (cromaticidad en el eje azul-amarillo) definidos por la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE).

El análisis se realizó por triplicado en cinco muestras de fruto, con el objetivo de comparar sus características de color y seleccionar la muestra con las condiciones más adecuadas para el estudio. Previo a las mediciones, el equipo fue calibrado utilizando placas estándar de blanco. Las muestras se evaluaron bajo condiciones controladas de iluminación con el fin de minimizar variaciones en las mediciones.

2.2.5 Determinación de pH del fruto

El pH de las muestras de granadilla de Quijo se determinó por triplicado en cinco pulpas de muestras utilizando un potenciómetro (Seven Compact, Mettler Toledo, Ohio, Estados Unidos), previamente calibrado antes de cada medición. Para cada determinación se tomó una alícuota de 15 mL de pulpa, sobre la cual se realizó la medición correspondiente.

2.2.6 Determinación de sólidos solubles del fruto

El contenido de sólidos solubles de las muestras de granadilla de Quijo se determinó utilizando un refractómetro (Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos), previamente calibrado. El análisis se realizó por triplicado a la pulpa de cinco muestras con diferente estado de madurez, y los resultados se expresaron en grados Brix (°Brix).

2.2.7 Determinación de acidez titulable del fruto

La acidez titulable de la granadilla de Quijo se determinó mediante titulación ácido-base utilizando hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N como solución titulante. El análisis se realizó por triplicado.

Para el procedimiento, se pesaron 10 g de pulpa en un matraz Erlenmeyer y se diluyeron con agua destilada en un volumen equivalente al doble de la muestra. Posteriormente, se añadieron unas gotas de indicador fenolftaleína. La muestra fue titulada con NaOH 0,1 N hasta la aparición de un color rosado persistente durante aproximadamente 30 s, indicando el punto final de la titulación.

La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico, utilizando la siguiente ecuación (1):

$$\%Acidez = \frac{A * B * C}{D} * 10(1)$$

Donde:

- A es el volumen (mL) de NaOH gastado en la titulación;

- B es la normalidad de la base utilizada (0,1 N);
- C es el peso equivalente del ácido predominante de la fruta (ácido cítrico);
- D es la masa de la muestra analizada (g).

2.2.8 Determinación del índice de madurez del fruto (IM)

El índice de madurez de las muestras se determinó a partir de los resultados obtenidos en los análisis de sólidos solubles totales y acidez titulable de la pulpa del fruto. Este parámetro se utilizó como indicador del estado de maduración, considerando la relación entre el contenido de azúcares y los ácidos orgánicos presentes en la fruta.

Para el cálculo del índice de madurez se utilizaron los valores de sólidos solubles expresados en grados Brix (°Brix) y la acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico (%), previamente determinados mediante los métodos descritos en las secciones correspondientes.

El índice de madurez se calculó mediante la siguiente ecuación (2):

$$IM = \frac{SST}{AT} \quad (2)$$

Donde:

- IM es el índice de madurez del fruto;
- SST es el contenido de sólidos solubles totales;
- AT es la acidez titulable de la muestra.

2.2.9 Determinación de sólidos totales, cenizas y humedad

La determinación de sólidos totales, cenizas y humedad de la granadilla de Quijo se realizó mediante desecación e incineración de la muestra. Para este análisis se utilizó una estufa (Continental Equipment, Joo Yee Rd, Singapur) y una mufla (Nabertherm, Lilienthal, Alemania).

Inicialmente, la cápsula vacía fue secada en estufa a 103 °C durante 30 min, posteriormente enfriada en un desecador y pesada (m). Luego se pesaron aproximadamente 5 g de muestra en la cápsula (m1), para esto se usó por una parte una muestra de semilla y por otra parte una muestra de pulpa. Posteriormente, la cápsula se transfirió a la estufa y se mantuvo a 103 °C durante 3 h para completar la desecación.

Finalizado el secado, la cápsula con los sólidos totales se enfrió en un desecador y se pesó (m2). El proceso de calentamiento se repitió por periodos de 30 min hasta obtener peso constante.

Para la determinación de cenizas, la cápsula con los sólidos totales fue colocada inicialmente cerca de la entrada de la mufla para evitar pérdidas por proyección del material y posteriormente introducida completamente en la mufla. La incineración se realizó durante 2–3 h a 500 °C. Finalmente, la cápsula fue enfriada en desecador y pesada (m3), repitiendo la incineración por periodos de 30 min hasta alcanzar peso constante.

Los contenidos de sólidos totales (%ST) y cenizas (%C) se calcularon mediante las siguientes ecuaciones (3, 4):

$$\%ST = \frac{m2 - m}{m1 - m} * 100(3)$$

$$\%C = \frac{m3 - m}{m1 - m} * 100(4)$$

Donde:

- m es la masa de la cápsula vacía.
- m1 es la masa de la cápsula con la muestra.
- m2 es la masa de la cápsula con los sólidos totales después de la desecación.
- m3 es la masa de la cápsula con las cenizas.

Adicionalmente, la determinación de humedad de la pulpa y de la semilla se calculó a partir de la pérdida de masa durante el proceso de secado de sólidos totales, utilizando la siguiente ecuación (5):

$$\%H = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial} - P_{tara}} * 100(5)$$

Donde:

- Ptara es el peso de la cápsula vacía seca y limpia;
- Pinicial es el peso de la cápsula con la muestra antes del secado;
- Pfinal es el peso de la cápsula con la muestra después del secado.

Este análisis también se realizó por triplicado.

2.2.10 Determinación del contenido de grasa del fruto

La determinación del contenido de grasa de la granadilla de Quijo se realizó mediante hidrólisis ácida seguida de extracción con solvente utilizando un extractor Soxhlet (Velp Scientifica, Usmate Velate, Italia). Como reactivos se emplearon éter de petróleo, solución de HCl 4 N y agua destilada.

Previamente, el balón de extracción fue secado en una estufa a 103 °C durante 1 h, enfriado en un desecador y posteriormente pesado (m_1). Para el análisis, se pesaron 5 g de muestra previamente triturada y desecada correspondiente a la semilla del fruto, los cuales fueron colocados directamente en el digestor del equipo. A la muestra se añadieron 50 mL de HCl 4 N y se sometió a ebullición controlada en el digestor durante 1 h, manteniendo una agitación continua según las condiciones operativas del equipo.

Posteriormente, se adicionaron 150 mL de agua caliente y la mezcla fue filtrada utilizando papel filtro plegado. El residuo fue lavado con agua caliente hasta obtener reacción neutra. El papel filtro con el residuo se secó en estufa a 103 °C durante 1 h.

El papel filtro seco fue colocado en el cartucho del extractor Soxhlet y se añadió éter de petróleo como solvente de extracción. El sistema fue acoplado al balón previamente pesado y se mantuvo en ebullición constante durante 3–4 h.

Finalizada la extracción, el solvente fue eliminado y el balón con el residuo graso se secó en estufa a 103 °C, se enfrió en desecador y se pesó (m_2). El análisis se realizó por triplicado. El contenido de grasa se calculó como porcentaje de masa mediante la siguiente ecuación (6):

$$\%G = \frac{m_2 - m_1}{P_m} * 100(6)$$

Donde:

- P_m es la masa de la muestra analizada;
- m_1 es la masa del balón vacío;
- m_2 es la masa del balón con la grasa extraída.

2.2.11 Determinación del contenido de fibra del fruto

La determinación del contenido de fibra se realizó mediante el método de digestión con mezcla de ácidos utilizando un aparato de reflujo (Velp Scientifica, Usmate Velate, Italia). Se empleó una muestra previamente seca y desengrasada correspondiente a la semilla del fruto.

Para el análisis se pesaron 5 g de muestra, a los cuales se añadieron 45 mL de ácido acético glacial y 4.5 mL de ácido nítrico. La mezcla se colocó en un balón y se acopló al sistema de reflujo, manteniéndose en ebullición durante 25 min. Posteriormente, el contenido fue transferido a un crisol previamente pesado (P1). El residuo retenido se lavó con agua destilada caliente hasta obtener reacción neutra. El crisol con el residuo se secó en estufa hasta desecación completa y posteriormente se pesó (P2). El contenido de fibra se calculó mediante la siguiente ecuación (7):

$$\%F = \left(\frac{p2 - p1}{Pm} \right) * 100(7)$$

Donde:

- Pm es la masa de la muestra analizada;
- p1 es el peso del crisol;
- p2 es el peso del crisol con la fibra desecada.

2.2.12 Determinación del rendimiento del fruto

El rendimiento de la pulpa de la granadilla de Quijo se determinó mediante la separación manual de las diferentes fracciones del fruto. Para ello, se tomaron tres lotes de frutos previamente lavados con agua para eliminar cualquier impureza superficial. Cada fruto fue abierto y se separaron las fracciones correspondientes a pulpa, cáscara y semilla, las cuales fueron pesadas individualmente utilizando una balanza. A partir de estos datos se calculó el rendimiento de cada fracción, expresado como porcentaje con respecto al peso total del fruto. El porcentaje de pulpa, cáscara y semilla se determinó dividiendo el peso de cada fracción entre el peso total del fruto y multiplicando el resultado por cien. De esta manera, se obtuvo el rendimiento individual de cada componente del fruto en términos porcentuales.

El rendimiento se calculó mediante la siguiente ecuación (8):

$$\%R = \frac{P_{pulpa}}{P_{fruto}} * 100(8)$$

Donde:

- P_{pulpa} es el peso de la pulpa obtenida;
- P_{fruto} es el peso total del fruto.

El análisis se realizó por triplicado.

2.2.13 Evaluación sensorial del macerado del fruto

La evaluación sensorial del macerado de granadilla se realizó mediante una escala hedónica de 7 puntos, donde “1” indicaba una baja calificación (me disgusta mucho) y “7” una alta aceptación (me gusta mucho) (Imagen 3).

Ficha de catación del macerado de granadilla de quijo							
Agradezco su ayuda para realizar la degustación del macerado. Por favor, en el orden que se solicite deguste las muestras y marque con (x) de acuerdo con la alternativa de cada característica indicada. Muchas gracias por su colaboración y tiempo.							
Tómese el tiempo que requiera para analizar cada elemento con atención.							
NOMBRE:				FECHA:			
Seleccione una opción del 1 al 7 cada atributo, de acuerdo con lo indicado en la tabla de la escala hedónica (siendo “1” la valoración más baja y “7” la valoración más alta)							
ESCALA HEDÓNICA							
Características	1	2	3	4	5	6	7
	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
APARIENCIA							
Color							
Transparencia							
Cuerpo							
OLFATIVA							
Aroma							
Intensidad							
FASE GUSTATIVA							
Gusto - regusto							
Grado alcohólico							
Dulzor							
Acidez							
Amargor							
EVALUACIÓN GLOBAL							
Aceptabilidad general							

Firma responsable

Imagen 3. Ficha de análisis sensorial

El análisis fue llevado a cabo con la participación de 30 panelistas, quienes evaluaron las características sensoriales del producto. El análisis se llevó a cabo con la participación de 30 panelistas, quienes evaluaron las características sensoriales del producto. Durante la prueba se analizaron los atributos de apariencia, olor, sabor y aceptación global del macerado. Cada panelista recibió aproximadamente 10 mL de muestra, servidos en vasos plásticos transparentes de 2 onzas.

Los parámetros evaluados fueron: apariencia, definida como la percepción visual del producto, incluyendo color, claridad y presencia de partículas; olor, correspondiente a la intensidad y la aceptación del aroma percibido; sabor, relacionado con la percepción gustativa general del macerado; y aceptación global, entendida como la valoración general del producto considerando de manera integrada todos los atributos sensoriales. Los resultados obtenidos permitieron determinar el nivel de aceptabilidad del producto macerado.

2.2.14 Optimización del macerado del fruto

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial correspondiente a las ocho formulaciones experimentales, se identificaron aquellas muestras que presentaron los mayores niveles de aceptación por parte de los consumidores. El nivel de aceptabilidad de las muestras fue determinado de acuerdo con la metodología descrita en el apartado 2.2.2 considerando las variables sensoriales indicadas en el apartado 2.2.13 las cuales establecen los criterios de evaluación y análisis de la respuesta sensorial dentro del diseño experimental.

Con base en dichos resultados, se seleccionó la formulación con mayores funciones de utilidad, considerándose como las alternativas con mayor potencial de preferencia por parte del consumidor. Posteriormente, se procedió a la elaboración de una nueva bebida macerada a partir del modelo matemático obtenido, para establecer las nuevas condiciones experimentales.

La muestra optimizada fue sometida nuevamente a una evaluación sensorial bajo las mismas condiciones experimentales empleadas en la fase inicial, garantizando la estandarización de los parámetros de servicio y presentación. La valoración se realizó considerando las variables sensoriales previamente definidas, permitiendo comparar el

desempeño de las formulaciones evaluadas y determinar la muestra con mayor nivel de aceptación.

Los resultados obtenidos permitieron seleccionar la formulación que presentó el mejor desempeño sensorial y mayor aceptación por parte de los evaluadores, la cual fue definida como la formulación óptima de la bebida macerada.

2.2.15 Determinación de parámetros fisicoquímicos del macerado del fruto

Los parámetros fisicoquímicos se evaluaron mediante la determinación de densidad, grado alcohólico, sólidos solubles y color. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

La densidad del macerado se determinó utilizando un densímetro en una muestra de 250 mL. El grado alcohólico (% v/v) se midió mediante un densímetro con una muestra de 250 mL.

El contenido de sólidos solubles se determinó utilizando un refractómetro previamente calibrado, mientras que la colorimetría se analizó utilizando un colorímetro, registrando los parámetros L*, a* y b* del sistema CIELAB.

Los análisis de sólidos solubles y color se realizaron siguiendo los mismos protocolos descritos previamente para el análisis de la fruta.

2.2.16 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en las diferentes determinaciones fisicoquímicas y sensoriales fueron organizados y analizados con el propósito de evaluar el comportamiento de las variables estudiadas y determinar diferencias entre tratamientos. Los resultados se expresaron como valores promedio acompañados de su respectiva desviación estándar cuando se dispuso de mediciones replicadas.

Para la comparación de medias entre tratamientos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido de la prueba de comparación múltiple de Tukey, con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados. En todos los casos se estableció un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$. Estos análisis se realizaron utilizando el software JMP versión 14 (SAS Corporation, California, Estados Unidos).

Adicionalmente, se empleó un diseño factorial completo 2^3 con cuatro puntos centrales, con el objetivo de evaluar el efecto de tres factores independientes sobre la aceptabilidad

del macerado de granadilla. Este diseño experimental permitió analizar los efectos principales, las interacciones entre los factores estudiados y verificar la posible presencia de curvatura en la respuesta experimental. El diseño experimental y el análisis correspondiente se desarrollaron utilizando el software Minitab Statistical Software (State College, Pensilvania, Estados Unidos).

Para la determinación de la utilidad y deseabilidad del producto en función de los niveles evaluados, se utilizó el lenguaje de programación Dart, mediante el cual se procesaron los datos experimentales para estimar índices de optimización y seleccionar las condiciones más favorables del macerado de granadilla.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis fisicoquímicos aplicados a la pulpa del fruto

Se observaron variaciones en el índice de madurez (IM) entre las muestras evaluadas. La muestra F5 presentó el mayor índice de madurez (170.31), mientras que F1 registró el menor valor (58.55). Las demás muestras mostraron valores intermedios, evidenciando un incremento progresivo del índice de madurez conforme avanza el desarrollo del fruto. Este parámetro, ampliamente utilizado en frutas, incluyendo pasifloras y cítricos, permite comparar estados de madurez y evaluar la calidad organoléptica potencial del fruto (Fischer et al., 2018). El incremento progresivo del IM evidencia la relación entre la acumulación de azúcares y la disminución de la acidez titulable conforme avanza la maduración, reflejando el desarrollo fisiológico del fruto.

En literatura, se ha reportado que valores crecientes del índice de madurez se asocian con una mejora en la aceptabilidad sensorial en diferentes frutas. En híbridos de mandarina, por ejemplo, se establece un umbral mínimo de relación sólidos solubles/acidez de 7.0 para alcanzar condiciones adecuadas de consumo (Stitou et al., 2017), lo que resalta la importancia de este índice como indicador de calidad. En comparación, los valores obtenidos en este estudio son considerablemente superiores, lo que sugiere que se trata de un fruto más dulce y menos ácido que las mandarinas.

Pinzón et al., (2007) establecieron seis estados de maduración para maracuyá morado, identificando como óptimo de cosecha el estado 3, el cual se caracteriza por una coloración de la cáscara correspondiente a aproximadamente 40–50 % de superficie verde y 40–50 % púrpura. En esta etapa, el fruto alcanza la mayor concentración de sólidos solubles (15.9 °Brix) y presenta el inicio del incremento del pH, el cual evoluciona desde valores cercanos a 3,0 hasta aproximadamente 3,6 en estados más avanzados de madurez.

Estos cambios son coherentes con el incremento del índice de madurez observado en la granadilla de Quijo, particularmente en estados intermedios (F2–F3), donde se evidencia una transición hacia condiciones más favorables de consumo.

Asimismo, se ha reportado la clasificación de estados de madurez en maracuyá en función del color de la cáscara, aunque sin valores específicos de índice de madurez (Pinzón et

al., 2007). En este contexto, los resultados obtenidos aportan información cuantitativa relevante, evidenciando un incremento continuo del índice hasta valores elevados en F5 (170.31), lo que sugiere una mayor proporción de azúcares en relación con la acidez y, por tanto, un estado de madurez avanzado, aunque, de acuerdo a la Imagen 2, F5 no ha comenzado a registrarse deterioro por sobremaduración.

Se evidenció un incremento progresivo en el contenido de sólidos solubles entre las muestras analizadas, desde F1 (13.23 ± 0.21 °Brix) hasta F5 (18.17 ± 0.06 °Brix). La muestra F5 presentó el mayor contenido de sólidos solubles, mientras que F1 registró el valor más bajo, evidenciando una acumulación progresiva de azúcares solubles en la pulpa. Este comportamiento es característico de frutos del género *Passiflora* y refleja el equilibrio dinámico entre carbohidratos solubles y ácidos orgánicos (aumento de los primeros y disminución de los segundos) durante la maduración (Fischer et al., 2018). La diferencia de aproximadamente 4.8 °Brix entre F1 (13.23 °Brix) y F5 (18.17 °Brix) confirma un avance sustancial en el estado fisiológico del fruto y en atributos asociados a su calidad sensorial.

Al comparar estos resultados con lo reportado para *Passiflora quadrangularis*, se observa que el valor de 14.57 ± 0.33 °Brix en estado de madurez (Shahbani et al., 2021) es inferior a los obtenidos en los estados más avanzados de la granadilla de Quijo (F2–F5: 15.77–18.17 °Brix), lo que sugiere una mayor acumulación de azúcares en la pulpa de este último. Asimismo, los valores iniciales (F1) se aproximan a rangos reportados para estados menos avanzados, evidenciando coherencia en la evolución del parámetro. Estas diferencias pueden atribuirse a factores específicos como la especie, condiciones agroecológicas o grado de madurez alcanzado.

De manera complementaria, en otros frutos como *Vitis vinifera* cv. ‘Máximo’ se han reportado valores de sólidos solubles entre 14.2–15.6 °Brix en etapas iniciales hasta 17.4–17.5 °Brix en estados más avanzados (Pedro Júnior et al., 2014), lo cual es comparable con los valores obtenidos en las muestras F3–F5. Este comportamiento confirma que el incremento de °Brix es un indicador confiable del progreso de la maduración, asociado al hidrólisis de polisacáridos y a la acumulación de azúcares simples.

La acidez titulable disminuyó progresivamente de F1 a F5 (0.23–0.11 % de ácido cítrico), lo que indica una reducción sostenida de los ácidos orgánicos en la pulpa conforme avanza la maduración del fruto. Este comportamiento es consistente con procesos

metabólicos asociados a la maduración, en los cuales los ácidos son utilizados como sustratos respiratorios o diluidos por el incremento de azúcares (Famiani et al., 2015).

No obstante, estudios en distintas variedades de maracuyá han reportado comportamientos más complejos. Angami et al., (2017) describen un patrón en el cual la acidez, inicialmente, se incrementa en estados tempranos de maduración y posteriormente disminuye en la etapa de madurez completa, alcanzando valores máximos de 4.23 % en la variedad amarilla. En comparación, los valores obtenidos en este estudio (0.11–0.23%) son considerablemente inferiores, lo que evidencia diferencias marcadas en la concentración de ácidos orgánicos entre especies y variedades, aunque también podrían verse afectadas por las condiciones de cultivo y estado fisiológico del fruto.

De manera similar, en frutos como los cítricos, la acidez titulable tiende a disminuir con la maduración y constituye un indicador clave del estado de madurez comercial (Julhia et al., 2019), lo que refuerza la validez de este parámetro como indicador del desarrollo fisiológico. Se evidencia una tendencia clara de disminución de la acidez titulable durante la maduración, en concordancia con patrones generales reportados, aunque con magnitudes significativamente menores respecto a otras especies de *Passiflora*, lo que resalta la variabilidad en la composición química del fruto.

El pH se incrementó sostenidamente desde 4.94 ± 0.02 hasta 5.33 ± 0.06 conforme avanzó el estado de madurez, con diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ($p < 0.05$), en concordancia con la disminución de la acidez de la pulpa. Este patrón concuerda con lo reportado en la literatura, donde se ha observado una disminución de la acidez titulable acompañada de un incremento del pH durante la maduración de *Passiflora edulis Sims*. En particular, se ha documentado una reducción del 13% en la acidez hacia estados intermedios, junto con un aumento del pH de 3.0 a 3.6 en estados avanzados (Pinzón et al., 2007), lo cual es consistente con la tendencia observada en la granadilla de Quijo. Asimismo, la disminución de la acidez titulable a medida que madura el fruto coincide con reportes en otras especies de *Passiflora*, aunque la dinámica de los ácidos orgánicos puede variar según la especie y el estadio de desarrollo, mostrando incrementos o disminuciones durante la maduración (Botelho et al., 2019).

Al comparar estos resultados con lo reportado para *Passiflora quadrangularis*, se observan diferencias relevantes. En dicha especie, se han reportado valores de pH de 3.76 ± 0.21 para la pulpa y 5.14 ± 0.02 para el mesocarpio en estado de madurez (Shahbani

et al., 2021). En este contexto, los valores obtenidos para la granadilla de Quijo (4.94–5.33) son considerablemente superiores a los de la pulpa de *P. quadrangularis* (≈ 3.76), lo que evidencia una menor acidez intrínseca en la pulpa analizada. Además, el valor máximo registrado en F5 (5.33) supera incluso el pH del mesocarpio reportado en dicha especie (5.14), lo que sugiere diferencias marcadas en la distribución y concentración de ácidos entre tejidos y especies. No obstante, ambos estudios coinciden en la tendencia de incremento del pH durante la maduración, lo que respalda la hipótesis de una reducción progresiva de la acidez titulable en etapas avanzadas.

En contraste, algunos estudios en especies del género *Passiflora* han reportado una disminución del pH asociada a la acumulación de ácidos orgánicos (Botelho et al., 2019), lo que evidencia que la dinámica del pH puede variar en función de la especie, el tejido evaluado y las condiciones de cultivo. Esta variabilidad también ha sido documentada en otros frutos, donde el pH puede aumentar o disminuir dependiendo del balance entre síntesis, degradación y dilución de ácidos durante la maduración.

De manera complementaria, en frutos como los cítricos se ha establecido que el pH constituye un indicador del desarrollo fisiológico, mostrando variaciones asociadas a cambios en la composición de ácidos orgánicos y azúcares (Sachan y Kumar, 2022). En este contexto, los valores relativamente elevados de pH obtenidos en estados avanzados de madurez en la granadilla de Quijo sugieren un estado fisiológico caracterizado por menor acidez y mayor grado de madurez, lo cual es coherente con los cambios metabólicos asociados a la etapa final de desarrollo del fruto.

Tabla 1. *Características fisicoquímicas de la pulpa de granadilla de Quijo*

Muestra	Índice de madurez	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez titulable (% ácido cítrico)	pH	Colorimetría		
					L*	a*	b*
F1	58.55	13.23±0.21 ^d	0.226±0.003 ^a	4.94±0.02 ^c	35.33±0.25 ^c	-8.03±0.25 ^d	19.73±0.35 ^d
F2	86.95	15.77±0.15 ^c	0.181±0.004 ^b	5.04±0.02 ^c	41.17±0.35 ^d	-9.10±0.30 ^c	20.37±0.35 ^d
F3	94.46	15.90±0.01 ^c	0.168±0.004 ^c	5.14±0.01 ^b	50.53±0.35 ^c	1.13±0.25 ^c	42.87±0.35 ^b
F4	106.20	16.57±0.15 ^b	0.156±0.003 ^d	5.22±0.23 ^b	53.43±0.35 ^b	5.50±0.30 ^b	40.70±0.30 ^c
F5	170.31	18.17±0.06 ^a	0.107±0.004 ^c	5.33±0.06 ^a	65.07±0.35 ^a	10.70±0.30 ^a	51.47±0.35 ^a

Medias en la misma columna que no comparten la misma letra indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ($p < 0,05$), según la prueba HSD de Tukey ($n=3$).

Los parámetros de color: L* (luminosidad), a* (cromaticidad en el eje verde-rojo) y b* (cromaticidad en el eje azul-amarillo) se evaluaron en cinco muestras de frutos de granadilla de Quijo con diferente estado de madurez (Tabla 1). Los resultados evidencian variaciones en las características de color asociadas al grado de maduración del fruto.

La luminosidad (L*) aumentó progresivamente desde F1 (35.3) hasta F5 (65.1). La muestra F5 presentó el mayor valor de L*, mientras que F1 registró el menor, evidenciando un aumento en la claridad del fruto conforme avanza el estado de madurez. Este incremento concuerda con lo reportado para la cáscara de *Passiflora edulis*, donde aumenta significativamente desde 49.64 en estados iniciales hasta 65.09 en frutos completamente amarillos (Pereira da Silva et al., 2015). Este comportamiento indica una mayor reflectancia superficial en estados avanzados de madurez, asociada a la degradación de clorofilas y a modificaciones estructurales del pericarpio. De manera general, se ha documentado que los cambios en la coloración durante la maduración están relacionados con variaciones en el contenido de clorofila y carotenoides, como ocurre en otros frutos (Mansour, 2019).

En relación con el parámetro a*, la transición de valores negativos a positivos observada (-8.0 a 10.7) refleja la pérdida progresiva del color verde y el desarrollo de tonalidades rojizas, en concordancia con lo descrito para maracuyá, donde a* varía de -5.91 a 0.83 durante la maduración (Pereira da Silva et al., 2015). Este comportamiento se asocia a la degradación de clorofila y a la síntesis o predominancia de otros pigmentos, tal como ha sido reportado en estudios sobre cambios cromáticos en frutos (Mattus-Araya et al., 2022). No obstante, los valores positivos más elevados registrados en este estudio sugieren una mayor contribución de pigmentos con tonalidades rojizas o anaranjadas en la cáscara, lo que podría estar relacionado con diferencias en la composición pigmentaria entre especies.

Por su parte, el parámetro b* mostró un incremento sostenido (de 19.7 a 51.5), indicando una mayor intensidad del color amarillo conforme avanza la maduración. Este resultado es parcialmente consistente con lo reportado en *Passiflora edulis*, donde b* aumenta desde 30.76 en estados iniciales hasta un máximo de 44.67 en estados intermedios, con una ligera disminución en estados completamente maduros (39.86) (Pereira da Silva et al., 2015). La tendencia creciente observada en este estudio podría atribuirse a una acumulación continua de carotenoides en la cáscara o a diferencias en la distribución de

pigmentos, considerando que la coloración del fruto puede ser heterogénea y estar influenciada por factores como la exposición a la radiación solar (Fischer et al., 2018).

3.2 Análisis del fruto de la granadilla de Quijo

3.2.1 Textura

Los parámetros de resistencia (g) y elasticidad (mm) de la corteza de la granadilla de Quijo fueron evaluados en frutos con estado de madurez F3, seleccionado también para la elaboración del macerado. Cada determinación se efectuó por triplicado, obteniéndose valores promedio de 31441.30 ± 6905.20 g ($\approx 308 \pm 68$ N) para la resistencia y 19.94 ± 3.05 mm para la elasticidad.

Los resultados evidenciaron variabilidad en las propiedades mecánicas de la corteza dentro de este estado de madurez. La resistencia presentó una dispersión considerable entre réplicas, con valores comprendidos aproximadamente entre 23581.82 y 36534.31 g, lo que indica diferencias en la firmeza del pericarpio. En cuanto a la elasticidad, los valores oscilaron entre 17.08 y 23.15 mm, reflejando variaciones en la capacidad de deformación de la corteza bajo compresión.

Esta variabilidad podría atribuirse a diferencias fisiológicas como variaciones en la estructura del pericarpio o en el contenido de humedad, que influyen directamente en el comportamiento mecánico del fruto.

Los valores de resistencia de corteza y elasticidad obtenidos en los frutos de *Passiflora popenovii* evidencian su resistencia mecánica y capacidad de deformación del pericarpio, propiedades fundamentales para la integridad estructural del fruto durante el manejo poscosecha. Estas características determinan la tolerancia del fruto frente a esfuerzos mecánicos durante las etapas de cosecha, transporte y almacenamiento. Aunque la literatura disponible sobre esta especie es limitada, estudios realizados en frutos de morfología similar aportan evidencia que respalda parcialmente los resultados obtenidos y permiten interpretar el comportamiento mecánico observado en los frutos evaluados.

En comparación con frutos cítricos sometidos a ensayos de compresión, la resistencia de la granadilla de quijo es similar a la reportada para *Citrus x limón* (326.10 N) y superior a especies como pomelo (40.32 N), naranja (147.97 N) y toronja (72.05 N), lo que indica

una mayor rigidez estructural de la corteza de granadilla respecto a la mayoría de cítricos (Jentzsch et al., 2022).

En frutos cítricos se ha demostrado que la resistencia mecánica del pericarpio depende de la estructura celular y de la composición de la pared celular, evaluándose mediante ensayos de compresión que describen el comportamiento biomecánico del tejido vegetal (Jentzsch et al., 2022). En este sentido, la mayor resistencia observada en la granadilla F3 sugiere una organización celular compacta del pericarpio, coherente con la variabilidad estructural reportada en tejidos vegetales sometidos a compresión.

La corteza de granadilla en estado F3 también mostró un comportamiento de deformación moderada (19.94 ± 3.05 mm), lo que indica capacidad de respuesta elástica del tejido sin pérdida estructural inmediata. En tejidos de cáscara de maracuyá se ha descrito un comportamiento predominantemente elástico asociado a redes de pectinas y polisacáridos estructurales, con predominio del carácter elástico ($G' > G''$) y formación de matrices poliméricas organizadas (Arrieta-Durango et al., 2022). De esta manera, la respuesta mecánica observada en la granadilla F3 sugiere una matriz rica en compuestos estructurales, aunque con mayor compactación que tejidos altamente elásticos reportados en maracuyá.

Asimismo, se ha señalado que materiales derivados de pectina de cáscara de maracuyá presentan alta elasticidad, evidenciando el papel de estos compuestos en la flexibilidad y resistencia del tejido vegetal (Khairuddin et al., 2023). De forma complementaria, la capacidad de carga del pericarpio está estrechamente relacionada con su microestructura, incluyendo la distribución de microfisuras, la morfología celular y la integridad superficial del tejido (Wang et al., 2019).

3.2.2 Análisis proximal en pulpa y semilla

Los resultados de los análisis proximales se presentan en la Tabla 2. El contenido de humedad de la pulpa fue mayor en comparación con la semilla, lo que evidencia una mayor proporción de agua en el tejido pulpar del fruto. La pulpa presentó un elevado contenido de humedad ($87.65 \pm 0.06\%$), mientras que la semilla mostró una proporción significativamente menor ($53.31 \pm 0.58\%$), reflejando un tejido con menor fracción acuosa y mayor concentración relativa de materia seca. Este comportamiento se sustenta con lo reportado en especies del género *Passiflora*, donde la pulpa se caracteriza por altos

contenidos de humedad ($\approx 84\text{--}87\%$), mientras que las semillas presentan menor contenido de agua ($\approx 9\text{--}11\%$) y mayor proporción de sólidos estructurales ($\approx 60\text{--}70\%$ conformados principalmente por proteína, lípidos y fibra), evidenciando una clara diferenciación composicional entre tejidos (Ramaiya et al., 2018). Esta diferenciación refleja la función fisiológica de los tejidos del fruto, en la cual la pulpa actúa como una matriz acuosa, mientras que el tejido seminal concentra compuestos de reserva.

La semilla presentó un mayor contenido de sólidos totales ($46.69 \pm 0.57^\circ\text{Bx}$), respecto a la pulpa ($12.34 \pm 0.06^\circ\text{Bx}$), evidenciando una mayor concentración de materia seca en la semilla. Este patrón ha sido documentado en frutos del género *Passiflora*, donde las semillas presentan una composición rica en componentes estructurales y de reserva, tales como lípidos, carbohidratos complejos y fibra dietaria, lo que explica su mayor fracción sólida respecto a la pulpa (Jeon et al., 2022).

El contenido de cenizas mostró diferencias entre los tejidos evaluados, observándose que la semilla presentó un valor mayor ($12.00 \pm 9.27\%$) en comparación con la pulpa ($0.34 \pm 0.58\%$). Este comportamiento evidencia una mayor concentración de compuestos minerales en la semilla, mientras que la pulpa, caracterizada por su mayor contenido de agua, presenta una menor proporción de materia inorgánica.

El comportamiento de las cenizas ha sido descrito en especies de *Passiflora*, donde los tejidos de pulpa y mesocarpio presentan contenidos minerales generalmente inferiores a 1% , mientras que las semillas pueden alcanzar valores cercanos al 2.35% , reflejando diferencias en la acumulación y distribución de minerales según el tipo de tejido (Ramaiya et al., 2018). Estas variaciones sugieren que la distribución de minerales dentro del fruto está influenciada por la función fisiológica de cada compartimento, así como por factores asociados al estado de madurez y las características estructurales del tejido vegetal.

La grasa promedio en las semillas alcanzó $21.07 \pm 0.11\%$, lo cual indica que la semilla posee una cantidad significativa de lípidos extraíbles mediante solvente orgánico. El alto contenido lipídico de la semilla confirma su naturaleza oleaginosa, en concordancia con lo reportado en otras especies de *Passiflora*, donde las semillas presentan contenidos de aceite entre 24% y 30% (Ramaiya et al., 2019). De forma comparable, semillas de cítricos también han mostrado elevados contenidos de lípidos, en rangos de 26% a 36% , lo que respalda el potencial de estos tejidos como fuentes de aceites vegetales (Mutlucan y Önder, 2025).

Se midió un $51.76 \pm 16.40\%$ de fibra en las semillas, lo cual evidencia una elevada proporción de componentes estructurales insolubles, característica común en semillas de *Passiflora*, donde se han reportado valores cercanos al 43% de fibra dietaria, con predominancia de fracción insoluble (Ramaiya et al., 2018).

Tabla 2. *Análisis proximal de la pulpa y semilla de la granadilla de Quijo*

Análisis	Tejido	
	Pulpa	Semilla
Humedad (%)	87.65±0.06***	53.31±0.58
Sólidos totales (°Brix)	12.34±0.06***	46.69±0.57
Cenizas (%)	0.34±0.58***	12.00±9.27
Grasa (%)	n.d.	21.07 ± 0.11
Fibra (%)	n.d.	51.76 ± 16.40

***Diferencias significativas al 99.9% entre las columnas (t de Student, $p < 0.001$). n.d. significa: no determinado

3.3 Rendimiento del fruto

Se analizaron tres lotes de fruto y se comparó el peso de la pulpa (sin pepa) respecto al peso total del fruto. El rendimiento promedio de pulpa fue de $42.06 \pm 0.73 \%$, indicando que un poco menos de la mitad del peso del fruto corresponde a esta fracción.

3.4 Aceptabilidad del macerado de granadilla de Quijo en función del análisis sensorial

Las muestras de macerado evaluadas se codificaron de M1 a M12 de acuerdo a los diferentes tratamientos aplicados conforme al diseño experimental (Anexo 1).

La aceptabilidad de las muestras fue jerarquizada de acuerdo a la función de utilidad (Tabla 3). Estos resultados nos permiten identificar rápidamente las muestras con mejor y peor comportamiento dentro del conjunto experimental. Esta función se obtuvo mediante la ponderación de los atributos sensoriales evaluados (Anexo 2), aplicando una función exponencial ascendente para cada una de las respuestas individuales.

La muestra M5 presentó el mayor valor de función de utilidad (0.813) (Tabla 3), posicionándose como la mejor entre las muestras evaluadas, desde un punto de vista sensorial. Generalmente, se considera que la aceptabilidad de las muestras es positiva a

partir del valor 0.6; sin embargo, para matrices alimentarias, se suelen considerar satisfactorios valores iguales o superiores a 0.7, por lo que M5 se puede considerar satisfactorio para la aceptación del producto. Por lo tanto, la muestra M5 constituye la mejor formulación entre los experimentos realizados y, a partir de ella se podrá proceder con la optimización del macerado.

Por el contrario, la muestra M8 presentó el menor valor de función de utilidad (0.612), lo que indica un desempeño sensorial inferior en comparación con las demás muestras. Este comportamiento se relaciona con los valores más bajos observados en los atributos sensoriales evaluados, y lo ubica como poco satisfactorio.

Adicionalmente, las muestras M3 y M7 registraron valores elevados de función de utilidad de 0.757 en ambos casos, lo cual indica que estas formulaciones también tienen potencial de aceptación sensorial.

Tabla 3. *Resultados del análisis sensorial y utilidad y del macerado en función del diseño experimental*

Muestra	Función de Utilidad
M1	0.631
M2	0.697
M3	0.757
M4	0.736
M5	0.813
M6	0.748
M7	0.757
M8	0.612
M9	0.652
M10	0.705
M11	0.698
M12	0.708

La mayor diferencia entre muestras se observó en los atributos correspondientes a la fase gustativa (Anexo 2), donde se evidenciaron contrastes claros entre formulaciones con mayor y menor desempeño sensorial. La muestra M5, correspondiente a la combinación

de niveles bajos de cantidad de pulpa (-1 = 125 g) y cantidad de azúcar (-1 = 40 g), junto con el nivel alto de tiempo de maceración (+1 = 3 semanas), presentó la mayor función de utilidad (0.813). Sensorialmente, esta muestra destacó por registrar las mayores medianas en los atributos de intensidad, regusto y grado alcohólico percibido, con valores de 7 puntos, además de mantener puntuaciones altas en dulzor y aceptabilidad general (6 puntos).

En contraste, la muestra M8, formulada con niveles altos de cantidad de pulpa (+1 = 325 g), cantidad de azúcar (+1 = 100 g) y tiempo de maceración (+1 = 3 semanas), presentó la menor función de utilidad (0.612). Esta muestra registró las menores medianas en los atributos de intensidad y regusto, ambos con 4 puntos, así como menores puntuaciones en grado alcohólico percibido y dulzor (5 puntos). Aunque mantuvo valores similares en apariencia y aroma respecto a otras formulaciones, la disminución en los atributos gustativos afectó negativamente su aceptabilidad sensorial. En conjunto, estos resultados sugieren que las diferencias entre las muestras con mayor y menor desempeño estuvieron determinadas principalmente por los niveles de pulpa y azúcar más que por el tiempo de maceración sobre la percepción del sabor y la persistencia gustativa.

El análisis del diagrama de Pareto de los efectos estandarizados (Figura 1) permitió identificar las variables significativas del proceso de elaboración del macerado. La concentración de azúcar y la cantidad de pulpa resultaron significativas al 95%. Ninguna de las interacciones resultó significativa. Por otro lado, el tiempo de maceración presentó un efecto menor y no significativo sobre la respuesta evaluada, tanto de forma individual como en sus interacciones, lo que indica que su variación dentro del rango experimental estudiado no generó cambios relevantes en la aceptación sensorial del producto. La ecuación respuesta se redujo a las variables significativas (Ecuación 1).

$$F(U) = 0.71887 + 0.02962 (\text{Pulpa}) + 0.04687 (\text{Azúcar}) \text{ (Ecuación 1)}$$

Los coeficientes del modelo indican que la concentración de azúcar presentó el mayor efecto positivo sobre la respuesta sensorial, seguido por la cantidad de pulpa y, los signos positivos significan que, mientras más pulpa y azúcar (dentro del diseño experimental) más aceptabilidad tuvo el macerado para el panel sensorial.

La ausencia del tiempo de maceración en el modelo final (Ecuación 1) se debe a que esta variable no presentó un efecto significativo sobre la respuesta sensorial dentro del rango

experimental evaluado, lo que indica que la calidad organoléptica del producto depende principalmente de la formulación del macerado y no del tiempo de procesamiento (dentro del rango experimental). En otros casos, se ha reportado que el tiempo de maceración influye significativamente en la aceptación sensorial cuando se evalúan intervalos más amplios o condiciones específicas de procesamiento. Por ejemplo, se ha reportado que el tiempo de maceración afectó significativamente los atributos sensoriales en agua infusionada con naranja dulce, identificándose un punto óptimo intermedio que produjo los mayores puntajes de aceptación (Suparthana y Ginting, 2025).

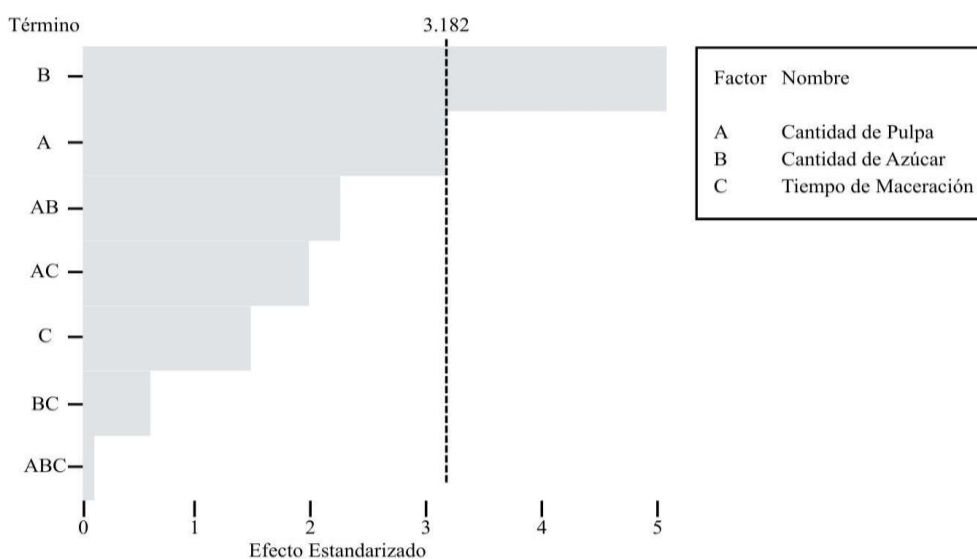


Figura 1. Diagrama de Pareto de los efectos estandarizados de los factores del diseño experimental sobre la aceptabilidad sensorial del macerado

3.5 Optimización del macerado

Siendo que la mejor puntuación de la función de utilidad fue de la muestra M5 (Tabla 3), se partió de esta para la fase de optimización aplicando la técnica de la máxima pendiente. Se elaboró un nuevo macerado aplicando la Ecuación 1, donde las nuevas condiciones experimentales de OPT fueron calculadas con un valor de K igual a 2. Esta muestra fue sometida a evaluación sensorial con el fin de determinar su función de utilidad de modo análogo a las muestras del diseño experimental.

Una vez aplicado el análisis sensorial, se obtuvieron las medianas de los resultados (Tabla 4).

En términos de optimización, la función de utilidad de la muestra OPT fue de 0.757.

Tabla 4. *Medianas de las evaluaciones sensoriales de OPT*

Parámetros		Medianas
Apariencia	Color	5.5
	Transparencia	5
	Cuerpo	5.5
Olor	Aroma	6
	Intensidad	5
Sabor	Regusto	5.5
	Grado alcohólico	5
	Dulzor	5
	Acidez	6
	Amargor	5
Aceptabilidad general		5.5

En el diagrama de Pareto unificado (Figura 2) con las funciones de utilidad de las muestras M1 a M12 y la muestra OPT, se observa que esta última no alcanzó el desempeño global de la mejor muestra del diseño experimental original (M5), cuya función de utilidad alcanzó un valor de 0.813. Si bien, la muestra OPT se ubicó en segunda posición ($F(U)=0.757$), su función de utilidad no fue suficiente para superar M5, siendo semejante a las muestras M3 y M7. Por lo tanto, se considera que la muestra M5 corresponde a un valor de aceptabilidad elevado y puede ser considerado como el óptimo para la elaboración del macerado de granadilla de Quijo.

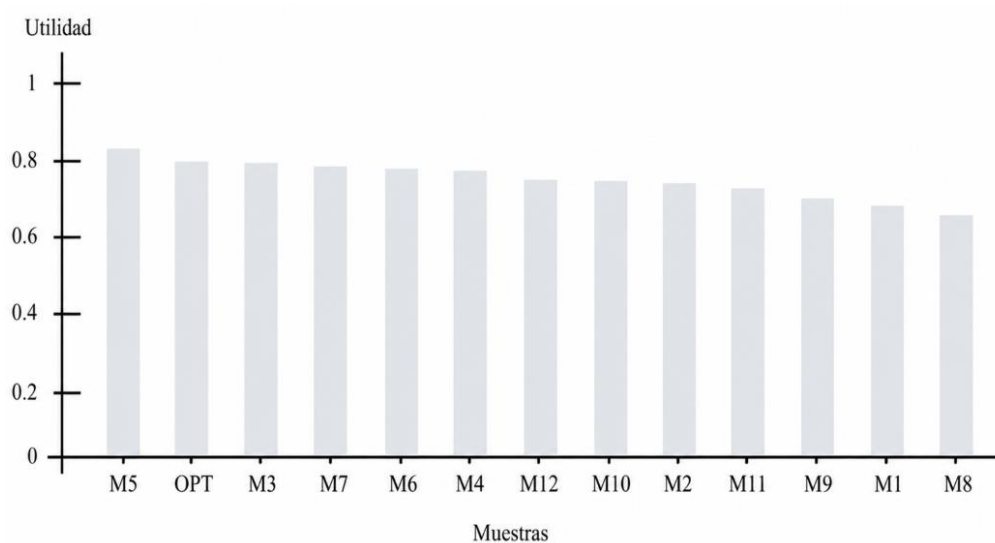


Figura 2. Comparación de la Función de utilidad de las muestras M1–M12 con la optimizada (OPT)

3.6 Parámetros fisicoquímicos de la muestra óptima (M5)

Siendo que la función de utilidad de M5 fue superior a todas las demás (incluyendo OPT) se considera esta como la mejor muestra de macerado, razón por la cual se procede con la determinación de los parámetros fisicoquímicos de la misma (Tabla 5).

Tabla 5. *Parámetros fisicoquímicos del macerado*

Parámetro	Resultado	
Densidad (g/mL)	1.01±0.01	
Grado alcohólico (°GL)	25±0.01	
Sólidos solubles (°Brix)	17.3±0.01	
Colorimetría	L*	65.13±0.40
	a*	1.10±0.01
	b*	14.60±0.36

Los parámetros L*, a* y b* corresponden al sistema colorimétrico CIE: L* indica la luminosidad; a* representa el eje verde (-) a rojo (+); y b* el eje azul (-) a amarillo (+). n=3

La densidad de la muestra fue de 1.01±0.01, que es muy semejante a la del agua, lo cual sugiere una alta predominancia de agua y baja presencia de material disuelto en el macerado.

Hora et al. (2020) reportaron valores de densidad entre 1.064 y 1.069 g/mL en néctares de cítricos, asociados a ausencia de sedimentación y condiciones de pH favorables.

El grado alcohólico del macerado fue de 25 ± 0.01°GL, valor que se mantuvo dentro del rango establecido en la formulación experimental inicial. La concentración alcohólica final fue obtenida mediante la dilución controlada de la mezcla hidroalcohólica de 45°GL hasta alcanzar 25°GL, previo a la adición de azúcar.

En general, el alcohol no solo participa como agente extractante, sino también como componente que condiciona la evolución de los parámetros de calidad durante el almacenamiento. Moreno Álvarez et al., (2004) evaluaron la maceración de naranja y mandarina a diferentes concentraciones alcohólicas (10%, 13% y 16%) y reportaron

diferencias significativas en la degradación de carotenoides durante el almacenamiento. De Oliveira et al. (2015) reportaron cambios significativos en azúcares totales, sólidos solubles y color, acompañados de una disminución progresiva del contenido alcohólico en un macerado de guanábana luego de 240 días de reposo, sugiriendo que la presencia del alcohol no detiene procesos al interior del macerado. De hecho, Banks & Muir (1985) reportaron que el alcohol puede afectar directamente la estabilidad estructural de las emulsiones como en licores cremosos, lo que puede comprometer la estabilidad del sistema coloidal en ese tipo de bebidas. Aunque estos resultados no provienen de matrices cítricas, son relevantes dado que los macerados pueden comportarse como sistemas parcialmente coloidales dependiendo de su formulación. Estudios complementarios deberían ser realizados para determinar la estabilidad del macerado estudiado.

La concentración de sólidos solubles en la muestra M5 alcanzó los 17.3 ± 0.01 °Brix. En el caso de los macerados, este valor se relaciona principalmente con la adición de azúcar incorporada durante la formulación, así como con la extracción y solubilización de compuestos presentes en la matriz vegetal hacia el medio hidroalcohólico durante la maceración. La difusión de azúcares, ácidos orgánicos y otros sólidos solubles desde el tejido vegetal puede verse favorecida por la interacción solvente-sustrato y la desestructuración celular ocurrida durante el proceso.

Por otro lado, se han desarrollado modelos predictivos basados en rangos de sólidos solubles entre 4.0 y 17.6 °Brix para la evaluación de estándares de madurez industrial, lo que evidencia la utilidad de este parámetro como indicador amplio de calidad en sistemas frutales procesados. En este sentido, valores elevados de sólidos solubles en macerados pueden asociarse con mayor intensidad de sabor, mayor cuerpo del sistema y una mayor complejidad organoléptica (Clark 2016).

La luminosidad de la muestra (L^*) fue de 65.13 ± 0.40 , valor que indica que la muestra fue bastante clara. En cuanto al parámetro a^* , su valor fue de 1.10 ± 0.01 , lo que indica una tendencia muy ligera hacia tonalidades rojizas, prácticamente neutra entre verde y rojo. Por su parte, el parámetro b^* fue de 14.60 ± 0.36 , es decir, se ubicó en la escala positiva que corresponde a tonalidades amarillas, características del producto. Los parámetros de color CIELAB (L^* , a^* , b^*) en el macerado de frutos cítricos permite evaluar de manera indirecta cambios en la composición fisicoquímica y en la estabilidad del sistema durante el almacenamiento, ya que las variaciones cromáticas están asociadas a procesos de

transformación química de los compuestos presentes en la matriz (De Oliveira et al., 2015).

En jugos de maracuyá, se ha reportado que las variaciones en los parámetros CIELAB estuvieron asociadas al contenido de carotenoides y al estado de madurez del fruto. Los jugos obtenidos en invierno presentaron valores de a^* superiores a los de verano (7.4 y 4.3, respectivamente), mientras que dentro de las cosechas de invierno el parámetro a^* aumentó progresivamente de 5.0 a 10.3 conforme se incrementó el contenido de carotenoides, alcanzando hasta 3.2 mg β -caroteno/100 mL en la muestra con mayor aceptación sensorial (Sepúlveda et al., 1996). Estos resultados evidencian una relación directa entre el incremento de tonalidades rojizas y la acumulación de pigmentos carotenoides durante la maduración.

CONCLUSIONES

La granadilla de Quijo (*Passiflora popenovii*) presentó cambios fisicoquímicos significativos durante su proceso de maduración, evidenciados por el incremento progresivo del contenido de sólidos solubles desde 13.23 hasta 18.17 °Brix, acompañado de una disminución de la acidez titulable de 0.226 a 0.107 % de ácido cítrico y un aumento del pH de 4.94 a 5.33. Asimismo, el índice de madurez se incrementó de 58.55 en F1 hasta 170.31 en F5, reflejando una relación directa entre la acumulación de azúcares y la disminución de los ácidos orgánicos del fruto. Estos cambios confirmaron la influencia del estado de madurez sobre la calidad fisicoquímica y sensorial de la materia prima.

El estado de madurez F3, caracterizado por un índice de madurez de 94.46, sólidos solubles de 15.90 °Brix y una acidez titulable de 0.168 %, presentó condiciones adecuadas para su utilización en el proceso de maceración, permitiendo obtener una bebida con adecuada aceptación por parte de los consumidores durante la evaluación sensorial. Además, el fruto presentó un rendimiento de pulpa cercano al 42 %, lo que evidencia su potencial tecnológico para aplicaciones agroindustriales.

El estudio de maceración demostró que la granadilla de Quijo puede emplearse exitosamente en la elaboración de bebidas alcohólicas aromatizadas, favoreciendo la extracción de compuestos responsables de las características sensoriales del producto.

Dentro del diseño experimental evaluado, la cantidad de pulpa y la concentración de azúcar influyeron significativamente sobre la aceptabilidad sensorial, mientras que el tiempo de maceración no presentó un efecto significativo. El control adecuado de estas variables permitió obtener formulaciones con mayor preferencia por parte de los evaluadores.

LISTA DE REFERENCIAS

- Ahmad, I., Jassin, E., Arisandi, A., Mus, R., y Makkulawu, A. (2025). Effect of Sugar and Juice Concentration on Vitamin C Retention and Organoleptic of Tangerine (*Citrus Reticulata*) Powder. *Journal of agriculture*. <https://doi.org/10.47709/joa.v4i03.6951>
- Aith Barbará, J., Primieri Nicolli, K., Souza-Silva, É. A., Camarão Telles Biasoto, A., Welke, J. E., y Alcaraz Zini, C. (2020). Volatile profile and aroma potential of tropical Syrah wines elaborated in different maturation and maceration times using comprehensive two-dimensional gas chromatography and olfactometry. *Food Chemistry*, 308(5). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125552>
- Almeida Cançado, G. M., Tavares Braga, F., Vieira de Souza, R. A., Ferreira Nunes, C., Paula Ribeiro, A., y Dantas Fontes Soares, B. (2013). Cultivo in vitro da oliveira e suas aplicações.
- Angami, T., Kalita, H., Baruah, S., Ronya, T., Bam, B., y Shukla, K. K. (2017). Dynamics of physico-biochemical changes in Passion fruit varieties across maturity. *International Journal of Chemical Studies*.
- Arrieta-Durango, C., Henao-Rivas, L., y Andrade-Pizarro, R. (2022). Rheological Behavior of Passion Fruit (*Passiflora edulis*) Peel Extract. *gels*. <https://doi.org/10.3390/gels8090566>
- Baladraf, D. M. S., Yusuf, Y., y Yusuf, A. (2022). Manufacturing of Things and Characteristics of Chilli, Orange Skin, and Cinnamon Extract Using Maceration Method. *Journal of Health, Technology and Science*. <https://doi.org/10.47918/jhts.v2i4.250>
- Banks, W., y Muir, D. D. (1985). Effect of alcohol content on emulsion stability of cream liqueurs. *Food Chemistry*, 18(2). [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(85\)90137-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(85)90137-2)
- Bastos, D. C., Sombra, K. E. S., de Lima, M. A. C., & Passos, O. S. (2021). Physicochemical characterization of “Pera” orange fruits selections grafted on two rootstocks in the São Francisco Valley, Brazil. *Comunicata Scientiae*. <https://doi.org/10.14295/CS.v12.3573>
- Biassala, E. T., Loumouamou, B. W., Binaki, A. F., y Nzikou, J. M. (2024). Study of morphological indicators of fruits and physicochemical indicators of *Passiflora* juice

edulis flavicarpa acclimatized in Congo-Brazzaville. *International Journal of Food Science and Agriculture*. <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2024.12.001>

- Bonilla Morales, M. M., Aguirre Morales, A. C., y Agudelo Varela, O. M. (2015). Morfología de *Passiflora*: una guía para la descripción de sus especies. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 91–109.
- Bordeu, E., y Gonzalez, Á. (2004). Madurez de cosecha y fermentación alcohólica. *Enología*, 29–34.
- Botelho, S. de C. C., Hauth, M. R., Botelho, F. M., Roncatto, G., Wobeto, C., y Oliveira, S. S. (2019). Qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos em diferentes estádios de maturação. *Amazonian Journal*, 60.
- Buvé, C., Neckebroek, B., Haenen, A., Kebede, B. T., Hendrickx, M., Grauwet, T., y Van Loey, A. V. (2018). Combining untargeted, targeted and sensory data to investigate the impact of storage on food volatiles: A case study on strawberry juice. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.022>
- Carneiro Vieira, M. L., y Sampaio Carneiro, M. (2005). *Passiflora* spp. Passionfruit. CABI, 436–453.
- Cheng, Y., Zhang, M., Han, L., Li, G., Hong, M., Wang, H., Wu, H.-J., y Huang, L. (2025). Investigating the influence of insoluble pulp particles on flavor retention and characterization of freshly squeezed and pasteurized mandarin juice. *Agricultural and Food Sciences, Environmental Science*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116237>
- Chung, H., Yoon, M. K., Han, J., y Kim, Y.-S. (2015). Evaluation of volatile organic compounds in alcoholic beverages consumed in Korea. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 58, 423–432.
- Chuo, S. C., Nasir, H., Mohd-Setapar, S., Mohamed, S., Ahmad, A., Wani, W. A., Muddassir, M., y Alarifi, A. (2020). A Glimpse into the Extraction Methods of Active Compounds from Plants. *Critical reviews in analytical chemistry*. <https://doi.org/10.1080/10408347.2020.1820851>
- Clark, C. J. (2016). Fast determination by Fourier-transform infrared spectroscopy of sugar–acid composition of citrus juices for determination of industry maturity standards. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*.
- de Oliveira, E. N. A., Santos, D. da C., Gomes, J. P., Rocha, A. P. T., y de Albuquerque, E. M. B. (2015). OEstabilidade física e química de licores de graviola

- durante o armazenamento em condições ambientais. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 19 (3), 19(3). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p245-251>
- Deng, M., Lin, Y., Dong, L., Jia, X., Shen, Y., Liu, L., Chi, J., Huang, F., Zhang, M., y Zhang, R. (2021). Physicochemical and functional properties of dietary fiber from pummelo (*Citrus grandis* L. Osbeck) and grapefruit (*Citrus paradisi* Mcfad) cultivars. *Food Bioscience*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100890>
 - Destanoğlu, O., y Ateş, I. (2019). Determination and evaluation of methanol, ethanol and higher alcohols in legally and illegally produced alcoholic beverages. *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*. <https://doi.org/10.18596/JOTCSA.481384>
 - Dutra, L., Vieira Teles, P. H., da Conceição Santos, A. D., de Melo, N. F., Nagata, N., y Guedes da Silva Almeida, J. R. (2023). ¹H NMR-based metabolic profile and chemometric analysis for the discrimination of *Passiflora* species genotypic variations. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112441>
 - Eljach Mosquera, S. M. (2009). Etnobotánica de la granadilla de quijos (*Passiflora popenovii*) en el municipio de Timbío, departamento del Cauca, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana.
 - Espinosa, D. S., Pérez, W. H., Hernández, M. S., Melgarejo, L. M., Miranda, D., Fischer, G., y Fernández-Trujillo, J. P. (2014). Caracterización fisicoquímica, fisiológica y bioquímica del fruto de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia.
 - F, Natalia. (2020). Influence of maceration duration on Viorica wines quality. *Agricultural and Food Sciences*.
 - Famiani, F., Battistelli, A., Moscatello, S., Cruz-Castillo, J. G., & Walker, R. P. (2015). The organic acids that are accumulated in the flesh of fruits: occurrence, metabolism and factors affecting their contents - a review. *Revista Chapingo Serie Horticultura*.
 - Fischer, G., Melgarejo, L. M., y Cutler, J. (2018). Pre-harvest factors that influence the quality of passion fruit: A review. *Agronomía Colombiana*, 36(3). <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v36n3.71751>
 - Fonseca, A. M. A., Geraldi, M. V., Júnior, M. R. M., Silvestre, A., y Rocha, S. (2022). Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A comprehensive review on the

nutritional value, phytochemical profile and associated health effects. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111665>

- Franco-Mora, O., Sánchez-Pale, J. R., Castañeda-Vildózola, Á., y Moreno-Jiménez, J. A. (2025). Regional importance and potential of Passiflora: The case of the Yucatan Peninsula and Chiapas, Mexico. *Technology in Horticulture*, e008, 1–5.
- Gerasimova, A., Nikolova, K., Petkova, N., Ivanov, I., Dincheva, I., Tumbarski, Y., Yanakieva, V., Todorova, M., Gentscheva, G., Gavrilova, A., Yotkovska, I., Nikolova, S., Slavov, P., y Harbaliev, N. (2024). Metabolic profile of leaves and pulp of *Passiflora caerulea* L. (Bulgaria) and their biological activities. *Plants*. <https://doi.org/10.3390/plants13131731>
- Gous, A. G. S., Almlı, V. L., Coetzee, V., y de Kock, H. L. (2019). Effects of Varying the Color, Aroma, Bitter, and Sweet Levels of a Grapefruit-Like Model Beverage on the Sensory Properties and Liking of the Consumer. *Nutrients*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/nu11020464>
- He, X., Luan, F., Yang, Y., Wang, Z., Zhao, Z., Fang, J., Wang, M., Zuo, M., y Li, Y. (2020). *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00617>
- Hoang, L.-S., y Le, N.-K.-T. (2024). Investigation on phytochemicals and nutritional values of three passion fruit species planted in Lam Dong Plateau. *Natural Resources for Human Health*. <https://doi.org/10.53365/nrfhh/193575>
- Hora, S., Léchaudel, M., Mith, H., y Bugaud, C. (2020). Fruit density: A reliable indicator of sensory quality for mango. *Scientia Horticulturae*, 272. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109548>
- Isa, A. A., Samsuri, S., y Amran, N. A. (2018). Integration of Maceration and Freeze Concentration for Recovery of Vitamin C from Orange Peel Waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012101>
- Jentsch, M., Badstöber, M.-C., Umlas, F., y Speck, T. (2022). Damage protection in fruits: Comparative analysis of the functional morphology of the fruit peels of five Citrus species via quasi-static compression tests. *Frontiers in Materials*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.979151>

- Jeon, M. K., An, H. J., Lim, C. K., Kim, S. A., Jang, Y. J., y Chung, S. W. (2022). Incidence of viral disease on purple passion fruit (*Passiflora edulis*). *J. Agric. Life Sci.*
- Julhia, L., Belmin, R., Meynard, J.-M., Pailly, O., y Casabianca, F. (2019). Acidity Drop and Coloration in Clementine: Implications for Fruit Quality and Harvesting Practices. *Frontiers in Plant.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00754>
- Khairuddin, N., John, S., Selvakumaran, S., y Ramaiya, S. D. (2023). Physico-Chemical Characteristics of Crosslinked-Biofilm Made From *Passiflora edulis* Waste. *Special Issue: Congress on Sustainable Agriculture and Food Security 2022*, 52(5). <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v52i5.cp18>
- León-Yáñez, S., Valencia, N., Pitmam, N., Endara, L., Ulloa Ulloa, C., y Navarrete, H. (2019). *Passiflora popenovii*. *Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador.*
- Macías Andrade, E. F., Demera Lucas, F. M., Zambrano Mendoza, L. A., Sacón-Vera, E. F., Saltos Solórzano, J. V., y Zambrano Mendoza, B. A. (2022). Estabilidad de néctar mix de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*C. reticulata*) con goma xanthan y cmc. *La Técnica*, 12(1). https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.3897
- Mansour, R. (2019). Determination of nutritional composition in citrus fruits (*C. aurantium*) during maturity. *Nutrition & Food Science*, 49(2), 299–317.
- Mattus-Araya, E., Guajardo, J., Herrera, R., y Moya-León, M. A. (2022). ABA Speeds Up the Progress of Color in Developing *F. chiloensis* Fruit through the Activation of PAL, CHS and ANS, Key Genes of the Phenylpropanoid/Flavonoid and Anthocyanin Pathways. *Int. J. Mol. Sci.*, 23(7). <https://doi.org/10.3390/ijms23073854>
- Moreno Álvarez, J., Rodríguez, G., Aponte, H., y Camacho, D. R. (2004). Physiochemical changes in two sweet liquors aromatized with orange and tangerine. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(3).
- Mutlucan, M., y Önder, S. (2025). Citrus Seeds as Potential Vegetable Oil Resources: Oil Content and Some Quality Characteristics of Oil. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 29(3). <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1712467>
- Oh, C. (2020). Simultaneous gas chromatographic quantitation of ethanol and methanol from beer.
- Oliveira, D., Galhardo, J., Ares, G., Cunha, L., y Deliza, R. (2018). Sugar reduction in fruit nectars: Impact on consumers' sensory and hedonic perception. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.025>

- Oliveira, V. de S., Zucoloto, M., Ferreira, L. de S., Barbosa, D. H. S. G., Soares Filho, W. dos S., y Passos, O. S. (2023). Open-access Physico-chemical characterization of orange fruits on different rootstocks. *Rev.Bras.Frusic.*, 45. <https://doi.org/10.1590/0100-29452023814>
- Ożarowski, M., y Karpiński, T. (2020). Extracts and flavonoids of *Passiflora* species as promising anti-inflammatory and antioxidant substances. *Current Pharmaceutical Design*. <https://doi.org/10.2174/1381612826666200526150113>
- Pedro Júnior, M. J., Hernandez, J. L., Blain, G. C., y Bardin-Camparotto, L. (2014). Open-access Curva de maturação e estimativa do teor de sólidos solúveis e acidez total em função de graus-dia: uva IAC 138-22 “Máximo”. *Agrometeorologia*, 73(1). <https://doi.org/10.1590/brag.2014.011>
- Pereira da Silva, M. A., Rocha Plácido, G., Caliar, M., de Sousa Carvalho, B., Marins da Silva, R., Cagnin, C., Siqueira de Lima, M., Moraes do Carmo, R., y César Francisco da Silva, R. (2015). Physical and chemical characteristics and instrumental color parameters of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *African Journal of Agricultural Research*, 10(10). <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9179>
- Pereira, Z. C., Cruz, J. M. A., Corrêa, R. F., Sanches, E., Campelo, P., y Bezerra, J. (2023). Passion fruit (*Passiflora* spp.) pulp: A review on bioactive properties, health benefits and technological potential. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112626>
- Pineda Bermeo, I. C. (2019). Desarrollo y optimización de aperitivos de cáscaras de mandarina y hojas de higo. Universidad del Azuay.
- Pinzón, I. M. del P., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agricultural and Food Sciences*.
- Prezioso, I., Fioschi, G., Rustioni, L., Mascellani, M., Natrella, G., Venerito, P., Gambacorta, G., y Paradiso, V. M. (2023). Influence of prolonged maceration on phenolic compounds, volatile profile and sensory properties of wines from Minutolo and Verdeca, two Apulian white grape varieties. *LWT*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115698>
- Ramaiya, S. D., Bujang, J. S., y Zakaria, M. H. (2018). Nutritive Values of Passion Fruit (*Passiflora* Species) Seeds and Its Role in Human Health. *Journal of Agriculture Food and Development*, 4, 23–30.

- Ramaiya, S., Bujang, J., Zakaria, M., y Saupi, N. (2019). Nutritional, mineral and organic acid composition of passion fruit (*Passiflora* species). *Food Research*, 3(3), 231–240.
- Rojas Castaño, B. A., Narváez Zamora, L. J., y Castañeda-Gómez, J. F. (2021). Técnicas de extracción, constituyentes volátiles, y ensayos biológicos de los aceites esenciales de algunas especies de pasifloras en Colombia. *Erasmus Semilleros de Investigación*, 7–14.
- Ruiz-Colunga, C. E., Filoteo-Razo, J., Barrón-Zambrano, J. H., Martínez-Angulo, J., Elizondo-Leal, J. C., Diaz-Manriquez, A., Saldivar-Alonso, V. P., Delgado-Martínez, R., González-Gutierrez, I., y Hernandez-Garcia. (2024). Optoelectronic system for measuring the sugar content in citrus fruits. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2699/1/012003>
- Sachan, N., y Kumar, V. (2022). A Critical Review on Physiological Changes during Growth Maturation and Ripening of Citrus Fruits. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 4(11), 146–159.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C., & Rustom, A. (1996). Parámetros de color del jugo de granadilla (*Passiflora edulis* Sims): influencia de la época de cosecha de la fruta/ Color parameters of passion fruit juice (*Passiflora edulis* Sims): influence of harvest season. *CSIC*, 2(1). <https://doi.org/10.1177/10820132960020010>
- Shahbani, N. S., Ismail, H. A., Ramaiya, S. D., Saupi, N., Fakhruddin, I. M., y Awang, M. A. (2021). Determination of fruit maturation and ripening potential on postharvest quality of *Passiflora quadrangularis* L. *AIP Conf. Proc.* <https://doi.org/10.1063/5.0051963>
- Stitou, M., Fadli, A., Chetto, O., Talha, A., Benkirane, R., & Benyahia, H. (2017). Fruit Quality Analysis in Four New Mandarin Hybrids during Maturation Period. *Annual research & review in biology*. <https://doi.org/10.9734/arrb/2017/37108>
- Stounbjerg, L., Vestergaard, C., Andreasen, B., y Ipsen, R. (2018). Beverage clouding agents: Review of principles and current manufacturing. *Food Reviews International*, 34. <https://doi.org/10.1080/87559129.2017.1373286>
- Stubbs, C. J., Larson, R., y Cook, D. D. (2022). Maize stalk stiffness and strength are primarily determined by morphological factors. *Scientific Reports*, 12(720). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04114-w>
- Suparathana, P., y Ginting, A. R. (2025). The Effect of Soaking Time on Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Berastagi Sweet Orange

(*Citrus sinensis*) Infused Water: A Mixed-Methods Study. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1584. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1584/1/012086>

- Tarancón, P., Cebrián, B., Fernández-Serrano, P., y Besada, C. (2022). Relation between Rind Pigmentation and Internal Quality of Blood Orange ‘Sanguinelli’: Physicochemical and Sensory Studies. *horticulturae*, 8(448). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050448>
- Uvidia Armijo, J. H., Luna Fox, S. B., Montero Mora, M. C., y Uvidia Armijo, L. A. (2024). Relación entre el color y la actividad antioxidante en *Solanum quitoense*: Un análisis a través de la escala CIELAB. *Acciones Transdisciplinarias desde enfoques educativos*, 4(4). [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)356](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)356)
- Wang, J., Zheng, D., Cui, Q., Xu, S., y Jiang, B. (2019). Study on Tensile Mechanical Property and Microstructure of Fruit and Vegetable Peels. *inmateh*, 59(3). <https://doi.org/10.35633/inmateh-59-25>
- Yuan, Y., Huang, Z., Wang, Y., Deng, L., Wang, T., Cao, D., Liao, L., Xiong, B., Tu, M., Wang, Z., y Wang, J. (2025). Variety Effect on Peelability and Mechanisms of Action of Late-Ripening Citrus Fruits. *plants*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/plants14091349>
- de Macvean, A. L. E., y Macdougall, J. (2012). Diversidad, distribución e importancia económica de Passifloraceae de Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala*, 2, 17–32.
- de Souza Silva, G., da Silva Campelo Borges, G., Pinho da Costa Castro, C. D., de Tarso Aidar, S., Telles Biasoto Marques, A., Tonetto de Freitas, S., Poloni Rybka, A. C., y Cardarelli, H. R. (2020). Physicochemical quality, bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of a new variety of passion fruit cv. BRS Sertão Forte (*Passiflora cincinnata* Mast.) from Brazilian semiarid region. *Scientia Horticulturae*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109595>

ANEXOS

Anexo 1. *Diseño experimental*

Muestra	Cantidad de Pulpa	Cantidad de Azúcar	Tiempo de Maceración
M1	-1	-1	-1
M2	+1	-1	-1
M3	-1	+1	-1
M4	+1	+1	-1
M5	-1	-1	+1
M6	+1	-1	+1
M7	-1	+1	+1
M8	+1	+1	+1
M9	0	0	0
M10	0	0	0
M11	0	0	0
M12	0	0	0

Los valores codificados para las variables evaluadas fueron: cantidad de pulpa (-1 = 125 g, 0 = 225 g y +1 = 325 g), cantidad de azúcar (-1 = 40 g, 0 = 70 g y +1 = 100 g) y tiempo de maceración (-1 = 1 semana, 0 = 2 semanas y +1 = 3 semanas).

Anexo 2. Medianas de las evaluaciones sensoriales

Muestra	Apariencia		Olor				Sabor			Aceptabilidad general	
	Color	Transparencia	Cuerpo	Aroma	Intensidad	Regusto	Grado Alcohólico	Dulzor	Acidez		Amargor
M1	5	6	6	5	6	5	5	6	6	6	6
M2	6	6	6	6	6	5	6	5	5	5	6
M3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
M4	6	6	6	6	6	5.5	6	6	5.5	6	6
M5	6	6	6	6	5	7	7	7	6	6	6
M6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6
M7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
M8	6	6	6	6	6	4	4	6	6	5	5
M9	6	6	6	6	5	5	5	6	5	5	5
M10	6	5	6	6	6	6	5	6	6	6	6
M11	6	7	6	6	5	5	5	6	6	6	6
M12	6	6	6	6	6	6	5	6	5	5	6

