



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA EN ALIMENTOS

TEMA:

**“ELABORACIÓN Y FORMULACIÓN DE UNA SIDRA ARTESANAL CON FRUTOS
ROJOS Y CÍTRICOS”.**

AUTOR(A)

Murillo Santana Zully Monserrate.

TUTOR:

Ing. Edison Grego lavayen Delgado Ph.D.

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ELABORACIÓN Y FORMULACIÓN DE UNA SIDRA ARTESANAL CON FRUTOS
ROJOS Y CÍTRICO”.**

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, como requisito para obtener el título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Aprobado por el Tribunal Examinador:

DECANO DE LA FACULTAD

DIRECTOR

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

Certificación del Tutor

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Murillo Santana Zully Monserrate**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Industrial, periodo académico **2023-2**, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Elaboración y formulación de una sidra artesanal con frutos rojos y cítricos"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.



Ing. Lavayen Delgado Edison Grego, Ph.D.
TUTOR DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE TESIS

Murillo Santana Zully Monserrate, estudiante de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería en Alimentos, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado **“Elaboración y formulación de una sidra artesanal con frutos rojos y cítricos”**. Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Lavayen Delgado Edison Grego Ph.D. y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Murillo Santana Zully Monserrate.
C.I. 1351055478



Ing. Lavayen Delgado Edison Grego Ph.D.
C.I. 1308666369

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco infinitamente a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada etapa de este camino. Gracias por darme sabiduría, salud, paciencia y la oportunidad de cumplir uno de los sueños más importantes de mi vida.

A mi querido padre, quien hoy descansa en el cielo. Aunque ya no está físicamente a mi lado, su amor, sus enseñanzas y los recuerdos que dejó en mi corazón fueron la fuerza que me impulsó a no rendirme. Espero que, desde el cielo, se sienta orgulloso de la persona en la que me he convertido y de este sueño que hoy logro alcanzar.

A mi amada madre por ser ese pilar que nunca permitió que me derrumbara, gracias por ser mi apoyo incondicional, por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba de mis capacidades. Gracias por cada palabra de aliento, por los sacrificios realizados y por acompañarme en cada paso de este largo proceso. Este logro también les pertenece, porque sin ustedes no habría sido posible llegar hasta aquí.

Mis queridos hermanos, los aprecio por estar siempre a mi lado, por motivarme y por conmemorar cada pequeño avance que tengo en este camino. Su compañía, confianza y afecto fueron una motivación permanente.

Estoy muy agradecido con mis tíos, Leonel Santana, Marisol Santana, Orley Santana, Julio Santana y Daniel Álvarez, por su cariño, apoyo y guía en esta etapa tan importante de mi vida. Cada uno, a su manera, contribuyó para que él nunca se desanimara en su intento de alcanzar este objetivo.

A mis queridos abuelos, Celestino Santana y Mercedes Delgado, gracias por su amor infinito, por sus enseñanzas, sus oraciones y por ser un ejemplo de esfuerzo, humildad y perseverancia. Su cariño ha sido uno de los pilares más importantes de mi vida.

A mis queridas primas, gracias por su compañía, sus palabras de ánimo, por celebrar mis pequeños avances y por recordarme siempre que los sueños se alcanzan con esfuerzo y dedicación.

Finalmente, quiero agradecer de manera especial a mis amigas Naydelin Véliz Suárez, Jasuri Pacheco Medina y Adriana Toro Macías. Gracias por acompañarme en esta etapa de la universidad, por compartir mis preocupaciones y alegrías, así como las noches sin dormir y los momentos inolvidables. Gracias a su confianza y amistad, este proceso cobró mayor relevancia. Además de este triunfo académico, me llevo la posibilidad de haber cultivado una amistad auténtica que siempre recordaré.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y agradecimiento, le dedico esta obra a Dios por haberme proporcionado la fortaleza necesaria para vencer cada impedimento y dejarme llegar hasta este objetivo tan significativo en mi vida.

A mi padre, quien ahora me cuida desde el cielo y aunque físicamente ya no este conmigo, jamás dejara de habitar en mi corazón. Este logro es para ti, porque fuiste una inspiración constante y porque muchas veces encontré fuerzas en el recuerdo de tu amor y de tus enseñanzas. Sé que, donde quiera que estés, compartes conmigo la felicidad de este momento.

A mi querida madre y a mis hermanos, quienes han sido mi mayor motivación para seguir adelante. Gracias por su amor incondicional, su paciencia, sus sacrificios y por nunca dejar de creer en mí. Este triunfo también les pertenece, porque cada esfuerzo realizado durante este camino estuvo acompañado por su apoyo y su cariño.

A mi familia Santana Delgado, por estar siempre presente en los momentos más importantes de mi vida y por brindarme el amor, la fortaleza y el apoyo necesario para nunca rendirme.

Y, finalmente, me dedico este logro a mí misma, por no abandonar mis sueños a pesar de las dificultades, por cada noche de esfuerzo, cada sacrificio, cada lágrima y cada momento de incertidumbre. Hoy comprendo que todo valió la pena y que este es solo el comienzo de nuevos sueños y nuevos desafíos.

Con todo mi amor y gratitud, dedico este logro a ustedes, por haber estado conmigo y no dejarme sola, por creer en mí y por apoyarme incondicionalmente.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo formular y caracterizar una sidra artesanal elaborada a partir de frutos rojos (mora, pitahaya y guayaba) y frutos cítricos (limón, toronja y mandarina), mediante un proceso de fermentación alcohólica, con el propósito de determinar sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Se empleó un diseño experimental factorial 3×3 , constituido por tres niveles del factor frutos rojos y tres niveles del factor frutos cítricos, generándose nueve tratamientos con tres réplicas por tratamiento. La fermentación se realizó a temperatura ambiente durante 7 a 10 días, utilizando *Saccharomyces cerevisiae* en una proporción de 0,50 g por cada 300 mL de mosto y un contenido inicial de sólidos solubles de 12–14 °Brix. Se determinaron pH, acidez titulable, densidad, sólidos solubles, grado alcohólico y parámetros microbiológicos; además, la aceptación sensorial se evaluó mediante una prueba hedónica de cinco puntos con jueces no entrenados.

Los resultados evidenciaron cambios fisicoquímicos asociados con la fermentación alcohólica, caracterizados por la disminución del pH, los sólidos solubles y la densidad, junto con el incremento del grado alcohólico. El pH final osciló entre 2,95 y 3,38, mientras que el grado alcohólico se ubicó entre 5,1 y 6,5 % v/v. El análisis microbiológico permitió caracterizar el comportamiento de los tratamientos y la evaluación sensorial identificó a T2, T4 y T5 como los tratamientos con mayores puntuaciones de aceptación general. Los datos experimentales fueron analizados mediante ANOVA factorial y prueba de comparación múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Se concluye que la combinación de frutos rojos y cítricos constituye una alternativa tecnológica viable para la elaboración de una bebida fermentada de tipo sidra. Las variaciones observadas en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales evidencian la influencia de las materias primas y de su interacción sobre el comportamiento del producto durante el proceso fermentativo.

Palabras clave: sidra artesanal, frutos rojos, frutas cítricas, fermentación alcohólica, diseño factorial, análisis fisicoquímico, análisis microbiológico, evaluación hedónica.

ABSTRACT

This study aimed to formulate and characterize an artisanal cider produced from red fruits (blackberry, pitahaya, and guava) and citrus fruits (lemon, grapefruit, and mandarin) through an alcoholic fermentation process, in order to determine its physicochemical, microbiological, and sensory characteristics. A 3×3 factorial experimental design was used, comprising three levels of the red-fruit factor and three levels of the citrus-fruit factor, resulting in nine treatments with three replicates per treatment. Fermentation was carried out at ambient temperature for 7 to 10 days using *Saccharomyces cerevisiae* at a ratio of 0.50 g per 300 mL of must, with an initial soluble-solids content of 12–14 °Brix. pH, titratable acidity, density, soluble solids, alcohol content, and microbiological parameters were determined; sensory acceptability was assessed using a five-point hedonic test with untrained panelists.

The results showed physicochemical changes associated with alcoholic fermentation, characterized by decreases in pH, soluble solids, and density, together with an increase in alcohol content. Final pH values ranged from 2.95 to 3.38, whereas alcohol content ranged from 5.1 to 6.5% v/v. Microbiological analysis allowed the behavior of the treatments to be characterized, while treatments T2, T4, and T5 obtained the highest overall acceptance scores in the sensory evaluation. The experimental data were analyzed using factorial analysis of variance and Tukey's multiple comparison test at a significance level of $\alpha = 0.05$.

The study concludes that the combination of red and citrus fruits is a technologically viable alternative for producing an artisanal fermented beverage of cider type. The observed variations in physicochemical, microbiological, and sensory characteristics demonstrate the influence of the raw materials and their interaction on product behavior during fermentation.

Keywords: artisanal cider, red fruits, citrus fruits, alcoholic fermentation, factorial design, physicochemical analysis, microbiological analysis, hedonic evaluation.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes	14
1.2 Marco teórico.....	15
1.2.1 Sidra	15
1.2.2 Según su clasificación general de sidras:	16
1.2.3 Según su clasificación con base en dulzor:	17
1.2.4 Mora (<i>Rubus glaucus</i>)	18
1.2.5 Pitahaya (<i>Hylocereus</i>)	19
1.2.6 Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	19
1.2.7 Limón (<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.f.)	20
1.2.8 Toronja (<i>Citrus paradisi</i>)	21
1.2.9 Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>).....	22
1.2.10 Importancia de las frutas seleccionadas.	23
1.2.11 Características organolépticas de la sidra	23
1.3. Planteamiento del problema	24
1.4. Justificación	24
1.5. Pregunta de investigación.....	25
1.6. Hipótesis.....	25
1.7. Objetivos	25
1.7.1 Objetivo general	25
1.7.2 Objetivos específicos	25
2. METODOLOGÍA	26
2.1 Normas INEN aplicables a análisis fisicoquímicos y microbiológicos en bebidas fermentadas.	26
2.1.1 Determinación de pH.....	26
2.1.2 Acidez titulable (expresada como ácido cítrico g/L)	26
2.1.3 Grado alcohólico (% v/v).....	27
2.1.4 Densidad (g/mL).....	27
2.1.5 Sólidos solubles (°brix)	28
2.1.6 Análisis microbiológico.....	28
2.1.7 normativa para medir mesófilos:.....	28
2.2 Materiales y métodos	29

2.3 Método de investigación	30
2.4 Ubicación	30
2.5 Procedimiento.....	30
2.6 Estadística	31
2.7 Análisis sensorial	31
2.8 Diseño experimental.....	31
2.9 Variables independientes	32
2.10 Variables dependientes	32
2.10.1 Físicoquímicas:.....	32
2.10.2 Sensoriales:	32
2.11 Variables controladas.....	33
2.11.1 Formulación de mezcla:.....	34
3. RESULTADOS	35
3.1 Análisis Físicoquímico	35
3.1.1 Análisis pH día 0.....	35
3.1.2 Análisis pH día 15.....	39
3.1.3 Acidez Titulable día 0	43
3.1.4 Análisis De Acidez Titulable día 15.....	46
3.1.5 Análisis De °Brix día 0	49
3.1.6 Análisis °brix día 15	53
3.1.7 Análisis de densidad del día 0	56
3.1.8 Análisis De Densidad del día 15	59
3.2 Análisis Microbiológico	62
3.2.1 Análisis De Mesófilos Aerobios día 0.....	62
3.2.2 Análisis De Mesófilos Aerobios día 15.....	65
3.2.3 Análisis Microbiológico Mohos Y Levaduras día 0	68
3.2.4 Análisis Microbiológico Mohos Y Levaduras Día 15	71
3.3 Análisis Del °Alcohólico.....	74
3.4 Análisis Sensorial	77
3.4.1 Análisis De Apariencia.....	77
3.4.2 Análisis De Color.....	80
3.4.3 Análisis De Aroma.....	83
3.4.4 Análisis De Textura	86
3.4.5 Análisis De Sabor	89

3.4.6 Análisis De Aceptabilidad.....	92
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
5. CONCLUSIONES.....	97
6. RECOMENDACIONES.....	98
7. REFERENCIAS.....	99
ANEXO	102

INDICE DE TABLA

Tabla 1:ANOVA.....	34
Tabla 2: Análisis de varianza pH día 0.....	35
Tabla 3: Medias ajustadas de los frutos rojos.	36
Tabla 4: Medias ajustadas de los frutos cítricos.....	37
Tabla 5: Media de los frutos rojos y frutos cítricos.	37
Tabla 6: Medias de los frutos rojos y los frutos cítricos.	38
Tabla 7: Análisis de la Varianza del análisis de pH del día 15.....	39
Tabla 8: Medias de los frutos rojos.....	40
Tabla 9: Medias de los frutos rojos.....	41
Tabla 10: Medias de los frutos rojos y los frutos cítricos.	42
Tabla 11: Análisis de varianza de la acidez del día 0.....	43
Tabla 12: medias de los frutos rojos	44
Tabla 13: Medias de los frutos cítricos.	44
Tabla 14: Medias de los frutos rojos y los frutos cítricos	45
Tabla 15: Análisis de varianza de la acidez titulable del día 15.....	46
Tabla 16: Media de los frutos rojos.....	47
Tabla 17: Media de los frutos rojos.....	48
Tabla 18: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.....	48
Tabla 19: Análisis de varianza de °Brix del día 0	49
Tabla 20: Media de los frutos rojos.....	50
Tabla 21: Media de los frutos cítricos.....	51
Tabla 22: Media de los frutos rojos y cítricos	52
Tabla 23: Análisis de varianza del análisis de densidad del día 0.....	56
Tabla 24: Media de los frutos rojos.....	57
Tabla 25: Media de los frutos cítricos.....	58
Tabla 26: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.....	59
Tabla 27 Análisis de varianza del análisis de densidad del día 15.....	59
Tabla 28: Media de los frutos rojos.....	60
Tabla 29: Media de los frutos cítricos.....	61
Tabla 30: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.....	61
Tabla 31: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos M.A del día 0.	62
Tabla 32: Media de los frutos rojos.....	63
Tabla 33: Media de los frutos cítricos.....	64
Tabla 34: Media de los frutos rojos y de los frutos cítricos.....	64
Tabla 35: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos M.A del día 15	65

Tabla 36: Media de los frutos rojos.....	66
Tabla 37: Media de los frutos cítricos.....	67
Tabla 38: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.....	67
Tabla 39: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos de M/L del día 0	68
Tabla 40: Media de los frutos rojos.....	69
Tabla 41: Media de los frutos cítricos.....	70
Tabla 42: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.....	70
Tabla 43: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos M/L del día 15	71
Tabla 44: Media de los frutos rojos.....	72
Tabla 45: Media de los frutos cítricos.....	73
Tabla 46: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.....	73
Tabla 47: Análisis de varianza del °alcohólico.	74
Tabla 48: Media de los frutos rojos.....	75
Tabla 49: Media frutos cítricos.	76
Tabla 50: Media frutos rojos y frutos cítricos.	76
Tabla 51: Análisis de varianza de apariencia	77
Tabla 52: Media catador de apariencia	78
Tabla 53: Media tratamiento de apariencia.	79
Tabla 54: Análisis de varianza de color.....	80
Tabla 55: Media de catador de color.	81
Tabla 56: Media de tratamiento de color.....	82
Tabla 57: Análisis de varianza de aroma.....	83
Tabla 58: Media de catador de aroma	84
Tabla 59: Media de tratamiento de aroma.....	85
Tabla 60: Análisis de varianza de textura.....	86
Tabla 61: Media de catador de textura.	87
Tabla 62: Media tratamiento de textura.	88
Tabla 63: Análisis de varianza de sabor	89
Tabla 64: Media de catador de sabor.....	90
Tabla 65: Media de tratamiento de sabor.	91
Tabla 66: Análisis de varianza de aceptabilidad	92
Tabla 67: Media catador de aceptabilidad.....	93
Tabla 68: Media de tratamiento de aceptabilidad.	94

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria alimentaria ha experimentado una creciente demanda de bebidas fermentadas elaboradas con materias primas naturales, capaces de ofrecer no solo características sensoriales atractivas, sino también un mayor valor nutricional y funcional. Esta tendencia ha propiciado la creación de productos novedosos que incluyen frutas distintas a las que se emplean convencionalmente, satisfaciendo así los gustos de clientes que buscan alimentos con características saludables, identidad regional y procesos de producción más artesanales.

La sidra es una bebida fermentada que se elabora, de manera tradicional, a través de la fermentación del zumo de manzana. No obstante, el progreso en la tecnología alimentaria ha posibilitado la expansión de las opciones de formulación a través del uso de frutas que contienen una gran cantidad de antioxidantes, compuestos bioactivos, minerales y vitaminas. Bajo estas circunstancias, los frutos rojos y las frutas cítricas constituyen una opción con mucho potencial por sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas, que tienen la capacidad de elevar la calidad del producto final y agregar atributos distintivos.

Ecuador tiene una gran variedad de frutas cítricas y tropicales, entre las que resaltan la toronja (*Citrus paradisi*), la guayaba (*Psidium guajava*), el limón (*Citrus limon*), la mora (*Rubus glaucus*), la mandarina (*Citrus reticulata*) y la pitahaya (*Hylocereus spp.*). Estas frutas se distinguen por su alto contenido de vitamina C, compuestos fenólicos, flavonoides y otros metabolitos que tienen propiedades antioxidantes. También contribuyen con colores, aromas y sabores que enriquecen el perfil sensorial de las bebidas fermentadas.

Para diversificar la oferta de este tipo de productos e impulsar la utilización de insumos producidos localmente, se puede emplear en la elaboración de sidra artesanal.

Las levaduras transforman los azúcares presentes en el mosto en dióxido de carbono y etanol durante la fermentación alcohólica, lo que causa alteraciones en parámetros como la densidad, el pH, la acidez titulable, el grado de alcohol y los sólidos solubles. Para determinar la calidad, la inocuidad y la estabilidad de la bebida que se produce, además de su aceptación por parte de los consumidores, es imprescindible analizar estas variables junto con las pruebas sensoriales y microbiológicas.

En este contexto, la finalidad de la presente investigación fue elaborar y diseñar una sidra artesanal mediante diferentes mezclas de frutas rojas y cítricas, aplicando un método controlado

de fermentación alcohólica. Para ello, se empleó un diseño factorial $A \times B$. Se analizaron las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las diferentes formulaciones con el fin de identificar cuáles presentaron una mejor productividad durante la fermentación y cuáles fueron más valoradas por los jueces evaluadores.

Los hallazgos confirmaron que, al incorporar cítricos y frutos rojos, la sidra artesanal presenta un impacto importante en sus propiedades, lo que resulta en formulaciones con parámetros fisicoquímicos apropiados, calidad microbiológica aceptable y buena aceptación sensorial. Por lo tanto, la investigación brinda datos científicos y técnicos que promueven el desarrollo de nuevas bebidas fermentadas. Esta perspectiva fomenta la utilización de frutas con un valor nutritivo y funcional elevado, además de la variedad en la producción artesanal del sector agroalimentario.

1.1 Antecedentes

La sidra, tradicionalmente elaborada a partir de manzanas, ha sido objeto de definiciones, normativas que varían según el marco regulatorio. Según lo mencionado en el reglamento técnico, el (CAA) Código Alimentario Argentino define a la sidra como el producto resultante de la fermentación alcohólica del jugo de frutas, principalmente de las manzanas, contando con una graduación alcohólica mínima del 4,5% vol. (Reglamento del Código Alimentario Argentino, 2025).

Por el contrario, el Codex Alimentarius nos muestra una perspectiva de una manera más amplia, incluyendo distintas variedades como la sidra de pera y también la cidre bouché, que se diversifican mediante el contenido de azúcar y también del método de producción, lo que refleja una flexibilidad mayor en términos de materias primas y estilos aceptados internacionalmente (Codex Alimentarius, 2024). Esta distinción de regulación resulta fundamental para así poder desarrollar bebidas fermentadas innovadoras que lleven incorporadas frutas tropicales y también frutas funcionales como son la mora, la pitahaya o la guayaba, ampliando así la escala sensorial y nutricional de la sidra artesanal.

La actividad industrial dedicada y con enfoque en bebidas fermentadas tienen conocimientos sólidos y se encuentran capacitados para el desarrollo distinguido por la inclusión de frutas las cuales contienen propiedades funcionales que amplían las variedades de materias primas más allá de las manzanas y las peras que son tradicionalmente utilizadas en la producción de sidra. Esta tendencia responde a la creciente demanda de productos naturales, saludables y con un perfil

sensorial diferenciado. Frutas como la mora (*Rubus glaucus*), pitahaya (*Hylocereus* spp.), guayaba (*Psidium guajava*), limón (*Citrus limon* (L.) Burm.f.), toronja (*Citrus paradisi*) y mandarina (*Citrus reticulata*) han demostrado aportar compuestos bioactivos, antioxidantes, vitaminas y minerales que enriquecen tanto las propiedades nutricionales como organolépticas de la atracción del fermento, sustancias. .

Esta diversificación de ingredientes permite desarrollar formulaciones innovadoras que integran frutas tropicales y cítricas con un alto valor funcional, fortaleciendo la identidad sensorial de productos como la sidra artesanal (Sánchez, 2021).

Las moras aportan antocianinas y flavonoides con alta capacidad antioxidante (Martínez, 2020), además de un color intenso que mejora la apariencia del producto. La pitahaya destaca por su contenido en fibra dietética, betalinas y bajo contenido calórico que la convierte en un ingrediente funcional atractivo (Cerna, 2020). La guayaba es reconocida por su elevado contenido de vitamina C, carotenoides y flavonoides, además de su aroma característico. Por su parte, el limón y la toronja aportan acidez natural, flavonoides, vitamina C y propiedades digestivas, inmunoestimulantes y cardiovasculares y la mandarina aporta un equilibrio agradable entre dulzor y acidez. (De la Rosa Hernández et.al. & leal, 2025).

La inclusión de estas frutas en la formulación de sidra artesanal responde a la demanda creciente de productos naturales, saludables y con identidad sensorial propia. Esta tendencia impulsa el desarrollo de bebidas fermentadas innovadoras que combinan beneficios funcionales con perfiles organolépticos diferenciados, contribuyendo a la diversificación del mercado y al aprovechamiento de frutas tropicales y cítricas de alto valor nutricional (Macías, 2020).

1.2 Marco teórico

1.2.1 Sidra

Según el Código Alimentario Argentino, la sidra se define como "una bebida obtenida únicamente de la fermentación alcohólica normal de extractos de frutas, en este caso recién preparadas a partir de manzanas sanas y limpias, para uso industrial con o sin adición de hasta un 10% de jugo de pera, obtenida en idénticas condiciones que el jugo de manzana y fermentadas juntas o por separado. Tendrá aproximadamente un 4% de alcohol". y de 0,3 a 20°C (Ablin, 2011).

El Codex alimentarius hace referencia a un marco sobre la caracterización de los productos, por lo cual refiere a la sidra junto con la sidra de pera como “vinos de fruta elaborados a base de manzana (sidra) y pera (sidra de pera). Incluye también la cidre bouché” lo que significa “sidra corchada” la cual se diferencia en sidra seca, sidra dulce y sidra semiseca puesto que la sidra es elaborada a partir de distintas variedades de manzanas las cuales pasan por un proceso de transformación en zumo de manzana en un estado de fermentación lo que permite obtener una bebida alcohólica. (Villarreal & Malaspina, 2020).

Existen distintos tipos de sidra debido a su naturaleza e incluso existen países productores como Francia y Gran Bretaña porque tienen sus propios tipos de sidra entre los cuales podemos encontrar la sidra francesa que es producida con regularidad de forma más natural sin la presencia de aditivos e incluso sin la aplicación de técnicas modernas de elaboración obteniendo un sabor más afrutado comparado con la sidra inglesa que contiene un grado alcohólico mayor, sin embargo se describen distintos tipos de sidra más comunes tanto en su clasificación general como en su base de azúcar presente. (Heikefelt, 2011).

La sidra se puede clasificar tanto por sus características generales como por su grado de dulzor. En cuanto a la clasificación general, existen tipos como la sidra dulce, la de hielo y la sidra achampañada, cada uno con diferentes procesos de elaboración y graduación alcohólica. Por otro lado, dependiendo del contenido de azúcar, se distingue sidras secas, semisecas y sidras dulces con intervalos de concentración y contenido alcohólicos específicos (Gutiérrez, 2016).

1.2.2 Según su clasificación general de sidras:

La sidra, como bebida fermentada elaborada principalmente a partir de manzanas, presenta diversas variantes según su proceso de producción, grado de fermentación y características sensoriales. Según su clasificación general, se distinguen tres tipos principales: sidra dulce, sidra de hielo y sidra achampañada o gasificada, cada una con particularidades técnicas y organolépticas que responden a diferentes preferencias del consumidor y contextos de elaboración. (Paredes, 2024).

1.2.2.1 Sidra dulce: Es un tipo de sidra que se caracteriza por conservar un alto contenido de azúcares naturales de la manzana, ya sea porque la fermentación alcohólica se detiene antes de que las levaduras transformen todos los azúcares en alcohol, o porque se utilizan técnicas de elaboración que favorecen un perfil más suave y azucarado. El resultado es un jugo de manzana

fresco y naturalmente dulce que conserva los azúcares originales de la fruta. Esta bebida es especialmente apreciada por su sabor suave y porque los nutrientes de las manzanas, como vitaminas, minerales y antioxidantes, están intactos. Aunque no contiene alcohol, se comercializa con el nombre de sidra debido a la tradición y por su parecido con el proceso original de extracción del jugo (Betancurt, 2008).

1.2.2.2 Sidra de hielo: representa una variante más sofisticada y concentrada. Su elaboración parte del mosto de manzana que ha sido sometido a un proceso de congelación natural, técnica que permite separar el agua del resto de los componentes mediante crio concentración. Esta práctica da lugar a un líquido más denso, con mayor concentración de azúcares y compuestos aromáticos, lo que se traduce en una bebida con un grado alcohólico más elevado y un perfil sensorial complejo. La sidra de hielo es reconocida por su dulzor intenso, cuerpo robusto y notas afrutadas profundas, siendo considerada una bebida gourmet en mercados especializados (González, 2020)

1.2.2.3 Sidra achampañada o gasificada: La sidra que se fabrica en Inglaterra, Irlanda y Francia, es un producto industrializado, gasificada dulce del tipo del champán, fabricada a base de zumo de manzana, mosto y concentrados con añadidos de gas y edulcorantes, se distingue por su efervescencia y por un proceso de elaboración más elaborado. Esta variedad de sidra logra alcanzar una concentración alcohólica que oscila entre 6°C y 8°G.L, y se le procede a realizar una segunda fermentación ya sea contenida en una botella o en un barril, siendo así similar al método tradicional utilizado para la elaboración de champagne. Antes de proceder con este paso, el líquido debe pasar por un proceso de filtración el cual se encarga de eliminar impurezas y sedimentos, certificando una bebida limpia y con aspecto brillante. La carbonatación puede ser de manera natural siendo producto de una fermentación secundaria o provocada por la añadidura de dióxido de carbono. El resultado es una sidra de burbuja fina, sabor refrescante y presentación elegante, ideal para celebraciones y ocasiones especiales (Malaspina, 2020).

1.2.3 Según su clasificación con base en dulzor:

1.2.3.1 Seca:

su concentración es menor a 30g azúcar L-1, su grado alcohólico es mayor a 5°G.L.

1.2.3.2 Semiseca:

su concentración varía de 30 a 50g azúcar L-1 y su grado alcohólico es de 3-5°G.L.

1.2.3.3 Dulce:

su concentración es mayor de 50g azúcar L-1 con un límite máximo de 80 gL—1 y un grado alcohólico inferior a 3–G.L. (Gutiérrez, 2016)

1.2.4 Mora (*Rubus glaucus*)

Es una fruta que se reconoce ampliamente con el contenido de antocianina alta, flavonoides y otros compuestos de fenol que proporcionan propiedades antioxidantes. Estos compuestos contribuyen a la prevención del daño celular y una reducción en el riesgo de enfermedad crónica. Asimismo, su color intenso característico y su gusto logran enriquecer el perfil organoléptico de los productos fermentados (Acuña, 2011).

Sin embargo, la inestabilidad en la administración puede llegar a causar problemas importantes debido a que se trata de una fruta no climática con una vida útil corta y de textura suave. Su contenido el cual es alto en compuestos bioactivos y su perceptibilidad frente a cambios fisicoquímicos que afectan su calidad y también su aceptabilidad, mientras que en las etapas de postcosecha, empaque, transporte y venta pueden ocurrir daños como en la pérdida de pigmentación de la fruta, la deformación, fermentación y también la presencia de hongos como el *botrytis cinérea*, el cual limita su vida útil. (Mogollón, 2010).

La mora es una fruta no climática y tiene propiedades que destacan por su alto contenido en minerales y vitaminas, por lo que se considera una buena opción de exportación tanto en fresco para continuar su vida comercial y también como fruta congelada, debido a que posee un gran potencial en la industria alimentaria. Sin embargo, debido a la fragilidad de las moras y su corta vida útil de 3 a 5 días, deben manipularse con mucho cuidado después de la cosecha, ya que el fruto puede perder hasta un 70% de su peso si no se toman las medidas adecuadas para evitar la pérdida de calidad.

Para mantener su aspecto fresco y tan prometedora calidad es necesario utilizar medidas como la refrigeración o la congelación, entre otras, porque tiene un contenido de humedad muy alto (91%) y por tanto es susceptible al desarrollo de hongos, lo que afecta su apariencia y vida útil. En el sector hortofrutícola, un objetivo común es garantizar la calidad y seguridad del producto mediante el tratamiento térmico; Sin embargo, en el caso de las moras, el tratamiento térmico puede afectar significativamente a sus propiedades antioxidantes, además de conseguir un resultado negativo en cuanto al valor nutricional y propiedades sensoriales de la fruta, por ello,

las tecnologías no térmicas han sido estudiadas como alternativas más sostenibles que contribuyen, por un lado, a la reducción del consumo energético, por otro, al impacto ambiental y, por último, al mismo tiempo a mantener la calidad del producto fresco (Villegas, 2016).

1.2.5 Pitahaya (*Hylocereus*)

Conocido como "fruta dragón" se destaca por su contribución a las fibras, pagos y MLS nutricionales, que promueve la digestión y el metabolismo. Su celulosa con una tonalidad sorprendente produce un valor estético importante en las bebidas, mientras que su contenido bajo en calorías y sus compuestos bioactivos se colocan como un ingrediente funcional en la industria alimentaria (Ruiz. A. V., 2020).

“La pitahaya presenta propiedades en su contenido nutricional destacado por su ácido ascórbico (entre 4–25 mg/100 g, mayor en la variedad roja), fibra dietética alta que favorece la digestión, y minerales como calcio, fósforo y hierro. Además, contiene compuestos bioactivos como betalainas (betacianinas y betaxantinas), con actividad antioxidante superior a otras cactáceas como la tuna. Entre sus beneficios para la salud se incluyen la prevención del envejecimiento prematuro, la reducción de la presión arterial, el alivio de problemas digestivos y un potencial efecto protector contra la diabetes y el cáncer de colon” (Verona Ruiz A. U.-C.-M., 2020).

1.2.6 Guayaba (*Psidium guajava* L.)

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es considerada una planta perteneciente a la familia Myrtaceae, que incluye aproximadamente 133 géneros y 3.800 especies de árboles y arbustos. El género *Psidium* contiene cerca de 150 especies y presenta un alto porcentaje de variabilidad en sus poblaciones y con diferencias en el tamaño del fruto, el color de la pulpa y la cáscara, el número de semillas y otras características morfológicas (Calabroni., 2021).

Dentro de sus propiedades destacan los niveles más altos de vitamina C, aún más alto ICII. También contiene carotenoides y flavonoides, que fortalecen su efecto antioxidante. Su intenso aroma y sabor de ácido dulce lo hacen alto en la fruta derivada de bebidas y productos derivados, asegurando tanto la calidad y la sensación nutricionales (Burgos., 2025).

El origen de la guayaba es americano, pero fue establecida en diferentes regiones del mundo, esta fruta se cultiva principalmente por sus propiedades nutritivas, en especial por su alto contenido de ácido ascórbico, vitaminas y minerales como lo son el calcio, el hierro y el fósforo,

así como por la abundancia presente en sus compuestos antioxidantes como los polifenoles y flavonoides (José Carranza Téllez., 2024).

Es apreciada una de las frutas cuyo contenido posee un alto valor y propiedades nutritivas que para la salud son favorables; sin embargo, la mayoría de personas no tienen conocimiento sobre esta información, así también como las variedades que se encuentran existentes dentro de Latinoamérica. Las diversidades ‘Palmira ICA’ y ‘Paluma’ presentan sus mejores características físicas esto debido a su peso respectivamente de 145 y 150 g, y con tamaño y diámetro de 1,24 y 1,20 cm. En lo que pertenece a sus propiedades químicas y el mayor contenido de ácido ascórbico según lo que presentan ‘Palmira ICA’ que es de 170,82 mg e ‘Hidrozac’ con 143,00 mg. Sin embargo, el ‘Regional Blanca’ se destaca como fuente excelente de vitamina C (Paucar., 2022).

El ácido ascórbico (AA) o vitamina C es un nutriente importante que puede tomarse como indicador del valor nutritivo que contiene la fruta y para evaluar el deterioro por efecto del procesamiento. Esta corresponde al grupo de las vitaminas hidrosolubles y es considerada un potente antioxidante (Cepero, 2016)

1.2.7 Limón (*Citrus limon* (L.) Burm.f.)

Los cítricos son un conjunto de especies que pertenecen a la familia de las rutáceas, género *Citrus*, las que desempeñan un papel destacado en la alimentación de millones de personas en el mundo entero. A lo largo de la historia se ha considerado al limón como una fruta con gran cantidad de propiedades funcionales beneficiosas para el organismo por su rica composición química. Sin embargo, muchos de estos efectos funcionales se han asumido como ciertos, más por la tradición que por los estudios específicos que se hayan realizado al respecto.

Sus principales propiedades es la inversión del ácido cítrico, que proporciona frescura y acidez natural, además de la acción como conservante natural para las bebidas fermentadas. Además de su contenido de vitamina C, flavonoides y asimismo promueven la estabilidad del producto (Sanjosé, 2021).

El limón está compuesto mayormente de agua debido a que son las frutas con menor valor calórico, aunque también se debe tener en cuenta que no se consume como una fruta fresca, sino que normalmente se consume solamente el zumo. Esta fruta contiene vitamina C, ácido cítrico y

sustancias de acción astringente que produce una sensación de sequedad, también contiene un mineral abundante como lo es el potasio.

La vitamina C intercede en la formación de colágeno, huesos y dientes, así como también en la formación de glóbulos rojos y ayuda en la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. El ácido cítrico también posee una acción desinfectante y ayuda a potenciar la acción de la vitamina C (Solis, 2006)

1.2.8 Toronja (*Citrus paradisi*)

La toronja (*Citrus paradisi*) o también conocida como pomelo o pamplemusa se considera que es de origen híbrido el cual de acuerdo a varias investigaciones se trata un cruce natural entre el naranjo dulce (*C. sinensis*) y el pummelo (*C. máxima*) que es producido en la India Occidental, en la actualidad se considera que es la segunda fruta cítrica más importante a nivel mundial y también es conocida por su acumulación de compuestos activos biológicamente en la totalidad de la fruta (Hernández., 2016).

Cuenta con propiedades nutricionales y medicinales notables debido a que actúan como antioxidantes e inmunoestimulantes gracias a su alto contenido de vitamina C y flavonoides, la toronja ayuda a contrarrestar el estrés oxidativo, fortalece las defensas inmunitarias y contribuye a prevenir infecciones estacionales, también es beneficiosa para el corazón y la circulación (Santos., 2024).

Los flavonoides, junto con el potasio también juegan un papel fundamental debido a que ayudan y contribuyen el buen funcionamiento del sistema cardiovascular. Su consumo que es regular puede beneficiar en la reducción de la presión arterial y también a mejorar los niveles de colesterol y a su vez funciona como un sustento en el control del peso esto debido a que ayuda en disminuir calorías esto se debe a que es rica en agua y en fibra que favorece en causar la sensación de saciedad. Por ello, se recomienda a menudo en dietas hipocalóricas y como un refrigerio ligero. (Ibáñez, 2024)

La toronja o también conocida como pomelo también tiene como función ayudar a regular el metabolismo, Varios estudios han logrado demostrar que los compuestos bioactivos que contiene la toronja pueden estimular el metabolismo y también mejora la sensibilidad a la insulina, ayudando en el control de la glucemia debido a su contenido de propiedades digestivas y depurativas gracias a su alto contenido en agua y fibras solubles que apoyan la digestión y

también la eliminación de toxinas que favorecen el bienestar intestinal y también renal. (Castillo G. , 2024)

Estas frutas reflejan materias primas que pueden diversificar el suministro de productos desarrollados y así poder responder a la demanda actual del consumidor que busca opciones más naturales y saludables, pero adicionalmente con beneficios funcionales para su valor sensorial y nutricional.

La calidad de la sidra depende sobre todo en gran medida de factores aleatorios, como por ejemplo de las condiciones climáticas del año y también de las materias prima utilizadas. Si bien es cierto tradicionalmente la materia prima para la elaboración de sidra es la manzana y la pera (Ramírez., 2013).

Sin embargo, la modernización en el desarrollo de bebidas fermentadas abre la oportunidad de incluir otras frutas con altos nutrientes, que es la capacidad de diversificar el mercado y crear productos con su propia identidad. Estas frutas incluyen moras, pitahayas, guayabas y frutas cítricas, como limón o la toronja, si las propiedades químicas físicas los convierten en un ingrediente adecuado en la alternativa al desarrollo de la sidra. (Salma., 2020)

Por ejemplo, la mora es rica en antocianinas y compuestos de fenol, que son responsables de su color intenso y su capacidad antioxidante reconocida; la Pitahaya proporciona un significativo contenido de fibra dietética y contenido de pago, que promueve tanto la estabilidad cromática como los beneficios funcionales del producto; Guayaba se caracteriza por su alta concentración de vitamina C y el aroma característico, que aumenta el valor nutricional y la aceptación sensorial; Mientras que los cítricos, además de la frescura y la acidez natural, y contiene flavonoides que mejoran la complejidad aromática y mejoran la preservación.

La inclusión de estas frutas no solo enriquece el perfil organoléptico de la sidra, para combinar notas dulces, ácidas y de frutas, sino que también aumenta su potencial como bebida funcional de acuerdo con la tendencia creciente de los consumidores en productos naturales, propiedades de salud innovadoras y beneficiosas. De esta manera, el uso de estas materias primas ofrece una forma prometedora al desarrollo de una sidra con materias primas diferentes. (Ruiz. A. V., 2020)

1.2.9 Mandarina (*Citrus reticulata*)

La mandarina es una fruta cítrica ampliamente reconocida por su contenido en azúcares fermentables, ácidos orgánicos y compuestos bioactivos como flavonoides, carotenoides y

vitamina C. Estos compuestos le confieren propiedades antioxidantes, contribuyendo a la reducción del estrés oxidativo celular y al fortalecimiento del sistema inmunológico. Además, su perfil sensorial caracterizado por un aroma cítrico intenso, sabor dulce-ácido balanceado y color anaranjado brillante enriquece notablemente las características organolépticas de productos fermentados como la sidra artesanal.

1.2.10 Importancia de las frutas seleccionadas.

La incorporación de frutas tropicales y cítricas como mora (*Rubus glaucus*), pitahaya (*Hylocereus spp.*), guayaba (*Psidium guajava*), limón (*Citrus limon* (L.) Burm.f.), toronja (*Citrus paradisi*) y mandarina (*Citrus reticulata*) representa una estrategia innovadora para diversificar la formulación de sidras artesanales, aportando beneficios nutricionales, funcionales y sensoriales. La mora destaca por su elevado contenido de antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos, que le confieren propiedades antioxidantes y un color intenso que enriquece el perfil organoléptico de productos fermentados.

En conjunto, estas frutas permiten desarrollar sidras con identidad propia, capaces de responder a las demandas actuales del consumidor por productos sensorialmente atractivos. Posteriormente a lo que ha sido mencionado es muy importante no solo debido para garantizar su calidad sensorial si no también el valor a una dieta y su valor funcional.

1.2.11 Características organolépticas de la sidra

El ser humano ha usado el análisis sensorial de los alimentos desde tiempos antiguos, produciendo así reacciones de aceptación, acercamiento, rechazo o distanciamiento. En este tipo de análisis se utilizan los sentidos de la vista, el gusto, el olfato, el tacto y el oído para poder evaluar, diferenciar y caracterizar la calidad de diferentes tipos de alimentos. A su vez también ayuda a diferenciarlos y caracterizarlos. Por tanto, hablamos de las características organolépticas de los alimentos como aquellas que son determinadas por nuestros sentidos. (Pérez, 2019)

Debido a que existen diversos tipos de sidra con características fisicoquímicas muy desiguales, las propiedades organolépticas y los parámetros de calidad difieren adaptándose a su tipología. Por ello, los rangos de sus propiedades sensoriales son bastante amplios y existen términos específicos para referirse a ellos, Cada uno de ellas tiene sus objetivos y todas son importantes,

Además, es necesario considerar que no todas las sidras son iguales, por lo que los atributos definidos para su análisis sensorial serán diferentes. (Rodríguez, 2013)

1.3. Planteamiento del problema

La sidra artesanal tradicionalmente se elabora a partir de manzanas y peras, lo que limita su perfil nutricional y sensorial frente a las nuevas exigencias del consumidor moderno, que busca productos con identidad regional. En Ecuador, existe una amplia disponibilidad de frutas tropicales y cítricas como la mora, pitahaya, guayaba, limón, toronja y mandarina, que poseen propiedades bioactivas, antioxidantes y organolépticas valiosas. Sin embargo, estas frutas no han sido suficientemente aprovechadas en la formulación de bebidas fermentadas como la sidra.

1.4. Justificación

Tradicionalmente la sidra artesanal se ha elaborado a partir de manzanas y peras, lo cual hace que su diversidad sensorial sea limitada en comparación de las demandas que generan el consumidor moderno debido que en la actualidad existe una tendencia creciente hacia el consumo de productos que sean más innovadores, lo cual da la oportunidad de que se incorporen frutas tropicales y cítricas en la formulación de bebidas fermentadas. La disponibilidad de esta variedad de frutas como la mora (*Rubus glaucus*), la pitahaya (*Hylocereus* spp.), la guayaba (*Psidium guajava* L.), el limón (*Citrus limon* (L.) Burm.f.), la toronja (*Citrus paradisi*) y mandarina (*Citrus reticulata*) en Ecuador, representan una oportunidad para que así pueda aumentar la variedad y diversidad de la producción de sidra artesanal.

Esta variedad de frutas enriquece el perfil funcional de la bebida debido a que aportan bioactivos, antioxidantes, vitaminas y minerales, además de sus características organolépticas diferenciadas por su color, aroma y acidez natural y a su vez la integración de las frutas ya mencionadas no solo responde a la tendencia de los productos funcionales, sino también ayudando en el fortalecimiento de su identidad sensorial y cultural de la bebida.

De esta manera, la investigación se justifica debido a la necesidad de aprovechar de una manera sostenible los recursos provenientes de frutas, la formulación de una sidra artesanal con frutos rojos y cítricos permitirá evaluar distintos parámetros como los fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos.

1.5. Pregunta de investigación

¿Es posible elaborar una sidra artesanal sensorialmente aceptable utilizando frutos rojos (mora, pitahaya, guayaba) y cítricos (limón, toronja y mandarina), mediante un proceso de fermentación alcohólica?

1.6. Hipótesis

La formulación de sidra artesanal a partir de frutos rojos y cítricos permite obtener una bebida fermentada con propiedades fisicoquímicas adecuadas y alta aceptación sensorial, gracias a la presencia de compuestos bioactivos, antioxidantes y perfiles organolépticos enriquecidos.

1.7. Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- Formular una sidra artesanal elaborada con frutos rojos y cítricos mediante un proceso de fermentación alcohólica, determinando sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

1.7.2 Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas de las formulaciones mediante la determinación de pH, acidez titulable, densidad, sólidos solubles y grado alcohólico.
- Analizar la calidad microbiológica de las formulaciones obtenidas mediante el análisis de mesófilos aerobios y de mohos y levaduras, como indicadores de inocuidad y estabilidad del producto
- Verificar la aceptación sensorial de las formulaciones mediante una prueba hedónica de cinco puntos con jueces no entrenados.
- Determinar el efecto de los frutos rojos, los frutos cítricos y su interacción sobre las variables de respuesta mediante análisis de varianza factorial y prueba de comparación múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

2. METODOLOGÍA

2.1 Normas INEN aplicables a análisis fisicoquímicos y microbiológicos en bebidas fermentadas.

2.1.1 Determinación de pH

Norma técnica: NTE INEN 1108:2014

Procedimiento: Se determina usando un potenciómetro calibrado con electrodo de vidrio y la muestra se procede a homogenizar, el equipo se calibrará con soluciones tampón de pH 4.00 y 7.00. La temperatura de medición es a temperatura ambiente, momento en el que se asegura la estabilidad del electrodo, Después de cada análisis, el electrodo se enjuagará con agua destilada para evitar contaminación cruzada. Este parámetro permitirá monitorear el desarrollo del proceso fermentativo y la estabilidad del producto final.

Aplicación: El pH es un parámetro fundamental para verificar la estabilidad microbiológica y sensorial de la sidra. Valores de pH oscilantes entre 3.0 y 4.0 son típicos.

2.1.2 Acidez titulable (expresada como ácido cítrico g/L)

Norma técnica: NTE INEN-ISO 750:2013 – Productos vegetales y de las frutas.

Procedimiento: Valoración ácido-base con una disolución de hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N) utilizando fenolftaleína como indicador. Se expresa el resultado en términos de gramos de ácido cítrico por litro. Por lo cual se pesarán 20 g de muestra, que se transferirán a un matraz Erlenmeyer y se agregarán 40 mL de agua destilada junto con 2 mL de fenolftaleína como indicador. Se titulará con una solución estándar de hidróxido de sodio 0,1 N hasta obtener una coloración rosada persistente. Los resultados se expresarán como porcentaje de ácido cítrico. Este análisis complementa al pH y permite evaluar la formación de ácidos orgánicos durante la fermentación.

Aplicación: consiste en que la acidez expresa de manera clara el sabor, la conservación y la percepción sensorial del producto.

2.1.3 Grado alcohólico (% v/v)

Norma técnica: NTE INEN 2013:2009 – Bebidas alcohólicas. Determinación del contenido de etanol.

Procedimiento: Destilación del producto, posterior a la medición con alcoholímetro o densímetro electrónico el cual se expresa en porcentaje volumen/volumen (% v/v). Se procede a tomar una muestra de la sidra artesanal previamente homogeneizada. El análisis se realizará mediante destilación directa haciendo uso de un equipo de destilación estándar, luego se recogerá el destilado en un matraz aforado y se procede a completar con agua destilada hasta el volumen requerido. A continuación, se medirá la concentración de etanol utilizando un alcoholímetro calibrado o un densímetro electrónico, a una temperatura de referencia de 20 °C. El resultado se expresará en porcentaje volumen/volumen (% v/v).

Aplicación: Permite clasificar la bebida como fermentada y verificar su adecuación a requerimientos legales.

2.1.4 Densidad (g/mL)

Norma técnica: NTE INEN 1525:2009 – Determinación de la densidad en los líquidos.

Procedimiento: Se usa un picnómetro o un densímetro digital para conseguir una temperatura fija y controlada (20 °C). Este parámetro permitirá comparar la concentración del producto antes y después de la fermentación, complementando los resultados de °Brix, la densidad se expresa en gramos por mililitro (g/mL).

Aplicación: Relacionada con la cantidad de sólidos presentes y nivel de alcohol, útil para el control de calidad.

2.1.5 Sólidos solubles (°brix)

Norma técnica: NTE INEN 1526:2009 – Determinación de sólidos solubles por reflectometría.

Procedimiento: Se usa un refractómetro calibrado con lectura directa en grados Brix (°brix).

La muestra se homogeneizará y de ser necesario, se filtrará para eliminar impurezas. Se colocarán algunas gotas sobre el prisma del refractómetro y se realizará la lectura en grados Brix (°Brix), que representan el contenido total de azúcares solubles. Este análisis permite controlar el contenido de azúcares antes y después de la fermentación, y relacionarlo con el desarrollo del proceso.

Su aplicación: Indica el contenido de azúcares fermentables presentes y también permite seguir el procedimiento de fermentación.

2.1.6 Análisis microbiológico

Norma técnica: NTE INEN 4833:2013 – Requerimientos microbiológicos para las bebidas no alcohólicas y alcohólicas.

Parámetros comunes: Número de microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos, hongos y levaduras.

2.1.7 normativa para medir mesófilos: NTE INEN 4832:2013, que establece el método para determinar la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos en alimentos y el control microbiológico y su procedimiento estándar implica la preparación de diluciones de la muestra, la inoculación en un medio de cultivo apropiado (como el agar), incubación y recuento de colonias para calcular las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g).

Procedimiento: Siembra en la placa, incubación y conteo de las unidades formadoras de colonia (UFC) Las muestras se recolectarán de forma aséptica y se procesarán dentro de un plazo de 24 horas desde su recolección, conservándose a una temperatura refrigerada (4 ± 2 °C). Mesófilos que son aerobios: Se harán diluciones seriadas en agua peptonada al 0,1 %, con la siembra en

agar PCA y la incubación a 35 °C por un período de 48 horas. Hongos y levaduras: Se sembrarán en medio PDA acidificado y se incubarán durante cinco días a 25 °C.

Coliformes totales: Se sembrarán en agar VRBA e incubarán a 37 °C durante 24 h. Los resultados se expresarán en unidades formadoras de colonia por mililitro (UFC/mL). Este análisis permite caracterizar la calidad microbiológica de la bebida y aportar evidencia para su evaluación higiénico-sanitaria

Aplicación: permite evaluar la condición microbiológica del producto con base en los criterios analíticos y normativos aplicables.

2.2 Materiales y métodos

2.2.1 Materiales

- Frutas frescas: mora, pitahaya, guayaba, limón, toronja y mandarina.
- Agua potable.
- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*.
- Azúcar refinada.
- Botellas de vidrio esterilizadas.
- Tapas.
- Fenoltafelina.

2.2.2 Equipos

- Balanzas analíticas.
- pH-metro.
- Alcohómetro.
- Airlock
- Recipiente para fermentar
- Licuadora
- Colador

2.3 Método de investigación

El estudio se enmarca dentro de una investigación experimental aplicada, orientada mediante la formulación y desarrollo de una bebida fermentada artesanal de frutos rojos y cítricos

2.4 Ubicación

El trabajo se desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicada en Manta, Ecuador.

2.5 Procedimiento

Preparación de la materia prima

- Selección y lavado de las frutas.
- Extracción de jugo de limón y toronja y mandarina.
- Producción del mosto y fermentación alcohólica

Se preparó el mosto a partir de las materias primas seleccionadas. Los frutos cítricos fueron sometidos a extracción de jugo y los frutos rojos fueron triturados para facilitar la liberación de sus componentes solubles. Posteriormente, los componentes fueron mezclados de acuerdo con las combinaciones experimentales establecidas y se ajustó el contenido inicial de sólidos solubles a 12–14 °Brix. La inoculación se realizó con *Saccharomyces cerevisiae* en una proporción de 0,50 g por cada 300 mL de mosto. La fermentación se desarrolló a temperatura ambiente durante 7 a 10 días, utilizando recipientes cerrados con un sistema de airlock, que permitió la evacuación del CO₂ generado durante la actividad fermentativa y redujo el ingreso de aire y contaminantes externos. Durante esta etapa se minimizó la manipulación del producto y se mantuvieron las condiciones higiénico-sanitarias previo a la elaboración, se realizó la selección y lavado de las frutas y se utilizaron recipientes y botellas de vidrio esterilizados. Los materiales y equipos empleados fueron mantenidos limpios durante las diferentes etapas del proceso. La manipulación del mosto se realizó procurando evitar fuentes de contaminación y los recipientes de fermentación permanecieron cerrados con *airlock* durante el proceso fermentativo.

- Filtrado, reposo y envasado

Finalizado el periodo de fermentación, el producto fue filtrado para retirar los residuos de

materia prima y posteriormente transferido a recipientes previamente higienizados para su reposo. Finalmente, la bebida fue envasada en botellas de vidrio esterilizadas de 300 mL y almacenada en un ambiente fresco y oscuro durante el periodo de estudio.

2.6 Estadística

Los datos obtenidos para las variables fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales fueron organizados y procesados mediante estadística descriptiva. Para las variables de respuesta se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) correspondiente a un diseño factorial 3×3 , considerando como factores el tipo de fruto rojo y el tipo de fruto cítrico, además de su interacción. Cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de comparación de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

El procesamiento de los datos y la elaboración de las representaciones gráficas se realizaron mediante el programa InfoStat.

2.7 Análisis sensorial

La aceptación sensorial se evaluó mediante una prueba hedónica de cinco puntos con jueces no entrenados. Se analizaron los atributos de apariencia, color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general. Las muestras fueron codificadas y presentadas en orden aleatorio para reducir sesgos asociados con la identificación de los tratamientos. Las puntuaciones obtenidas fueron sometidas al análisis estadístico correspondiente para determinar diferencias en la aceptación entre las formulaciones.

2.8 Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental factorial 3×3 , conformado por tres niveles del factor A (frutos rojos: mora, pitahaya y guayaba) y tres niveles del factor B (frutos cítricos: limón, toronja y mandarina), generándose nueve combinaciones experimentales. Las variables dependientes correspondieron a los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, mientras que las variables independientes fueron el tipo de fruto rojo y el tipo de fruto cítrico.

2.9 Variables independientes

Estas son las variables que se modifican deliberadamente para observar su efecto:

- Tipo y proporción de frutas en la formulación:
- Frutos rojos: mora, pitahaya, guayaba
- Frutas cítricas: limón, toronja y mandarina.

2.10 Variables dependientes

Estas son las variables que se miden para evaluar el efecto de las formulaciones:

2.10.1 Fisicoquímicas:

pH

Acidez titulable (ácido cítrico/L)

Grado alcohólico (% v/v)

Densidad (g/mL)

Sólidos solubles (°Brix)

Microbiológica

2.10.2 Sensoriales:

Color

Aroma

Sabor

Textura

Aceptabilidad.

Desde una perspectiva técnica y sensorial, estas variables posibilitan caracterizar la sidra.

2.11 Variables controladas

Condiciones de fermentación: el tiempo de fermentación es de 7 a 10 días a temperatura ambiente con una dosis de *Saccharomyces cerevisiae* de 0,50 g por cada 300 mL de mosto y contenido inicial de sólidos solubles de 12–14 °Brix. Se utilizaron recipientes y botellas de vidrio previamente esterilizados, y el proceso fermentativo se mantuvo cerrado mediante airlock. Estas condiciones se mantuvieron constantes entre los tratamientos para reducir fuentes de variación no atribuibles a los factores experimentales.

Condiciones higiénico-sanitarias del proceso: Previo a la elaboración se realizó la selección y lavado de las frutas con el propósito de retirar suciedad, material extraño y contaminantes superficiales. Los recipientes, botellas de vidrio y materiales destinados al contacto directo con el mosto fueron sometidos a limpieza y esterilización antes de su utilización. Durante las etapas de preparación del mosto, inoculación, fermentación, filtración y envasado se procuró minimizar la exposición del producto al ambiente y evitar manipulaciones innecesarias. El uso del sistema airlock durante la fermentación permitió mantener los recipientes cerrados, facilitar la salida del CO₂ y disminuir el riesgo de ingreso de contaminantes ambientales.

Tratamientos: 9 combinaciones factoriales (3 frutos rojos × 3 frutos cítricos).

Factor A: Fruto Rojo

Mora 30%

Pitahaya 30%

Guayaba 30%

Factor B: Fruto Cítrico

Limón 20%

Toronja 20%

Mandarina 20%

2.11.2 Formulación de mezcla:

F1: 70% frutos rojos / 30% cítricos

F2: 60% frutos rojos / 40% cítricos

F3: 40% frutos rojos / 60% cítricos

Tabla 1: ANOVA

Tratamientos	8
Factor A	2
Factor B	2
Inte AxB	4
Error	10
Total	26

(Murillo, 2025)

Unidad experimental

Muestra: 300 mL de sidra artesanal por unidad experimental.

Recolección de datos: Durante 15 días después de haber sido elaborado el producto, con mediciones en los intervalos de 0 y 15 días.

Preparación de la muestra

- Elaborar una bebida fermentada tipo sidra a base de frutos rojos (mora, pitahaya, guayaba) y cítricos (limón, toronja).
- Proporcionado: Ajuste de proporciones según formulación definida.

Envasado y almacenado:

- Envasar en frascos de vidrio esterilizados (300 mL).
- Fermentación temperatura ambiente.
- Almacenar en ambiente oscuro y fresco durante el periodo de estudio.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis Físicoquímico

3.1.1 Análisis pH día 0

Tabla 2: Análisis de varianza pH día 0

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,86667	8	0,10833	20,89286	<0,0001
Frutos Rojos	0,68222	2	0,34111	65,78571	<0,0001
Frutos cítricos	0,02000	2	0,01000	1,92857	0,1742
Frutos Rojos*Frutos cítricos	0,16444	4	0,04111	7,92857	0,0007
Error	0,09333	18	0,00519		
Total	0,96000	26			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico fue sumamente significativo ($p < 0,0001$), según el análisis de varianza (ANOVA). Esto sugiere que los factores analizados contribuyeron de forma significativa a la variabilidad del pH de la sidra artesanal hecha con cítricos y frutos rojos al comienzo del proceso de fermentación. Además, el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9028$) señaló que el modelo experimental explicó un 90,28 % de la variabilidad del pH observada; por su parte, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0,8596) corroboró un correcto ajuste de los datos obtenidos en la experimentación. Por otra parte, el coeficiente de variación ($CV = 1,85 \%$) fue bajo, lo que indica que los resultados conseguidos tienen una confiabilidad adecuada y que la precisión experimental es buena.

Respecto a los efectos primordiales, el factor de los frutos rojos tuvo una notable incidencia sobre el pH ($F = 65,79$; $p < 0,0001$), lo que señala que la clase de fruto rojo utilizada alteró significativamente esta variable fisicoquímica. Por otro lado, el factor "frutos cítricos" no reveló diferencias estadísticamente significativas ($F = 1,93$; $p = 0,1742$), lo que indica que los cambios entre limón, mandarina y toronja, con el volumen empleado constante, no produjeron alteraciones relevantes en el pH inicial de la bebida.

En cuanto a la interacción entre los factores, se notó que la mezcla de frutos rojos y cítricos fue muy significativa ($F = 7,93$; $p = 0,0007$), lo que reveló que el impacto de los primeros sobre el pH dependía del tipo de fruto cítrico que se usara en la formulación. Esta conducta evidencia que ambos ingredientes trabajaron juntos, alterando el balance ácido-base de la sidra artesanal desde el comienzo de la fermentación. En resumen, se puede concluir que el tipo de fruto rojo y la interacción existente entre ambos factores determinaron en su mayoría el pH inicial, mientras que el impacto individual de los frutos cítricos fue restringido.

Tabla 3: Medias ajustadas de los frutos rojos.

Error: 0,0052 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.
Mora 250ml	3,71111	9	0,02400
Guayaba 250ml	3,88889	9	0,02400
Pitahaya 250ml	4,10000	9	0,02400

(Murillo, 2025)

La prueba Tukey de comparación de medias ($\alpha = 0,05$) demostró que hubo diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre las tres variedades de frutos rojos utilizadas para la elaboración de la sidra artesanal. La mezcla que contenía 250 mL de pitahaya tuvo el pH promedio más alto (4,10), lo que la colocó en el grupo C de las estadísticas. Por lo tanto, fue significativamente mayor que las mezclas hechas con guayaba y mora.

En cuanto a la formulación elaborada con guayaba (250 mL), tuvo un valor promedio de pH de 3,89 y formó parte del grupo estadístico B, lo que la hizo diferenciarse de manera significativa tanto de la mora como de la pitahaya. Por otro lado, la formulación hecha con mora (250 mL) mostró el promedio de pH más bajo (3,71), lo que la situó en el grupo estadístico A y evidenció que tenía una acidez inicial superior a las otras formulaciones.

Estos hallazgos evidencian que la diversidad de frutas rojas tuvo un impacto significativo en el pH inicial de la sidra artesanal. La pitahaya ayudó a que la bebida tuviera menos acidez, mientras que la mora contribuyó a aumentar la concentración de compuestos ácidos; como resultado, el valor del pH disminuyó considerablemente. Podría ser que este comportamiento se deba a las variaciones naturales en la composición química y el contenido de ácidos orgánicos de cada fruta, ya que aquellos factores son los responsables de determinar la acidez del mosto antes del comienzo del proceso de fermentación.

Tabla 4: Medias ajustadas de los frutos cítricos.

Medias ajustadas, error estándar y número de observaciones

Error: 0,0052 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.
Limon 50ml	3,86667	9	0,02400
Mandarina 50ml	3,90000	9	0,02400
Toronja 50ml	3,93333	9	0,02400

(Murillo, 2025)

La prueba de Tukey indicó que no había diferencias estadísticas relevantes entre los tres cítricos analizados ($p > 0,05$), dado que toronja, mandarina y limón pertenecieron al mismo grupo estadístico (A). A pesar de que la toronja tuvo el valor promedio de pH más alto (3,93), después le siguió la mandarina (3,90) y el limón (3,87), las diferencias fueron mínimas y no se consideraron estadísticamente significativas.

Los resultados muestran que, bajo las condiciones experimentales del estudio y empleando el mismo volumen de adición (50 mL), el pH inicial de la sidra artesanal no sufrió cambios importantes en función del tipo de fruta cítrica. Esto indica que las variaciones en la composición ácida entre los cítricos utilizados no fueron suficientes para producir alteraciones notables en esta variable, siendo el impacto de los frutos rojos dentro de la formulación lo que prevaleció.

Tabla 5: Media de los frutos rojos y frutos cítricos.

Error: 0,0052 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.
Mora 250ml	Limon 50ml	3,73333	3	0,04157
Mora 250ml	Mandarina 50ml	3,60000	3	0,04157
Mora 250ml	Toronja 50ml	3,80000	3	0,04157
Guayaba 250ml	Limon 50ml	3,86667	3	0,04157
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	4,00000	3	0,04157
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	3,80000	3	0,04157
Pitahaya 250ml	Limon 50ml	4,00000	3	0,04157

Pitahaya	250ml	Mandarina	50ml	4,10000	3	0,04157
Pitahaya	250ml	Toronja	50ml	4,20000	3	0,04157

(Murillo, 2025)

Se encontraron diferencias estadísticas relevantes entre las nueve combinaciones analizadas mediante la prueba de comparación de medias para la interacción entre frutas cítricas y rojas. La mezcla de mandarina (50 mL) y mora (250 mL), que tuvo el promedio más bajo de pH (3,60), perteneció al grupo estadístico A, lo cual señala que fue la combinación con la acidez inicial más alta. Por otro lado, la mezcla de toronja (50 mL) y pitahaya (250 mL) tuvo el valor medio de pH más alto (4,20), que pertenece al grupo estadístico D, convirtiéndose así en la formulación con menos acidez entre todos los tratamientos analizados.

Las demás combinaciones mostraron valores intermedios distribuidos entre los grupos AB, ABC, BC y CD, lo que evidencia una transición gradual en el comportamiento del pH conforme cambiaron los tipos de frutos utilizados. En particular, las formulaciones elaboradas con pitahaya tendieron a registrar los valores más altos de pH independientemente del cítrico empleado, mientras que las formulaciones con mora presentaron sistemáticamente los valores más bajos.

Tabla 6: Medias de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Error: 0,0052 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.
Mora 250ml	Mandarina 50ml	3,60000	3	0,04157
Mora 250ml	Limon 50ml	3,73333	3	0,04157
Mora 250ml	Toronja 50ml	3,80000	3	0,04157
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	3,80000	3	0,04157
Guayaba 250ml	Limon 50ml	3,86667	3	0,04157
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	4,00000	3	0,04157
Pitahaya 250ml	Limon 50ml	4,00000	3	0,04157
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	4,10000	3	0,04157
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	4,20000	3	0,04157

(Murillo, 2025)

Las medias ajustadas que se lograron para el cruce entre los frutos rojos y los cítricos demuestran que la mezcla concreta de estas dos materias primas tuvo un efecto sobre el pH inicial de la sidra artesanal. Se observa que la combinación de mora y mandarina (250 mL y 50 mL, respectivamente) tiene el pH medio más bajo (3,6000); las mezclas de mora con limón (3,7333)

y mora con toronja (3,8000) les siguen. Según estos hallazgos, las formulaciones con mora generaron un entorno más ácido desde el principio del proceso. Esto puede ser a causa de la gran cantidad de ácidos orgánicos que tiene esta fruta.

Las combinaciones guayaba-toronja (3,8000) y guayaba-limón (3,8667) se situaron en un nivel intermedio. Los valores de pH de ambas fórmulas fueron un poco más altos que los de la mora, lo que muestra una acidez inicial más baja. Luego, la mezcla de guayaba y mandarina llegó a tener un pH medio de 4,0000, cifra que coincidió con la registrada en la formulación pitahaya-limón. Esto señala que las dos mezclas generaron condiciones ácidas parecidas al comienzo del proceso de fermentación.

Finalmente, las mezclas de pitahaya con mandarina (4.1000) y pitahaya con toronja (4.2000), cuando se compararon con todos los tratamientos analizados, mostraron los niveles de pH más altos. Esto evidencia que la pitahaya, en particular cuando se combinó con toronja, generó un mosto con una acidez inicial más baja, lo cual contribuyó a establecer un entorno algo menos ácido que las otras formulaciones.

En líneas generales, los resultados señalan que el pH parece aumentar desde las formulaciones con mora hasta las formuladas con pitahaya.

Este comportamiento demuestra que las propiedades fisicoquímicas iniciales de la sidra artesanal se vieron afectadas directamente por la interacción entre los frutos cítricos y los frutos rojos, a causa de las variaciones en el contenido de ácidos orgánicos característicos de cada fruta y en su composición química. Además, estos hallazgos apoyan el análisis de varianza, en el que la interacción de los dos factores mostró diferencias notoriamente significativas ($p < 0,05$). Esto sugiere que la respuesta del pH no sólo dependió de cada factor individualmente, sino también de la mezcla concreta de los ingredientes utilizados.

3.1.2 Análisis pH día 15

Tabla 7: Análisis de la Varianza del análisis de pH del día 15.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,96741	8	0,12093	326,50000	<0,0001
Frutos Rojos	0,67852	2	0,33926	916,00000	<0,0001
Frutos cítricos	0,03185	2	0,01593	43,00000	<0,0001
Frutos Rojos*Frutos cítricos	0,25704	4	0,06426	173,50000	<0,0001
Error	0,00667	18	0,00037		

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico utilizado para el análisis de la varianza (ANOVA) del pH en el día número 15 de fermentación mostró una gran significancia ($p < 0,0001$). Esto indica que los factores analizados tuvieron un impacto significativo en el comportamiento del pH de la sidra artesanal durante el proceso de fermentación. El modelo experimental explicó el 99,32% de la variabilidad observada en el pH, como lo señaló el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9932$). Por otro lado, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0,9901) corroboró un ajuste óptimo de los datos experimentales. El coeficiente de variación ($CV = 0,60 \%$) también fue bastante bajo, lo que indica una precisión alta en el experimento y una fiabilidad elevada de los resultados logrados.

Con respecto a los efectos primordiales, los factores de frutos rojos ($F = 916,00$; $p < 0,0001$) y de frutos cítricos ($F = 43,00$; $p < 0,0001$) tuvieron un impacto muy significativo en el pH de la sidra después del día 15 de fermentación. Estos resultados señalan que, a diferencia de lo que se observó el día 0, la variedad de fruta cítrica también ganó relevancia durante el transcurso del proceso de fermentación. Esto se debe a las transformaciones bioquímicas que fueron originadas por la acción de las levaduras y otros microorganismos presentes en el mosto.

Asimismo, se observaron variaciones notables en la interacción entre frutos rojos y cítricos ($F = 173.50$; $p < 0.0001$), lo que demuestra que el impacto de cada fruto rojo sobre el pH dependía de la fruta cítrica con la que se combinó. Esta conducta evidencia que los dos factores trabajaron juntos en el proceso de fermentación, alterando la relación entre ácidos y bases de la bebida. En líneas generales, los resultados demuestran que el pH hasta el día 15 fue influido tanto por los efectos individuales de las frutas empleadas como por la interacción entre estas, corroborando así lo relevante que es la formulación en el desarrollo de esta variable fisicoquímica.

Tabla 8: Medias de los frutos rojos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02315

Error: 0,0004 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	3,00000	9	0,00642	A
Pitahaya 250ml	3,26667	9	0,00642	B
Guayaba 250ml	3,37778	9	0,00642	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) mostró diferencias estadísticamente relevantes entre las tres clases de frutos rojos utilizados para hacer sidra artesanal. La formulación hecha con guayaba (250 mL) mostró el valor promedio de pH más alto (3,3778), perteneciendo al grupo estadístico C, lo que la hizo mucho más alta que las formulaciones hechas con mora y pitahaya.

Por su parte, la formulación preparada con pitahaya (250 mL) registró un valor promedio de pH de 3,2667, perteneciendo al grupo estadístico B, diferenciándose significativamente tanto de la mora como de la guayaba. Mientras tanto, la formulación elaborada con mora (250 mL) presentó el menor valor promedio de pH (3,0000), ubicándose en el grupo estadístico A, indicando una mayor acidez al finalizar el periodo de fermentación.

Estos resultados muestran que la diversidad de fruta roja continuó influyendo de manera importante en el pH durante todo el proceso de fermentación. Aunque se observó una disminución del pH en todos los tratamientos desde el día 0, a causa de la producción de ácidos orgánicos durante la actividad fermentativa, las formulaciones con guayaba conservaron niveles de pH más altos y las que se hicieron con mora tuvieron una acidificación más pronunciada. Esta conducta puede explicarse por las variaciones en la composición química, la proporción de azúcares que se pueden fermentar y el nivel de ácidos orgánicos propios de cada fruta.

Tabla 9: Medias de los frutos rojos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02315

Error: 0,0004 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Limon 50ml	3,16667	9	0,00642	A
Toronja 50ml	3,23333	9	0,00642	B
Mandarina 50ml	3,24444	9	0,00642	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Los resultados de la prueba de comparación de medias indicaron que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las frutas cítricas utilizadas. La combinación con limón (50 mL) tuvo el pH promedio más bajo (3.1667) específicamente dentro del grupo estadístico A y presentó una mayor acidez final del proceso de fermentación. Por el contrario, el grupo B estuvo

compuesto por mandarina (3.2444) y toronja (3.2333), las cuales no difirieron significativamente entre sí ($p > 0.05$). Sin embargo, ambos presentaron un nivel de pH mayor que el del limón.

Los resultados sugieren que, a medida que avanzó la fermentación, el pH comenzó a estar influenciado por el tipo de cítrico.

Es posible que la reducción del pH haya sido más notoria debido a que el limón tiene una mayor concentración de ácido cítrico y otros compuestos orgánicos. Por otro lado, la toronja y la mandarina posibilitaron conservar niveles de pH un tanto más elevado, lo cual indica que el proceso de acidificación fue menos intenso.

Tabla 10: Medias de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05506

Error: 0,0004 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.			
Mora 250ml	Limon 50ml	2,80000	3	0,01111	A		
Mora 250ml	Mandarina 50ml	3,10000	3	0,01111		B	
Mora 250ml	Toronja 50ml	3,10000	3	0,01111		B	
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	3,20000	3	0,01111			C
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	3,20000	3	0,01111			C
Pitahaya 250ml	Limon 50ml	3,40000	3	0,01111			E
Guayaba 250ml	Limon 50ml	3,30000	3	0,01111			D
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	3,40000	3	0,01111			E
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	3,43333	3	0,01111			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

El análisis de comparación de medias respecto a la interacción entre frutos rojos y cítricos demostró que las nueve formulaciones evaluadas presentaban diferencias muy significativas. La mezcla de 50 mL de limón y 250 mL de mora tuvo el valor medio de pH más bajo (2,8000), lo que la posicionó en el grupo estadístico A y la convirtió en la combinación con más acidez al término de los quince días de fermentación. En cambio, la mezcla de mandarina (50 mL) y guayaba (250 mL) tuvo el valor medio de pH más alto (3,4333), y compartió el grupo estadístico E con las combinaciones pitahaya-limón, guayaba-toronja y guayaba-limón, que no mostraron diferencias notables entre sí.

Las combinaciones de mora fueron clasificadas en los grupos estadísticos más bajos (A y B), lo que señala una mayor acidificación de la bebida. Por otro lado, las elaboradas con guayaba y pitahaya mostraron un incremento gradual de pH. Esto demuestra que la respuesta del pH no se

debió únicamente a los frutos rojos o los cítricos por sí solos, sino a la interacción entre ambos, que generó diferentes reacciones durante todo el proceso de fermentación.

3.1.3 Acidez Titulable día 0

Tabla 11: Análisis de varianza de la acidez del día 0

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	214,945	8	26,868	513,076	<0,0001
Frutos Rojos	213,666	2	106,833	2040,094	<0,0001
Frutos cítricos	0,190	2	0,095	1,817	0,1912
Frutos Rojos*Frutos cítricos	1,089	4	0,272	5,197	0,0058
Error	0,943	18	0,052		
Total	215,887	26			

(Murillo, 2025)

El análisis de varianza (ANOVA) ejecutado sobre la acidez titulable al día 0 mostró que el modelo estadístico era muy significativo ($p < 0,0001$), lo que sugiere que los factores examinados explicaron con relevancia la variación de esta propiedad fisicoquímica en la sidra artesanal antes de que comenzara el proceso de fermentación.

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9960$) mostró que el modelo experimental logró explicar el 99,60 % de la variación que se observó en la acidez titulable. El coeficiente de determinación (R^2 ajustado = 0,9940) confirmó que los datos obtenidos se adecuaron de manera óptima.

Además, el coeficiente de variación ($CV = 3,80 \%$) evidenció una precisión adecuada a nivel experimental, lo cual garantiza que los resultados obtenidos sean confiables.

Respecto a los efectos principales, el factor de las frutas rojas mostró variaciones. significativas ($F = 2040,094$; $p < 0,0001$), lo que demostró que la variedad de fruto rojo influyó directamente en la acidez titulable inicial de la sidra. Por otro lado, el factor de las frutas cítricas no reveló diferencias estadísticas significativas ($F = 1.817$; $p = 0.1912$), lo que Señala que, en la mezcla de limón, mandarina y toronja en proporciones iguales, no se produjo un cambio significativo en esta variable antes del procedimiento de fermentación.

El cambio en la acidez titulable también fue significativo para las frutas rojas y los cítricos ($F = 5.197$; $p = 0.0058$), cuando se combinaron ambas interacciones. Esto significa que el cítrico no causó cambios importantes por sí solo, sino que modificó la acidez original de los preparados a consecuencia de las interacciones con las frutas rojas. Los hallazgos generales indican que la diversidad de fruta roja y su interacción con los dos factores tuvieron un importante efecto en la

acidez titulable, que es un indicador.

con el objetivo de continuar con el desarrollo de la fermentación.

Tabla 12: medias de los frutos rojos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27531

Error: 0,0524 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	3,947	9	0,076	A
Guayaba 250ml	4,122	9	0,076	A
Pitahaya 250ml	10,000	9	0,076	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló que existían diferencias estadísticas importantes entre las frutas rojas utilizadas para la preparación de la sidra artesanal. El valor promedio de acidez titulable (10,00) fue más alto en la formulación hecha con pitahaya (250 mL), lo que la colocó en el grupo estadístico B y la hizo significativamente superior a las demás formulaciones.

Por otra parte, las formulaciones que contenían guayaba (250 mL) y mora (250 mL) presentaron promedios de 4,122 y 3,947, respectivamente; como ambas pertenecen al mismo grupo estadístico A, esto señala que no hubo diferencias importantes entre ellas. No obstante, los valores logrados con pitahaya fueron notablemente más altos que los de las dos formulaciones. El tipo de fruto rojo fue el factor más importante que determinó las variaciones en la acidez titulable inicial, según estos resultados. La presencia de compuestos ácidos específicos de la pitahaya y su composición química podrían ser la causa de la acidez alta observada en las preparaciones hechas con esta fruta, mientras que los niveles de acidez fueron parecidos entre la guayaba y la mora, lo cual propició que se obtuvieran mostos con una concentración más baja de ácidos titulables.

Tabla 13: Medias de los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27531

Error: 0,0524 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Mandarina 50ml	5,911	9	0,076	A
Toronja 50ml	6,044	9	0,076	A
Limon 50ml	6,113	9	0,076	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de Tukey demostró que no se encontraron diferencias estadísticamente relevantes entre los tres frutos cítricos analizados, ya que limón, toronja y mandarina pertenecieron al mismo grupo estadístico (A). A pesar de que el limón mostró la mayor media de acidez titulable (6,113), después la toronja (6,044) y la mandarina (5,911), estos contrastes no fueron lo suficientemente grandes como para considerarse significativos desde el punto de vista estadístico ($p > 0,05$).

Los hallazgos demuestran que añadir las distintas variedades de cítricos en proporciones idénticas no generó alteraciones significativas en la acidez titulable inicial de la sidra artesanal. Por lo tanto, el comportamiento de esta variable fue mayormente influenciado por la clase de fruto rojo utilizada en la formulación.

Tabla 14: Medias de los frutos rojos y los frutos cítricos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65468

Error: 0,0524 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	Mandarina 50ml	3,467	3	0,132	A
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	3,900	3	0,132	A B
Mora 250ml	Limon 50ml	4,140	3	0,132	B
Guayaba 250ml	Limon 50ml	4,200	3	0,132	B
Mora 250ml	Toronja 50ml	4,233	3	0,132	B
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	4,267	3	0,132	B
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	10,000	3	0,132	C
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	10,000	3	0,132	C
Pitahaya 250ml	Limon 50ml	10,000	3	0,132	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Las medias ajustadas relacionadas con la interacción entre los frutos cítricos y los frutos rojos indican que, en función de la combinación de frutas utilizada para elaborar sidra artesanal, se observó una variación en el comportamiento de la acidez titulable inicial.

El promedio más bajo de acidez titulable (3,467) se presentó al mezclar mora y mandarina (50 mL y 250 mL), en tanto que la combinación de toronja y guayaba (3,900) fue la segunda más baja. Esto quiere decir que antes de empezar la fermentación, estas formulaciones contenían menos concentración de ácidos titulables.

Después, las combinaciones guayaba-limón (4,200), mora-limón (4,140), guayaba-mandarina

(4,267) y mora-toronja (4,233) mostraron cifras intermedias y estadísticas parecidas entre sí. Esto evidencia una conducta uniforme entre ellas.

En cambio, las tres preparaciones con pitahaya (pitahaya-toronja, pitahaya-limón y pitahaya-mandarina) llegaron a tener el más alto valor de acidez titulable (10,00), sin importar qué fruta cítrica se empleó. Este resultado muestra que contribuyó más la pitahaya que los cítricos, lo cual determinó una concentración de ácidos titulables considerablemente más alta que en las otras formulaciones.

En general, estos hallazgos demuestran que la interacción entre los dos factores tuvo un impacto en la acidez titulable inicial; no obstante, el componente con más incidencia fue el fruto rojo, y la pitahaya fue la que provocó el aumento más significativo de esta variable fisicoquímica.

3.1.4 Análisis De Acidez Titulable día 15

Tabla 15: Análisis de varianza de la acidez titulable del día 15.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	265,4467	8	33,1808	2559,6643	<0,0001	
Frutos Rojos	265,3622	2	132,6811	10235,4000	<0,0001	
Frutos cítricos	0,0467	2	0,0233	1,8000	0,1938	
Frutos Rojos*Frutos citri..	0,0378	4	0,0094	0,7286	0,5840	
Error	0,2333	18	0,0130			
Total	265,6800	26				

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico que se empleó para el análisis de la acidez titulable al día 15 de fermentación fue altamente significativo ($p < 0,0001$), lo cual demuestra que los factores estudiados tuvieron un impacto crucial en el comportamiento de esta variable fisicoquímica durante la fermentación. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9991$) indicó que el modelo experimental explicó el 99,91 % de la variabilidad observada en la acidez titulable; por su parte, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0,9987) corroboró un ajuste muy bueno entre los datos experimentales y el modelo estadístico. Además, el coeficiente de variación ($CV = 2.05 \%$) fue bajo, lo que evidencia una precisión experimental apropiada y una fiabilidad elevada de los resultados adquiridos.

Respecto a los efectos principales, el factor de las frutas rojas mostró variaciones que fueron extremadamente relevantes ($p < 0.0001$), lo cual indica que la variedad de fruta roja empleada tuvo un impacto directo en la acidez titulable obtenida al término de las dos semanas de

fermentación. El componente de los frutos cítricos también ha mostrado un efecto muy importante ($p < 0.0001$). Esto señala que la diversidad de cítricos utilizados influyó en las oscilaciones registradas en la concentración de ácidos contenidos en la sidra.

Además, se encontró que la interacción entre cítricos y frutas rojas fue significativa ($p < 0.0001$), lo que demuestra que la respuesta de acidez titulable no solo depende de cada uno de estos componentes por separado, sino también de la combinación de los mismos.

Estos resultados indican que se produjeron cambios bioquímicos importantes en el metabolismo de las levaduras durante el proceso de fermentación. Esos cambios generaron ácidos de origen orgánico, que alteraron la composición química de la bebida.

Por lo tanto, la evolución de la acidez titulable dependió tanto del tipo de materias primas utilizadas como de la manera en que los frutos rojos y los cítricos interactuaron entre sí; estos son elementos esenciales para establecer el nivel final de calidad y la estabilidad fisicoquímica de la sidra artesanal.

Tabla 16: Media de los frutos rojos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13698

Error: 0,0130 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	3,3111	9	0,0380	A
Guayaba 250ml	3,3889	9	0,0380	A
Pitahaya 250ml	10,0000	9	0,0380	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló que existían diferencias estadísticamente significativas entre los tres frutos rojos analizados. La formulación hecha con pitahaya (250 mL) tuvo el promedio de acidez titulable más alto, lo que la hizo destacar de manera significativa de las preparaciones hechas con guayaba y mora. En relación a la guayaba (250 mL), su nivel fue medio, en cambio, al finalizar la fermentación de la mora (250 mL) se registró el punto más bajo de acidez titulable.

Estos descubrimientos indican que, durante todo el proceso de fermentación, la clase de fruta roja continuó siendo el factor que más influyó sobre esta variable. La pitahaya presentó un nivel

de acidez más elevado en sus formulaciones, lo cual podría explicarse por una producción o conservación más intensa de ácidos orgánicos durante la fermentación.

Por otro lado, la mora propició niveles de acidez titulable más bajos, probablemente a causa de las variaciones en su composición química y en el empleo que las levaduras hacen de sus compuestos.

Tabla 17: Media de los frutos rojos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13698

Error: 0,0130 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Toronja 50ml	5,5222	9	0,0380	A
Mandarina 50ml	5,5556	9	0,0380	A
Limon 50ml	5,6222	9	0,0380	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación de medias reveló diferencias estadísticamente relevantes entre los cítricos empleados en la producción de sidra artesanal. La mezcla hecha con limón (50 mL) mostró el valor medio de acidez titulable más alto, lo que la hizo significativamente distinta de las mezclas hechas con toronja y mandarina. La toronja (50 mL) mostró un comportamiento intermedio, la cual se diferencia con la mandarina (50 mL) la cual que tuvo el promedio más bajo.

Este comportamiento indica que la elevada presencia de ácido cítrico y otros elementos orgánicos en el limón favoreció una concentración más alta de ácidos titulables durante la fermentación. Por otro lado, la mandarina aportó menos a la acidez final de la bebida, lo que demuestra las diferencias intrínsecas en la composición química de cada fruta cítrica.

Tabla 18: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32573

Error: 0,0130 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	Toronja 50ml	3,2333	3	0,0657	A
Mora 250ml	Mandarina 50ml	3,3333	3	0,0657	A
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	3,3333	3	0,0657	A
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	3,3333	3	0,0657	A
Mora 250ml	Limon 50ml	3,3667	3	0,0657	A
Guayaba 250ml	Limon 50ml	3,5000	3	0,0657	A

Pitahaya	250ml	Toronja	50ml	10,0000	3	0,0657	B
Pitahaya	250ml	Mandarina	50ml	10,0000	3	0,0657	B
Pitahaya	250ml	Limon	50ml	10,0000	3	0,0657	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias entre la interacción de frutos rojos y cítricos mostró notables diferencias entre las nueve combinaciones que se estudiaron. Las formulaciones con mora mostraron los niveles más bajos de acidez titulable, sobre todo cuando se mezcló con mandarina, lo que la convirtió en la formulación menos ácida al término de la fermentación. Por otro lado, las combinaciones hechas con pitahaya, sobre todo aquellas que incluyen limón, mostraron los niveles más altos de acidez titulable, lo que las distingue notablemente de todas las demás opciones.

Las preparaciones hechas con guayaba presentaron un comportamiento intermedio, lo cual demostró que el tipo de cítrico empleado alteró el efecto del fruto rojo. Esto sugiere que los dos factores que influyen en la acidez titulable responden entre sí y que se requiere un ajuste adicional con respecto a esta variable en función de la combinación de materias primas utilizadas para la producción en la sidra artesanal.

Por último, estos resultados ilustran cómo la interacción entre las dos variables tuvo un impacto importante en la producción y alteró el cambio en la acidez de la sidra artesanal. Los resultados dan lugar a una definición según la cual la selección tanto de los frutos cítricos como de los frutos rojos debe realizarse simultáneamente, porque determinan las características físicoquímicas de este producto final.

3.1.5 Análisis De °Brix día 0

Tabla 19: Análisis de varianza de °Brix del día 0

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,07407	8	2,13426	230,50000	<0,0001
Frutos Rojos	13,01852	2	6,50926	703,00000	<0,0001
Frutos cítricos	3,68519	2	1,84259	199,00000	<0,0001
Frutos Rojos*Frutos cítricos	0,37037	4	0,09259	10,00000	0,0002
Error	0,16667	18	0,00926		
Total	17,24074	26			

(Murillo, 2025)

El análisis de varianza (ANOVA) que se llevó a cabo para los sólidos solubles (°Brix) en el día 0 reveló que el modelo estadístico fue muy significativo ($p < 0,0001$), lo cual indica que los factores analizados tuvieron un impacto significativo en la cantidad inicial de sólidos solubles de la sidra artesanal hecha con frutas rojas y cítricas. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9903$) indicó que el modelo experimental justificó el 99,03 % de la variabilidad observada en los valores de °Brix. En cambio, el coeficiente de determinación ajustado ($R^2 \text{ ajustado} = 0,9860$) corroboró una excelente concordancia entre los datos del experimento y el modelo estadístico. Además, dado que el coeficiente de variación ($CV = 0,7138 \%$) fue menor al 1 %, se evidencia una alta precisión en los experimentos y una confiabilidad apropiada de los resultados conseguidos.

Respecto a los efectos más significativos, el componente de frutas rojas influyó de manera significativa en la cantidad de sólidos solubles ($F = 703,00$; $p < 0,0001$), constituyéndose como el elemento que tuvo mayor impacto en el modelo. El factor de los frutos cítricos, por otra parte, presentó un efecto muy significativo ($F = 199,00$; $p < 0,0001$), lo cual demuestra que el tipo de fruto cítrico utilizado alteró de manera significativa la concentración inicial de azúcares solubles en el mosto.

La combinación de frutas rojas y cítricas ($F = 10,00$; $p = 0,0002$) mostró una diferencia significativa en cuanto a la interacción entre ambos factores. Esto indica que el tipo de fruta cítrica utilizada en la formulación determinó cómo afectaba la fruta roja a la cantidad de sólidos solubles. Esta conducta demuestra que las propiedades fisicoquímicas iniciales del mosto fueron establecidas por los efectos individuales de cada materia prima y la conexión entre estas. En términos generales, estos descubrimientos confirman que seleccionar qué frutas utilizar es un componente clave para establecer la concentración inicial de sólidos solubles, un factor fundamental para el desarrollo posterior del proceso de fermentación.

Tabla 20: Media de los frutos rojos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11577

Error: 0,0093 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Pitahaya 250ml	12,83333	9	0,03208	A
Guayaba 250ml	13,16667	9	0,03208	B
Mora 250ml	14,44444	9	0,03208	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) mostró disparidades estadísticas relevantes entre las tres frutas rojas analizadas. La mezcla hecha con mora (250 mL) mostró la mayor cantidad promedio de sólidos solubles (14,4444 °Brix), colocándose en el grupo estadístico C, y superando en manera significativa las formulaciones producidas con pitahaya y guayaba. La pitahaya (250 mL), en cambio, tuvo el contenido más bajo de sólidos solubles (12,8333 °Brix) y se situó en el grupo estadístico A. La guayaba (250 mL) mostró un valor medio de 13,1667 °Brix y perteneció al grupo estadístico A.

Estos hallazgos señalan que el tipo de fruta roja tuvo un impacto importante en la cantidad inicial de azúcares solubles que había en el mosto. La pitahaya mostró la menor concentración al principio, lo que indica las diferencias inherentes a la composición química de cada materia prima. Por otro lado, la formulación hecha con mora tuvo una mayor concentración debido a su contenido natural más alto de azúcares solubles.

Tabla 21: Media de los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11577

Error: 0,0093 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Limón 50ml	13,16667	9	0,03208	A
Toronja 50ml	13,27778	9	0,03208	A
Mandarina 50ml	14,00000	9	0,03208	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de Tukey reveló que hubo diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre las frutas cítricas empleadas. Con 14,0000 °Brix, la mandarina (50 mL) tuvo el contenido promedio más alto de sólidos solubles, lo que la colocó en el grupo estadístico B y la diferenció significativamente de la toronja y del limón.

La toronja (13,2778 °Brix) y el limón (13,1667 °Brix) pertenecen al mismo grupo estadístico A, lo que demuestra que no hubo diferencias importantes entre las dos intervenciones.

Según estos resultados, el procedimiento de añadir mandarina produjo una concentración inicial de sólidos solubles más alta que la de otros cítricos. La cantidad de azúcares que se disuelven en

la fruta y su composición natural podrían ser responsables del comportamiento descrito antes, ya que estas propiedades contribuyen a aumentar los sustratos fermentables para las levaduras.

Tabla 22: Media de los frutos rojos y cítricos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27529

Error: 0,0093 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Pitahaya 250ml	Limon 50ml	12,50000	3	0,05556	A
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	12,50000	3	0,05556	A
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	13,50000	3	0,05556	C
Guayaba 250ml	Limon 50ml	13,00000	3	0,05556	B
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	13,00000	3	0,05556	B
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	13,50000	3	0,05556	C
Mora 250ml	Limon 50ml	14,00000	3	0,05556	D
Mora 250ml	Toronja 50ml	14,33333	3	0,05556	E
Mora 250ml	Mandarina 50ml	15,00000	3	0,05556	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Las medias ajustadas indican que el contenido de sólidos solubles experimentó una variación significativa entre las distintas combinaciones de frutas cítricas y rojas. Las mezclas de pitahaya con limón y con toronja, que tuvieron un promedio bajo (12,50 °Brix), mostraron una concentración inicial más baja de azúcares fermentables.

Más adelante, las formulaciones preparadas con guayaba mostraron valores intermedios. Las combinaciones con mora, en cambio, tuvieron los niveles más altos de sólidos solubles; la combinación de mora con toronja fue la que tuvo el contenido más elevado, seguida por la de mora y mandarina y después por la de mora y limón.

Estos hallazgos apuntan a una interacción significativa entre los dos factores, lo que sugiere que la manera específica en que se combinan los ingredientes para elaborar sidra artesanal determina el comportamiento de la acidez titulable.

En suma, estos hallazgos muestran que el vínculo entre las dos variables tuvo un impacto significativo en la fluctuación de la acidez de la sidra artesanal. Estos descubrimientos sugieren que, para determinar las propiedades fisicoquímicas del producto final, es necesario elegir a la vez cítricos y frutos rojos.

3.1.6 Análisis °brix día 15

Tabla 23: Análisis de varianza °brix del día 15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	8,9400	8	1,1175	45294953252278800,0000	<0,0001	
Frutos Rojos	3,5000	2	1,7500		sd	sd
Frutos cítricos	4,9400	2	2,4700		sd	sd
Frutos Rojos*Frutos cittri..	0,5000	4	0,1250		sd	sd
Error	0,0000	18	0,0000			
Total	8,9400	26				

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico, que fue muy significativo ($p < 0,0001$), según el análisis de varianza (ANOVA) efectuado para los sólidos solubles (°Brix) al día 15 de fermentación, mostró que las fuentes de variación incluidas explicaron casi todas las diferencias detectadas en la cantidad de sólidos solubles de la sidra artesanal.

La suma de cuadrados del modelo fue 8.9400, mientras que el error de la experimentación fue 0.0000. De acuerdo con el último valor, no hubo variabilidad residual entre las repeticiones y el modelo estadístico se ajustó con una precisión casi perfecta.

En cuanto a los impactos más relevantes, se registraron variaciones significativas ($p < 0.0001$) en las partes constitutivas de las frutas cítricas y rojas. Esto indica que el tipo de fruta utilizada tuvo un efecto directo sobre la cantidad final de sólidos solubles después de dos semanas de fermentación.

La interacción entre los cítricos y las frutas rojas demostró una gran relevancia ($p < 0,0001$), lo que señala que la reacción del contenido de °Brix se basó en la combinación específica de las dos partes, no únicamente en sus efectos separados.

Durante la fermentación, las levaduras que metabolizan los azúcares del mosto generaron etanol, dióxido de carbono y otros productos secundarios. Estos resultados evidencian los cambios bioquímicos asociados al metabolismo de las levaduras.

Como consecuencia, el contenido de sólidos solubles disminuyó de manera progresiva hasta alcanzar valores diferentes entre los tratamientos, lo cual estaba determinado por la composición inicial de cada formulación y del rendimiento con el que los azúcares existentes eran

metabolizados por los microorganismos. En síntesis, el análisis concluye que las características de las materias primas utilizadas tuvieron un impacto en la calidad final de la sidra artesanal y en el desarrollo de los sólidos solubles durante la fermentación.

Tabla 24: Media de frutos rojos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000

Error: 0,0000 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Guayaba 250ml	2,9333	9	0,0000	A
Pitahaya 250ml	3,1000	9	0,0000	B
Mora 250ml	3,7667	9	0,0000	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló que había diferencias significativas en términos estadísticos entre las frutas rojas utilizadas para la producción de sidra artesanal. La mezcla que se hizo con guayaba (250 mL) tuvo el promedio más bajo de sólidos solubles (2,9333 °Brix), por lo que fue clasificada en el grupo A. Después estuvo la mezcla hecha con pitahaya (250 mL), cuyo promedio fue de 3,1000 °Brix y pertenece al grupo B. Por último, la mezcla realizada con mora (250 mL) mostró el mayor contenido de sólidos solubles (3,7667 °Brix) y por ende formó parte del grupo C.

El hecho de que existan tres conjuntos estadísticos claramente diferenciados señala que cada uno de los frutos rojos mostró una conducta diferente a lo largo del proceso de fermentación. La mora presentó un nivel mayor de sólidos solubles residuales al finalizar el proceso de fermentación. Esto puede ser resultado de una cantidad más elevada de azúcares en la etapa inicial o a la presencia de compuestos que no se fermentaron y que permanecieron en el mosto después del trabajo metabólico de las levaduras. Por otro lado, la guayaba presentó el valor más bajo de °Brix, lo que indica un consumo mayor de azúcares fermentables o una menor concentración inicial de sólidos solubles.

Estos hallazgos evidencian que la variedad de fruta roja tuvo un impacto considerable en la evolución del contenido de sólidos solubles a lo largo de la fermentación, estableciendo variaciones significativas en la composición final de la sidra artesanal.

Tabla 25: Media frutos cítricos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000

Error: 0,0000 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Limón 50ml	2,6667	9	0,0000	A
Toronja 50ml	3,5000	9	0,0000	B
Mandarina 50ml	3,6333	9	0,0000	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

El efecto de los frutos rojos, según lo mostrado visualmente, respalda los resultados que la prueba de Tukey logró. Desde la guayaba hasta la mora, se nota un aumento en el contenido de sólidos solubles, lo que da lugar a tres conjuntos estadísticos claramente distintos.

La pitahaya y la guayaba fueron las primeras en cuanto al valor promedio de °Brix, pero la mora tuvo el nivel más alto de sólidos solubles al término del proceso de fermentación. Este comportamiento muestra que cada fruto rojo tuvo una reacción distinta ante el proceso de fermentación, lo que se debe sobre todo a las variaciones en su composición química y en la cantidad de azúcares fermentables presentes en cada materia prima.

La figura, en términos generales, muestra que el tipo de fruto rojo es uno de los factores más relevantes que provocan las fluctuaciones en la cantidad final de sólidos solubles. Esto tiene un impacto directo tanto en la eficacia del proceso fermentativo como en las propiedades fisicoquímicas de la sidra artesanal.

Tabla 26: Media de los frutos rojos y cítricos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000

Error: 0,0000 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Pitahaya 250ml	Limon 50ml	2,5000	3	0,0000	A
Guayaba 250ml	Limon 50ml	2,5000	3	0,0000	A
Mora 250ml	Limon 50ml	3,0000	3	0,0000	B
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	3,0000	3	0,0000	B
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	3,3000	3	0,0000	C
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	3,3000	3	0,0000	C
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	3,5000	3	0,0000	D
Mora 250ml	Toronja 50ml	4,0000	3	0,0000	E
Mora 250ml	Mandarina 50ml	4,3000	3	0,0000	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Las medias ajustadas que corresponden a la interacción entre los frutos rojos y los cítricos revelan que el comportamiento del contenido final de sólidos solubles varió entre las nueve formulaciones evaluadas. Las mezclas de pitahaya y limón, así como guayaba y limón,

mostraron el contenido medio más bajo de °Brix (2,5000), lo cual sugiere que se consumieron más azúcares fermentables a lo largo del proceso.

Las combinaciones de guayaba-toronja y mora-limón alcanzaron valores intermedios de 3.0000 °Brix, mientras que las mezclas pitahaya-mandarina y guayaba-mandarina obtuvieron un valor de 3.3000 °Brix. Por otra parte, la combinación de toronja y pitahaya resultó en una concentración de 3.5000 °Brix.

Los valores más altos fueron los de las combinaciones de mora con mandarina (4,3000 °Brix) y de mora con toronja (4,0000 °Brix), lo cual demuestra que la concentración de sólidos solubles se incrementó al concluir el proceso de fermentación.

Esta conducta indica que las formulaciones hechas con mora mantuvieron un volumen superior de compuestos solubles, probablemente por variaciones en la composición inicial del mosto o en la rapidez con la que las levaduras metabolizan los azúcares.

En general, los hallazgos indican que la interacción entre los dos factores tuvo un impacto significativo en la concentración final de sólidos solubles, lo que determinó variaciones relevantes en el progreso del proceso de fermentación y en las propiedades fisicoquímicas de la sidra artesanal.

3.1.7 Análisis de densidad del día 0

Tabla 27: Análisis de varianza del análisis de densidad del día 0

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,7333	8	0,0917	7,0714	0,0003
Frutos Rojos	0,2600	2	0,1300	10,0286	0,0012
Frutos cítricos	0,4289	2	0,2144	16,5429	0,0001
Frutos Rojos*Frutos cítricos	0,0444	4	0,0111	0,8571	0,5080
Error	0,2333	18	0,0130		
Total	0,9667	26			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico que se utilizó en el análisis de varianza (ANOVA) para la densidad del día 0 resultó ser muy significativo ($p = 0,0003$), lo que sugiere que los factores analizados tuvieron un impacto importante sobre esta variable fisicoquímica antes de comenzar el procedimiento de fermentación. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,7586$) mostró que el modelo experimental explicó el 75,86 % de la variabilidad en los valores de densidad. Por su parte, el coeficiente de

determinación ajustado (R^2 ajustado = 0,6513) demostró que hubo una buena correspondencia entre los datos estadísticos y los experimentales. Además, el coeficiente de variación (CV = 3,3378 %) fue bastante bajo, lo que indica una precisión experimental adecuada y una confiabilidad apropiada de los resultados conseguidos.

La variable de las frutas rojas presentó cambios notables ($F = 10.0286$; $p = 0.0012$) en lo que respecta a los efectos básicos, lo cual señala que la variedad de fruta roja empleada modificó significativamente la densidad inicial de la sidra artesanal. Además, se demostró que el factor de los frutos cítricos tuvo un impacto importante ($F = 16.5429$; $p = 0.0001$), lo que indica que la especie de fruta cítrica tuvo una influencia significativa en las diferencias observadas entre las formulaciones.

Estos hallazgos indican que ambas variables influyeron directamente en la concentración de sólidos del mosto antes de empezar con el proceso de fermentación.

Por el contrario, la interacción entre los frutos rojos y los cítricos no mostró variaciones significativas desde una perspectiva estadística ($F = 0,8571$; $p = 0,5080$), lo que señala que la densidad no dependía de cuál variedad de fruto cítrico se empleaba. Por lo tanto, la respuesta de esta variable fue principalmente determinada por los efectos individuales de cada factor y no por las interacciones entre ellos.

Por lo tanto, la densidad inicial del mosto fue determinada por las características intrínsecas de los ingredientes utilizados, especialmente por el número de compuestos disueltos y sólidos solubles que tenían.

Tabla 28: Media de los frutos rojos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13698

Error: 0,0130 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	3,2778	9	0,0380	A
Pitahaya 250ml	3,4444	9	0,0380	B
Guayaba 250ml	3,5111	9	0,0380	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) reveló que existían diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre las frutas rojas utilizadas para producir sidra artesanal. La mezcla que incluyó guayaba (250 mL) presentó la densidad media más elevada (3,5111), en

contraste con la pitahaya, que fue de 3,4444. Por consiguiente, no existieron distinciones relevantes entre estas dos formulaciones. En cambio, la formulación de mora (250 mL) tuvo el promedio de densidad más bajo (3,2778), lo que la ubicó en el grupo estadístico A y la hizo resaltar notoriamente de los otros tratamientos.

Estos resultados indican que la variedad del fruto rojo tuvo un impacto directo en la densidad del mosto en su etapa inicial.

La guayaba y la pitahaya motivaron el desarrollo de formulaciones con una mayor concentración de sólidos disueltos. Respecto a la mora, esta mostró una densidad más baja, tal vez debido a variaciones naturales en su composición química, especialmente en el número de pectinas, azúcares y otros componentes solubles presentes en cada fruta.

Tabla 29: Media de los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13698

Error: 0,0130 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Limón 50ml	3,3111	9	0,0380	A
Toronja 50ml	3,3333	9	0,0380	A
Mandarina 50ml	3,5889	9	0,0380	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Los análisis estadísticos de comparación de medias revelaron disparidades notables entre los frutos cítricos analizados. La mandarina (50 mL) tuvo la mayor media en densidad (3.5889), por lo que se posicionó en el grupo estadístico B, lo que la distingue de manera significativa del limón y la toronja. La toronja (3,3333) y el limón (3,3111), por otro lado, pertenecieron al grupo estadístico A, lo que demuestra que no hubo distinciones relevantes entre los dos tratamientos. La inclusión de mandarina propició una densidad inicial más alta del mosto, presumiblemente a causa de su contenido superior en azúcares naturales y sólidos solubles; esto es lo que muestran estos resultados.

Por otro lado, la toronja y el limón tuvieron un patrón semejante, produciendo formulaciones con una densidad reducida.

Tabla 30: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32573

Error: 0,0130 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias n	E.E.			
Mora 250ml	Limo 50ml	3,2000 3	0,0657 A			
Mora 250ml	Toronja 50ml	3,2333 3	0,0657 A			
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	3,3000 3	0,0657 A			
Pitahaya 250ml	Limón 50ml	3,3667 3	0,0657 A	B		
Guayaba 250ml	Limón 50ml	3,3667 3	0,0657 A	B		
Mora 250ml	Mandarina 50ml	3,4000 3	0,0657 A	B	C	
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	3,4667 3	0,0657 A	B	C	
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	3,6667 3	0,0657	B	C	
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	3,7000 3	0,0657		C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación de medias para la interacción entre frutos rojos y cítricos reveló que, pese a que el análisis de varianza no mostró una interacción significativa ($p > 0.05$), las medias ajustadas hacen posible examinar cómo se comporta cada formulación evaluada. La mezcla de mora (250 mL) y limón (50 mL) mostró el valor promedio de densidad más bajo (3,2000), después la combinación de mora y toronja (3,2333) y por último la pitahaya con toronja (3,3000), que todas ellas formaron parte del grupo estadístico A.

Las combinaciones pitahaya-limón (3,3667), guayaba-limón (3,3667), mora-mandarina (3,4000), guayaba-toronja (3,4667) y pitahaya-mandarina (3,6667) se clasificaron en un nivel intermedio; estos cinco grupos compartieron parcialmente los grupos A, B y C. Por último, la combinación guayaba-50 mL de mandarina alcanzó el promedio más alto de densidad (3,7000); ocupó el grupo estadístico C y por ende fue la mezcla con mayor densidad inicial.

3.1.8 Análisis De Densidad del día 15

Tabla 31 Análisis de varianza del análisis de densidad del día 15.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,1667	8	0,0208	0,8152	0,5990
Frutos Rojos	0,0022	2	0,0011	0,0435	0,9576
Frutos cítricos	0,0800	2	0,0400	1,5652	0,2362
Frutos Rojos*Frutos cittri..	0,0844	4	0,0211	0,8261	0,5257
Error	0,4600	18	0,0256		
Total	0,6267	26			

(Murillo, 2025)

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la densidad en el día 15 del proceso de fermentación reveló que el modelo estadístico no fue significativo ($p = 0.5990$), lo que señala que los factores analizados no tuvieron un impacto estadísticamente relevante en la densidad de la sidra artesanal al término del proceso de fermentación. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,2660$), además, demostró que el modelo experimental solo explicó el 26,60 % de la variabilidad observada en esta variable. Por su parte, el coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{ajustado} = 0,0000$) mostró que los datos experimentales no se adecuaron suficientemente. El coeficiente de variación ($CV = 6,3381 \%$) también reveló una variabilidad moderada entre las observaciones; esto puede deberse a las transformaciones inherentes al proceso de fermentación. Respecto a los efectos principales, el factor "frutos rojos" no mostró diferencias estadísticas relevantes ($F = 0.0435$; $p = 0.9576$), lo cual indica que la bebida no experimentó alteraciones significativas en su densidad el día 15, a pesar de que se empleó una variedad diferente de fruta roja. El factor "frutos cítricos" tampoco tuvo un impacto significativo ($F = 1,5652$; $p = 0,2362$), lo que sugiere que las diferencias entre toronja, mandarina y limón no produjeron cambios significativos en esta variable fisicoquímica.

En cuanto a la interacción entre ambos componentes, no se encontraron diferencias estadísticas significativas al mezclar frutos rojos y cítricos ($F = 0.8261$; $p = 0.5257$), lo que indica que el proceso de fermentación no tuvo impacto en la densidad tras la combinación de los ingredientes. En síntesis, estos descubrimientos señalan que la fermentación logró equilibrar la densidad entre las diferentes formulaciones, reduciendo de esta manera el efecto inicial que los rasgos particulares de cada fruta tenían sobre dicha variable.

Tabla 32: Media de los frutos rojos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19233

Error: 0,0256 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	2,5111	9	0,0533	A
Guayaba 250ml	2,5222	9	0,0533	A
Pitahaya 250ml	2,5333	9	0,0533	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) demostró que no había diferencias estadísticas significativas entre las tres frutas rojas analizadas, ya que guayaba (2,5222), mora (2,5111) y pitahaya (2,5333) pertenecían al mismo grupo estadístico (A). Aunque la pitahaya presentó el promedio de densidad más elevado, seguido por la mora y la guayaba, las diferencias vistas no fueron relevantes desde el punto de vista estadístico.

A partir de estos descubrimientos, se puede deducir que, tras dos semanas de fermentación, la variedad de fruta roja ya no afecta de manera importante a la densidad de la sidra artesanal. El metabolismo de las levaduras ocasionó que los sólidos solubles se redujeran y estabilizaran, lo cual propició la eliminación casi total de las diferencias iniciales entre las materias primas y posibilitó llegar a formulaciones con valores de densidad muy parecidos.

Tabla 33: Media de los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19233

Error: 0,0256 gl: 18

Frutos cítricos	medias	n	E.E.	
Toronja 50ml	2,4556	9	0,0533	A
Limón 50ml	2,5222	9	0,0533	A
Mandarina 50ml	2,5889	9	0,0533	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey mostraron que no se encontraron diferencias estadísticas relevantes entre las frutas cítricas analizadas. Limón, toronja y mandarina formaron parte del mismo grupo estadístico (A), lo que demuestra que las mínimas variaciones notadas en sus promedios de densidad no fueron suficientes para establecer diferencias significativas.

Estos hallazgos posibilitan sostener que la naturaleza del fruto cítrico no tuvo un impacto sobre la densidad de la sidra artesanal el día 15 de fermentación. La actividad de fermentación fue disminuyendo gradualmente la cantidad de sólidos disueltos en el mosto, lo que produjo un comportamiento homogéneo entre todas las formulaciones sin importar el cítrico utilizado.

Tabla 34: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,45735

Error: 0,0256 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Mora 250ml	Toronja 50ml	2,4000	3	0,0923	A
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	2,4333	3	0,0923	A

Mora 250ml	Limón 50ml	2,4667	3	0,0923	A
Guayaba 250ml	Limón 50ml	2,5000	3	0,0923	A
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	2,5333	3	0,0923	A
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	2,5333	3	0,0923	A
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	2,5667	3	0,0923	A
Pitahaya 250ml	Limón 50ml	2,6000	3	0,0923	A
Mora 250ml	Mandarina 50ml	2,6667	3	0,0923	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación de medias para la interacción entre los frutos cítricos y los frutos rojos reveló que las nueve combinaciones analizadas pertenecían al mismo grupo estadístico, lo que sugiere que no existieron diferencias relevantes entre tratamientos. A pesar de que algunas formulaciones mostraron valores de densidad un poco mayores o menores, esos cambios fueron reducidos y se debieron a la variabilidad del experimento más que a un impacto real de la combinación de los factores.

Lo que muestran estos resultados es que la reacción de la densidad al término de la fermentación no dependió de la mezcla concreta de frutos que se empleó. La conversión de azúcares en etanol y dióxido de carbono, además de la disminución de los sólidos solubles que se encuentran en el mosto, propició que las densidades fueran muy parecidas entre todas las formulaciones analizadas.

3.2 Análisis Microbiológico

3.2.1 Análisis De Mesófilos Aerobios día 0

Tabla 35: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos M.A del día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	246,6699	8	30,8337	4,0352	0,0067
Frutos Rojos	27,1784	2	13,5892	1,7784	0,1973
Frutos cítricos	38,6097	2	19,3048	2,5264	0,1079
Frutos Rojos*Frutos cítricos	180,8818	4	45,2205	5,9180	0,0032
Error	137,5406	18	7,6411		
Total	384,2105	26			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico fue significativo ($p = 0,0067$) en el análisis de varianza (ANOVA) del conteo de microorganismos mesófilos aerobios (M.A.) al día 0, lo que demuestra que los factores analizados tuvieron un impacto relevante en la carga microbiana inicial de la sidra artesanal antes de la fermentación.

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,6420$) mostró que el modelo experimental justificó el 64,20 % de la variabilidad detectada en los recuentos microbiológicos; por su parte, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0,4829) sugirió que los datos se ajustaron de manera aceptable. También el coeficiente de variación ($CV = 54,6257 \%$) fue alto, lo cual es previsible en las variables microbiológicas por la variabilidad natural de los microorganismos que se encuentran en las materias primas y por las diferencias inherentes a los procedimientos de muestreo y cuantificación.

Respecto a los efectos principales, el factor "frutos rojos" no mostró diferencias estadísticas relevantes ($F = 1,7784$; $p = 0,1973$), lo que sugiere que el uso de guayaba, mora o pitahaya no alteró individualmente el conteo inicial de microorganismos mesófilos aerobios. Asimismo, el factor de los frutos cítricos no demostró un efecto significativo ($F = 2,5264$; $p = 0,1079$), lo que indica que las diferencias microbiológicas entre limón, toronja y mandarina no fueron suficientes para producir variaciones estadísticamente significativas al ser analizadas de manera independiente.

No obstante, se demostró que la interacción entre los frutos rojos y los cítricos fue muy significativa ($F = 5,9180$; $p = 0,0032$), lo que indica que el comportamiento microbiológico inicial estuvo determinado por la combinación concreta de estas dos materias primas. Este resultado indica que la carga microbiana natural de cada tratamiento se debió más a la interacción entre las características microbiológicas propias de los frutos rojos y los cítricos usados, que al impacto individual de cada factor.

Tabla 36: Media de los frutos rojos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,32569

Error: 7,6411 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Guayaba 250ml	3,7256	9	0,9214	A
Pitahaya 250ml	5,3111	9	0,9214	A
Mora 250ml	6,1444	9	0,9214	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) demostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los frutos rojos analizados, ya que la guayaba (3,7256), la pitahaya (5,3111) y la mora (6,1444) pertenecieron al mismo grupo estadístico (A). A pesar de que la guayaba tuvo el promedio más bajo de microorganismos mesófilos aerobios y la mora, el más alto, estas diferencias no fueron lo suficientemente significativas para determinar una separación estadística entre los tratamientos.

Estos hallazgos muestran que el microbiota natural de los frutos rojos era parecido antes de comenzar el proceso de fermentación, por lo que ninguno de ellos constituyó una fuente de contaminación microbiana significativamente superior a las otras.

Tabla 37: Media de los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,32569

Error: 7,6411 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Limón 50ml	3,5111	9	0,9214	A
Toronja 50ml	5,2478	9	0,9214	A
Mandarina 50ml	6,4222	9	0,9214	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Los resultados de la prueba de Tukey para el factor "frutos cítricos" revelaron que mandarina, limón y toronja pertenecían al mismo grupo estadístico, lo cual demuestra que no existieron variaciones notables entre sus medias de microorganismos mesófilos aerobios. A pesar de que se detectaron ligeras fluctuaciones en los valores promedio de cada tratamiento, no se llegaron a considerar estadísticamente significativas.

Los niveles microbiológicos iniciales de los cítricos usados fueron comparables, según este resultado. Por lo tanto, el tipo de cítrico usado no fue un elemento crucial en la proliferación de microorganismos mesófilos aerobios antes del comienzo de la fermentación.

Tabla 38: Media de los frutos rojos y de los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,90825

Error: 7,6411 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	1,1433	3	1,5959	A
Guayaba 250ml	Limón 50ml	1,2000	3	1,5959	A
Pitahaya 250ml	Limón 50ml	1,3000	3	1,5959	A
Mora 250ml	Mandarina 50ml	3,9333	3	1,5959	A

Mora 250ml	Toronja 50ml	6,4667	3	1,5959	A
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	6,5000	3	1,5959	A
Mora 250ml	Limón 50ml	8,0333	3	1,5959	A
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	8,1333	3	1,5959	A
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	8,8333	3	1,5959	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación de medias para la interacción entre frutas rojas y cítricas mostró diferencias estadísticas relevantes entre distintas combinaciones, lo cual contrasta con los efectos individuales. Esto demuestra que la carga de microorganismos en un principio se definió por una combinación particular de las dos materias primas y no solo por la especie de fruta roja o cítrica estudiada de forma aislada.

Algunas formulaciones mostraron recuentos mucho más bajos, en contraste con otras que mostraron cifras más altas. Esto pone de manifiesto el efecto conjunto de las particularidades microbiológicas específicas de cada fruta.

Desde la perspectiva de la microbiología, este comportamiento se puede explicar por las fluctuaciones naturales en el microbiota epífita que existe en la superficie de cada fruta y por las propiedades fisicoquímicas específicas de cada mezcla, como su acidez, los azúcares y la disponibilidad de nutrientes. Estos elementos establecen el modo en que los microorganismos aerobios se reproducen y subsisten.

3.2.2 Análisis De Mesófilos Aerobios día 15

Tabla 39: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos M.A del día 15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	165,2956	8	20,6619	5,1767	0,0018	
Frutos Rojos	16,5590	2	8,2795	2,0744	0,1546	
Frutos cítricos	34,5330	2	17,2665	4,3260	0,0292	
Frutos Rojos*Frutos cítricos	114,2036	4	28,5509	7,1532	0,0012	
Error	71,8443	18	3,9913			
Total	237,1398	26				

(Murillo, 2025)

El estudio de varianza (ANOVA) efectuado para el conteo de microorganismos mesófilos aerobios (M.A.) al día 15 de fermentación demostró que el modelo estadístico no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$), lo cual señala que los factores analizados no tuvieron un

impacto estadísticamente relevante sobre la carga microbiológica al término del proceso de fermentación. Este comportamiento indica que, tras la finalización de la fermentación, se produjeron condiciones a lo largo del proceso que propiciaron una disminución y estabilización del crecimiento de microorganismos aerobios, sin importar la formulación empleada.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) demostró que el modelo únicamente explicó una parte de la variabilidad observada, mientras que el coeficiente de variación reveló la variabilidad usual en los estudios microbiológicos. Esto es común debido a la sensibilidad intrínseca de las técnicas cuantitativas y a cómo se distribuyen naturalmente las poblaciones microbianas.

En lo que respecta a los efectos más importantes, la aplicación de frutas rojas no mostró diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), lo cual indica que la adición de mora, pitahaya o guayaba no produjo alteraciones notables en el número de microorganismos mesófilos aerobios tras la fermentación.

Asimismo, el elemento de los cítricos no tuvo un efecto relevante ($p > 0.05$), lo que señala que la variedad de cítrico empleada no alteró la carga microbiológica final de la sidra artesanal.

El comportamiento microbiológico en el día 15 no se vio afectado por la combinación de las frutas rojas y los cítricos, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Estos resultados muestran que la fermentación ha podido igualar las condiciones microbiológicas en todos los tratamientos.

Esto se debió, sobre todo, a la disminución del pH, a la producción de etanol, a la reducción de nutrientes accesibles y a la competencia que las levaduras fermentativas ejercieron; elementos que frenan el crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios.

Tabla 40: Media de los frutos rojos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,40360

Error: 3,9913 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Pitahaya 250ml	2,1756	9	0,6659	A
Mora 250ml	2,2656	9	0,6659	A
Guayaba 250ml	3,8800	9	0,6659	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló que no se encontraron variaciones estadísticas relevantes entre las frutas rojas analizadas, puesto que la pitahaya, la guayaba y la mora pertenecían al mismo grupo estadístico. A pesar de que uno de los tratamientos mostró un promedio un poco más alto que el resto, las diferencias observadas fueron ínfimas y no llegaron a ser estadísticamente significativas.

Estos hallazgos muestran que, al concluir el proceso de fermentación, la incidencia inicial del tipo de fruto rojo en el microbiota desapareció casi por completo. Las circunstancias desfavorables que se produjeron durante la fermentación restringieron la proliferación de microorganismos mesófilos aerobios, lo cual promovió que las varias formulaciones llegaran a niveles microbiológicos parecidos.

Tabla 41: Media de los frutos cítricos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,40360

Error: 3,9913 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.		
Limón 50ml	1,3500	9	0,6659	A	
Toronja 50ml	2,8544	9	0,6659	A	B
Mandarina 50ml	4,1167	9	0,6659		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de Tukey, llevada a cabo con el factor "frutos cítricos", reveló que las preparaciones hechas con toronja, limón y mandarina pertenecían al mismo grupo estadístico; este resultado evidenció que no había diferencias importantes entre sus medias de microorganismos mesófilos aerobios. Pese a que los valores promedio experimentaron ligeros cambios, no fueron lo bastante significativos como para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos.

Esta conducta evidencia que la variedad de cítrico no tuvo impacto en la carga microbiológica final de la sidra artesanal, ya que el ambiente creado durante el proceso de fermentación tuvo un efecto inhibitorio comparable en los microorganismos presentes en todas las formulaciones.

Tabla 42: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,71559

Error: 3,9913 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Guayaba 250ml	Limón 50ml	1,1733	3	1,1535	A
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	1,2333	3	1,1535	A
Mora 250ml	Limón 50ml	1,2967	3	1,1535	A

Mora 250ml	Mandarina 50ml	1,4667	3	1,1535	A	
Pitahaya 250ml	Limón 50ml	1,5800	3	1,1535	A	
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	1,6500	3	1,1535	A	
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	3,2967	3	1,1535	A	
Mora 250ml	Toronja 50ml	4,0333	3	1,1535	A	B
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	9,2333	3	1,1535		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

El análisis de comparación de medias para la interacción entre los frutos rojos y los frutos cítricos mostró que las nueve combinaciones analizadas pertenecían al mismo grupo estadístico, lo cual demuestra que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Si bien algunas formulaciones mostraron cifras un poco más altas o más bajas de microorganismos mesófilos aerobios, estas variaciones fueron mínimas y se debieron a la variabilidad natural del análisis microbiológico.

Los hallazgos posibilitan llegar a la conclusión de que, al término de la fermentación, el efecto de la mezcla concreta de frutas sobre la carga microbiológica se disipó. La producción de etanol y otros metabolitos antimicrobianos producidos por la actividad de las levaduras, así como la reducción del pH, causaron un entorno poco propicio para que los microorganismos mesófilos aerobios se desarrollaran. Esto contribuyó a estabilizar microbiológicamente la bebida en todos los tratamientos.

3.2.3 Análisis Microbiológico Mohos Y Levaduras día 0

Tabla 43: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos de M/L del día 0

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36,9007	8	4,6126	1,6889	0,1693
Frutos Rojos	5,6941	2	2,8470	1,0424	0,3729
Frutos cítricos	21,0985	2	10,5493	3,8626	0,0402
Frutos Rojos*Frutos críticos	10,1081	4	2,5270	0,9253	0,4711
Error	49,1600	18	2,7311		
Total	86,0607	26			

(Murillo, 2025)

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado en el recuento de levaduras y mohos al día 0 mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), lo que sugiere que los factores examinados tuvieron un impacto en la carga microbiológica inicial de la sidra artesanal antes de que comenzara la fermentación. El modelo mostró que, de acuerdo con el coeficiente de

determinación (R^2), se explicó una proporción importante de la variabilidad observada en los datos experimentales. El coeficiente de determinación ajustado, por otro lado, confirmó que el modelo se ajustó de manera adecuada.

El coeficiente de variación (CV) también presentó un valor bastante alto. La variabilidad microbiológica es común en este comportamiento, debido a que la diversidad natural de las poblaciones de mohos y levaduras en las materias primas y los cambios inherentes a los métodos de aislamiento e identificación microbiológica tienen un impacto.

En lo que respecta a los principales efectos, el factor "frutos rojos" no reveló diferencias estadísticas relevantes ($p > 0,05$). Esto indica que, cuando se analizaron de manera individual, el uso de guayaba, mora o pitahaya no produjo alteraciones significativas en la cantidad de mohos y levaduras al principio.

Asimismo, el factor de los cítricos no mostró cambios significativos ($p > 0.05$), lo que indica que la variedad de cítrico empleada no tuvo un impacto importante en el recuento inicial de estos microorganismos.

No obstante, se observaron diferencias estadísticas relevantes ($p < 0.05$) en la interacción entre las frutas cítricas y las rojas, lo que indica que el comportamiento inicial de la microbiología dependió de una combinación puntual de ambos ingredientes.

Este hallazgo indica que las características fisicoquímicas particulares de cada formulación, además de las propiedades microbiológicas de cada fruta, ocasionaron un efecto conjunto sobre la población inicial de mohos y levaduras presentes en la sidra antes de que comenzara el proceso de fermentación.

Tabla 44: Media de los frutos rojos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,98825

Error: 2,7311 gl: 18

Frutos Rojos		Medias	n	E.E.	
Pitahaya	250ml	5,1556	9	0,5509	A
Guayaba	250ml	5,9444	9	0,5509	A
Mora	250ml	6,2444	9	0,5509	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló que las frutas rojas analizadas pertenecían al mismo grupo estadístico, lo que señala que no se encontraron disparidades relevantes entre los

valores promedio de levaduras y mohos observados en pitahaya, guayaba y mora. Aunque un tratamiento presentó una cifra más alta que las demás, los cambios observados no fueron lo suficientemente significativos desde el punto de vista estadístico como para distinguir las medias.

Estos hallazgos sugieren que el microbiota fúngico natural vinculada con las frutas rojas no experimentó ninguna modificación desde el inicio del experimento. Esto indica que, en comparación con otros tratamientos, estas frutas no constituyeron una fuente importante de contaminación por levaduras y moho.

Tabla 45: Media de los frutos cítricos.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,98825

Error: 2,7311 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.		
Toronja 50ml	4,5667	9	0,5509	A	
Mandarina 50ml	6,1333	9	0,5509	A	B
Limón 50ml	6,6444	9	0,5509		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación de medias de Tukey reveló que las formulaciones hechas con limón, mandarina y toronja pertenecían al mismo grupo estadístico, lo que mostró que no había distinciones significativas entre sus promedios en cuanto a la cantidad de levaduras y mohos. Se observaron ligeras diferencias entre los tratamientos, pero no llegaron a ser estadísticamente significativas.

La presencia inicial de levaduras y mohos no estuvo influenciada por el tipo de fruta cítrica, porque el microbiota que se asocia con estos frutos tuvo propiedades semejantes en las condiciones experimentales analizadas.

Tabla 46: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,72793

Error: 2,7311 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	3,7333	3	0,9541	A
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	4,6333	3	0,9541	A
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	4,8000	3	0,9541	A
Mora 250ml	Toronja 50ml	5,1667	3	0,9541	A
Guayaba 250ml	Limón 50ml	5,9667	3	0,9541	A
Mora 250ml	Mandarina 50ml	6,7000	3	0,9541	A

Mora 250ml	Limón 50ml	6,8667	3	0,9541	A
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	7,0667	3	0,9541	A
Pitahaya 250ml	Limón 50ml	7,1000	3	0,9541	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La interacción entre frutos cítricos y frutos rojos mostró diferencias estadísticas relevantes entre diferentes combinaciones de tratamientos cuando se aplicó la prueba de comparación de medias, lo que corroboró que la combinación concreta de los dos ingredientes iniciales tuvo un efecto sobre la población de levaduras y mohos. Debido a las propiedades microbiológicas específicas de cada fruta, algunas formulaciones mostraron conteos significativamente más bajos y otras tuvieron poblaciones más altas.

La madurez del fruto, las condiciones de cultivo, el almacenamiento, los procesos de cosecha y la flora microbiana epífita que se encuentra naturalmente en la superficie de las frutas son algunos elementos que pueden influir en este comportamiento. Además, el crecimiento de estos microorganismos puede ser favorecido o limitado por la composición de cada sustancia, específicamente su acidez inicial, su humedad disponible y su contenido azucarado, antes del inicio de la fermentación.

3.2.4 Análisis Microbiológico Mohos Y Levaduras Día 15

Tabla 47: Análisis de varianza de los análisis microbiológicos M/L del día 15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,5788	8	0,0723	4,5865	0,0035
Frutos Rojos	0,2249	2	0,1125	7,1301	0,0052
Frutos cítricos	0,0336	2	0,0168	1,0653	0,3654
Frutos Rojos*Frutos críticos	0,3202	4	0,0801	5,0754	0,0065
Error	0,2839	18	0,0158		
Total	0,8627	26			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico que se utilizó en el análisis de varianza (ANOVA) para contar levaduras y mohos al día 15 resultó ser muy significativo ($F = 4,5865$; $p = 0,0035$). Esta información sugiere que los factores analizados explicaron una buena parte de la variabilidad observada en el crecimiento microbiano. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,6709$) demostró que el modelo experimental explicó el 67,09 % de la variación en los recuentos de levaduras y mohos; por su

parte, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0,5246) mostró que los datos se ajustaron correctamente. Además, el coeficiente de variación ($CV = 8,7670 \%$) fue reducido, lo cual indica una precisión experimental satisfactoria y una repetibilidad apropiada de las determinaciones microbiológicas.

En cuanto a los efectos más sobresalientes, se notaron diferencias importantes en el componente "frutos rojos" ($p = 0,0052$; $F = 7,1301$). Esto demuestra que la diversidad de frutos rojos afectó el crecimiento residual de levaduras y mohos al final del proceso de fermentación. Por otro lado, el componente de los cítricos no presentó cambios relevantes ($F = 1.0653$; $p = 0.3654$), lo que sugiere que la variedad de cítricos empleados no afectó significativamente el comportamiento microbiológico de la sidra artesanal.

Por otro lado, se encontró una relación estadísticamente significativa ($p = 0.0065$; $F = 5.0754$) entre las frutas rojas y las cítricas, lo que demuestra que el rendimiento de la fruta roja dependía de su mezcla con la fruta cítrica. Este hallazgo indica que la reacción a nivel de microbiología no fue solamente resultado de los efectos individuales de cada uno de los factores, sino que también se debió a la interacción entre las dos partes constitutivas de la formulación.

Tabla 48: Media de los frutos rojos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15110

Error: 0,0158 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Pitahaya 250ml	1,3100	9	0,0419	A
Mora 250ml	1,4589	9	0,0419	A B
Guayaba 250ml	1,5289	9	0,0419	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Se observaron diferencias significativas entre los frutos rojos estudiados a través de la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$). La pitahaya se clasificó como grupo A, con un promedio de 1.3100 Log UFC/mL de levaduras y mohos. La mora y la guayaba (con 1,5289 y 1,4589 Log UFC/mL respectivamente) se clasificaron en el grupo B; no se encontraron diferencias notables entre las dos.

Los resultados de la investigación indican que las preparaciones con pitahaya mostraron una disminución más notable en el crecimiento de mohos y levaduras al concluir el proceso de fermentación, en comparación con las hechas con guayaba y mora.

Estas diferencias en la composición fisicoquímica de las frutas, en particular el contenido de metabolitos bioactivos, nutrientes residuales y compuestos fenólicos, pueden afectar la supervivencia de los microorganismos durante la fermentación.

Tabla 49: Media de los frutos cítricos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15110

Error: 0,0158 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.
Toronja 50ml	1,3933	9	0,0419 A
Mandarina 50ml	1,4256	9	0,0419 A
Limón 50ml	1,4789	9	0,0419 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La gráfica confirma los resultados obtenidos por medio de la prueba de Tukey; se observa un incremento en el crecimiento microbiano al pasar de la pitahaya a la guayaba. En comparación con la mora y la guayaba, que tienen cifras más altas, pero son estadísticamente similares, la pitahaya tiene el menor contenido de residuos de levaduras y mohos.

Desde la perspectiva microbiológica, este comportamiento muestra que la formulación con pitahaya no proporcionó un entorno adecuado para que estos microorganismos sobrevivieran durante todo el proceso de fermentación. Esto implica una ventaja en términos de la estabilidad microbiológica del producto terminado.

Tabla 50: Media de los frutos rojos y los frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35931

Error: 0,0158 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.		
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	1,2167	3	0,0725 A		
Mora 250ml	Mandarina 50ml	1,2733	3	0,0725 A	B	
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	1,3067	3	0,0725 A	B	
Pitahaya 250ml	Limón 50ml	1,4067	3	0,0725 A	B	C
Guayaba 250ml	Limón 50ml	1,4267	3	0,0725 A	B	C
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	1,4633	3	0,0725 A	B	C
Mora 250ml	Toronja 50ml	1,5000	3	0,0725 A	B	C
Mora 250ml	Limon 50ml	1,6033	3	0,0725 A	B	C
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	1,6967	3	0,0725 A		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de Tukey para la interacción mostró una separación gradual entre los nueve pares analizados, que se agruparon en A, AB, B, BC y C. Esto confirma la relevancia estadística que se observó en el ANOVA.

La combinación de pitahaya y toronja tuvo la menor tasa de crecimiento de levaduras y mohos (1,2167 Log UFC/mL), por lo que se incorporó al grupo A. Por otro lado, guayaba con mandarina presentó el número microbiológico más alto (1,6967 Log UFC/mL) y fue incluida en el grupo C. Las formulaciones restantes fueron distribuidas entre grupos estadísticos intermedios (AB, B y BC), lo cual evidenció una respuesta microbiológica progresiva.

Que haya grupos compartidos señala que ciertos planteamientos tienen respuestas parecidas, mientras que otros son notablemente diferentes. En concreto, los mezclas que contienen pitahaya fueron las que tuvieron menos recuentos microbiológicos, en contraste con las formuladas con guayaba, sobre todo cuando se combinó con limón y mandarina, que mostraron la mayor cantidad de levaduras y mohos residuales.

3.3 Análisis Del °Alcohólico

Tabla 51: Análisis de varianza del °alcohólico.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,000437	8	0,000055	28,439236	<0,0001
Frutos Rojos	0,000354	2	0,000177	92,215278	<0,0001
Frutos cítricos	0,000073	2	0,000037	19,090278	<0,0001
Frutos Rojos*Frutos cítricos	0,000009	4	0,000002	1,225694	0,3348
Error	0,000035	18	0,000002		
Total	0,000471	26			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico utilizado en el análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de alcohol en la sidra artesanal resultó ser muy significativo ($F = 28,4393$; $p < 0,0001$), lo que sugiere que los factores analizados explicaron una parte significativa de la variabilidad detectada en este aspecto. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9267$) mostró que el modelo experimental interpretó el 92,67% de la fluctuación en el nivel alcohólico. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0,8941) confirmó que los datos obtenidos experimentalmente se adaptaron adecuadamente. El coeficiente de variación ($CV = 2,3691 \%$) también fue bajo, lo cual señala que los ensayos tuvieron una precisión elevada y que las unidades experimentales mostraron un nivel adecuado de uniformidad.

Los cambios más relevantes se encontraron en el factor de las frutas rojas ($p < 0,0001$; $F = 92,2153$). Esto demuestra que la diversidad de frutas rojas influyó considerablemente en la cantidad de alcohol producida durante el proceso de fermentación. Además, el componente de los cítricos tuvo un impacto importante ($F = 19,0903$; $p < 0,0001$), lo que indica que la incorporación de diferentes frutas cítricas modificó la concentración final de alcohol en la sidra artesanal.

En cambio, la interacción entre frutas rojas y frutas cítricas no mostró diferencias estadísticas relevantes ($F = 1.2257$; $p = 0.3348$), lo cual señala que estos dos factores influyeron de manera independiente en la producción de alcohol. Por lo tanto, el impacto que tuvo cada fruta roja en la graduación alcohólica fue constante, sin importar con qué fruta cítrica se combinó.

Tabla 52: Media de los frutos rojos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00167

Error: 0,0000 gl: 18

Frutos Rojos	Medias	n	E.E.	
Pitahaya 250ml	0,054133	9	0,000462	A
Guayaba 250ml	0,058333	9	0,000462	B
Mora 250ml	0,063000	9	0,000462	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Los tres frutos rojos analizados presentaron diferencias relevantes, según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$). La pitahaya, con 0,0541, fue la fruta que tuvo el grado alcohólico promedio más bajo, por lo que se incluyó en el grupo A; la guayaba, con un valor intermedio de 0,0583 y perteneciente al grupo B; y finalmente la mora, con 0,0630 y parte del grupo C.

La ausencia de letras en común entre los tres tratamientos señala que cada fruta roja generó un contenido alcohólico notablemente distinto. Este comportamiento puede ser explicado por la variación en la composición química de las frutas, especialmente por el número de azúcares fermentables, los sólidos solubles y otros componentes que sirven como sustrato para el metabolismo de las levaduras. En este escenario, la mora llevó a una producción más alta de etanol; no obstante, en las circunstancias estudiadas, la pitahaya presentó una eficiencia de fermentación más baja.

Tabla 53: Media frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00167

Error: 0,0000 gl: 18

Frutos cítricos	Medias	n	E.E.	
Toronja 50ml	0,056333	9	0,000462	A
Limón 50ml	0,058800	9	0,000462	B
Mandarina 50ml	0,060333	9	0,000462	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos analizados en la prueba de Tukey que se aplicó al factor "frutos cítricos". El grupo estadístico A incluyó la toronja, que tuvo el grado alcohólico promedio más bajo (0,0563). El limón (0,0588) y la mandarina (0,0603), por su parte, formaron parte del grupo B, lo que demuestra que estos dos últimos no tuvieron diferencias relevantes.

Estos hallazgos muestran que la producción de etanol fue un poco más alta cuando se usaron limón y mandarina que cuando se utilizó toronja. Este comportamiento puede tener que ver con la variación en la composición química de los cítricos, sobre todo en el contenido de ácidos orgánicos, azúcares disponibles y otras sustancias que afectan a la actividad metabólica de las levaduras mientras se produce la fermentación.

Tabla 54: Media frutos rojos y frutos cítricos.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00396

Error: 0,0000 gl: 18

Frutos Rojos	Frutos cítricos	Medias	n	E.E.
Pitahaya 250ml	Toronja 50ml	0,051000	3	0,000800
Pitahaya 250ml	Limón 50ml	0,055400	3	0,000800
Pitahaya 250ml	Mandarina 50ml	0,056000	3	0,000800
Guayaba 250ml	Toronja 50ml	0,057000	3	0,000800
Guayaba 250ml	Limón 50ml	0,058000	3	0,000800
Guayaba 250ml	Mandarina 50ml	0,060000	3	0,000800
Mora 250ml	Toronja 50ml	0,061000	3	0,000800
Mora 250ml	Limón 50ml	0,063000	3	0,000800
Mora 250ml	Mandarina 50ml	0,065000	3	0,000800

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de las medias indicó que, entre las nueve combinaciones analizadas, la interacción entre frutas cítricas y rojas se incrementó progresivamente en términos de grado alcohólico. La mezcla de mandarina y mora, con un contenido alcohólico de 0,0650, fue la que tuvo el mayor porcentaje. En cambio, el promedio más bajo lo mostró la combinación de toronja

y pitahaya (0,0510).

A pesar de que se observó un aumento en las distintas formulaciones, el análisis de varianza indicó que la interacción entre los dos factores no fue estadísticamente significativa ($p = 0.3348$). Esto señala que las desigualdades detectadas entre las combinaciones se deben al efecto aditivo específico de cada factor, y no a un impacto combinado de los frutos rojos y los cítricos. Por lo tanto, el efecto individual de la mora es principalmente responsable del aumento en la producción de alcohol en las combinaciones con la fruta. Por otro lado, el aumento registrado cuando se utiliza mandarina corresponde al efecto específico de este fruto cítrico, sin que haya una interacción significativa entre los dos factores.

3.4 Análisis Sensorial

3.4.1 Análisis De Apariencia

Tabla 55: Análisis de varianza de apariencia

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	63,2667	36	1,7574	3,7660	<0,0001
Catador	52,3708	29	1,8059	3,8699	<0,0001
Tratamiento	10,8958	7	1,5565	3,3356	0,0022
Error	94,7292	203	0,4666		
Total	157,9958	239			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico fue altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que indica que las fuentes de variación examinadas explicaron significativamente las diferencias en las calificaciones dadas por los panelistas, según el análisis de varianza (ANOVA) efectuado para el atributo sensorial apariencia. El modelo reveló un valor de $F=3,7660$, lo que indica que se encontraron diferencias significativas entre las evaluaciones hechas para este atributo sensorial.

Con respecto a la influencia de los catadores, se notaron diferencias muy significativas ($F = 3,8699$; $p < 0,0001$), lo cual señala que hubo disparidad en la percepción individual de la apariencia entre los 30 jueces no capacitados que formaron parte del análisis.

Este comportamiento es previsible en las pruebas sensoriales de aceptación, porque cada cliente tiene sus preferencias, criterios y experiencias propias al momento de evaluar las cualidades

visuales de un alimento o una bebida.

Además, el impacto de los tratamientos también fue estadísticamente significativo ($p = 0,0022$; $F = 3,3356$), indicando que las distintas formulaciones de sidra artesanal mostraron variaciones notables en su aspecto. Estos resultados posibilitan deducir que la composición de cada tratamiento tuvo impacto en la percepción visual del producto, lo cual es esencial porque la apariencia es el primer atributo sensorial que capta el consumidor y uno de los determinantes más relevantes de la aceptación inicial del alimento.

Tabla 56: Media catador de apariencia

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,28418

Error: 0,4666 gl: 203

Catador	Medias	n	E.E.				
11	3,3750	8	0,2415	A			
4	3,5000	8	0,2415	A	B		
24	3,5000	8	0,2415	A	B		
13	3,6250	8	0,2415	A	B	C	
27	3,7500	8	0,2415	A	B	C	D
10	3,7500	8	0,2415	A	B	C	D
15	3,7500	8	0,2415	A	B	C	D
23	3,7500	8	0,2415	A	B	C	D
20	3,8750	8	0,2415	A	B	C	D
9	3,8750	8	0,2415	A	B	C	D
2	4,0000	8	0,2415	A	B	C	D
1	4,0000	8	0,2415	A	B	C	D
28	4,0000	8	0,2415	A	B	C	D
29	4,0000	8	0,2415	A	B	C	D
19	4,1250	8	0,2415	A	B	C	D
21	4,1250	8	0,2415	A	B	C	D
5	4,1250	8	0,2415	A	B	C	D
12	4,1250	8	0,2415	A	B	C	D
22	4,2500	8	0,2415	A	B	C	D
17	4,2500	8	0,2415	A	B	C	D
8	4,3750	8	0,2415	A	B	C	D
16	4,5000	8	0,2415	A	B	C	D
7	4,5000	8	0,2415	A	B	C	D
6	4,6250	8	0,2415	A	B	C	D
25	4,7500	8	0,2415		B	C	D
18	4,7500	8	0,2415		B	C	D
3	4,8750	8	0,2415			C	D
30	5,0000	8	0,2415				D
14	5,0000	8	0,2415				D
26	5,0000	8	0,2415				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló diferencias estadísticas en las calificaciones que los catadores dieron al atributo "apariencia". El catador 11, que era parte

del grupo A de la estadística, tuvo la calificación media más baja (3.3750). En otras palabras, la calificación promedio más alta (5.0000) fue obtenida por los evaluadores 14, 26 y 30, quienes eran parte del grupo D. Los otros catadores se dividieron entre estos dos extremos, creando grupos intermedios (AB, ABC, ABCD, BCD y CD), lo que indica que las calificaciones individuales han sufrido una transformación gradual.

A pesar de las diferencias entre los panelistas, la mayoría de las medias compartían letras, lo que sugiere que numerosas evaluaciones no mostraron cambios significativos.

Esta conducta es típica de las pruebas de aceptación que se llevan a cabo con clientes no capacitados, en las que las diferencias individuales se deben principalmente a la percepción personal y subjetiva de los atributos visuales del producto y a sus preferencias personales.

En general, los resultados muestran que las calificaciones dadas se agruparon, pese a la variación natural entre quienes evaluaron, en torno a 4 y 5 puntos de la escala hedónica. Esto refleja una opinión positiva acerca del aspecto de las diversas formulaciones de sidra artesanal.

Tabla 57: Media tratamiento de apariencia.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,53572

Error: 0,4666 gl: 203

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T8	3,8000	30	0,1247	A		
T7	3,9667	30	0,1247	A	B	
T1	4,1000	30	0,1247	A	B	C
T6	4,1333	30	0,1247	A	B	C
T2	4,2333	30	0,1247	A	B	C
T3	4,2333	30	0,1247	A	B	C
T5	4,3667	30	0,1247		B	C
T4	4,5333	30	0,1247			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

El análisis Tukey reveló contrastes estadísticamente significativos entre los tratamientos analizados en relación al atributo de la apariencia. El tratamiento T8, que obtuvo la calificación promedio más baja (3.8000), fue asignado al grupo estadístico A. Por otro lado, el tratamiento T4 llegó a la puntuación promedio más alta (4.5333) y conformó el grupo estadístico C; se diferenció de manera significativa del tratamiento con menor aceptación visual.

Los tratamientos T1 (4,1000), T2 (4,2333), T3 (4,2333) y T6 (4,1333) tuvieron grupos

estadísticos intermedios (ABC), lo que indica que no presentaron diferencias importantes entre ellos.

El grupo BC incluyó el tratamiento T5 (4,3667), que tuvo un alto nivel de aceptación visual, comparable al del tratamiento T4.

Estos hallazgos indican que el método de fabricación de sidra artesanal influyó en la percepción visual del producto. Las variaciones que se observaron entre los tratamientos pudieron haber estado afectadas por las modificaciones en la claridad, el color, la luminosidad y la uniformidad de la bebida.

Esto favoreció las formulaciones que se veían más atractivas para el consumidor.

3.4.2 Análisis De Color

Tabla 58: Análisis de varianza de color.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52,2333	36	1,4509	3,7731	<0,0001
Catador	44,1708	29	1,5231	3,9609	<0,0001
Tratamiento	8,0625	7	1,1518	2,9952	0,0052
Error	78,0625	203	0,3845		
Total	130,2958	239			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico usado fue muy significativo ($p < 0,0001$) en el análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sensorial color, lo que sugiere que las fuentes de variación tomadas en cuenta explicaron significativamente las discrepancias observadas en las calificaciones dadas por los panelistas. El modelo mostró un ajuste apropiado de los datos experimentales, lo que evidenció que se dieron variaciones notables en la percepción del color entre las muestras de sidra artesanal analizadas.

El análisis reveló diferencias significativas ($p < 0,0001$) en relación con el efecto de los catadores, lo que demuestra que los evaluadores tuvieron criterios diferentes al momento de evaluar el color de las formulaciones. Esta conducta es común en los ensayos sensoriales que se llevan a cabo con consumidores no entrenados, porque la percepción visual está condicionada por factores individuales como las expectativas de los clientes respecto a este tipo de bebidas fermentadas, sus preferencias personales y la experiencia pasada.

En otro orden de cosas, el impacto de los tratamientos también fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$), lo que sugiere que las formulaciones diversas hechas a partir de frutas cítricas y rojas provocaron cambios notorios en el color de la sidra artesanal. Estos hallazgos muestran que la elección y la proporción de las materias primas tuvieron un impacto directo en la tonalidad, intensidad y uniformidad del color, factores que son uno de los rasgos visuales más relevantes que el cliente tiene en cuenta al aceptar un producto.

Tabla 59: Media de catador de color.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,16575

Error: 0,3845 gl: 203

Catador	Medias	n	E.E.		
11	3,7500	8	0,2192	A	
27	3,7500	8	0,2192	A	
10	3,8750	8	0,2192	A	B
9	3,8750	8	0,2192	A	B
1	3,8750	8	0,2192	A	B
23	3,8750	8	0,2192	A	B
4	3,8750	8	0,2192	A	B
13	4,0000	8	0,2192	A	B
20	4,0000	8	0,2192	A	B
28	4,0000	8	0,2192	A	B
29	4,0000	8	0,2192	A	B
30	4,0000	8	0,2192	A	B
2	4,1250	8	0,2192	A	B
12	4,1250	8	0,2192	A	B
19	4,3750	8	0,2192	A	B
5	4,3750	8	0,2192	A	B
21	4,3750	8	0,2192	A	B
6	4,3750	8	0,2192	A	B
8	4,5000	8	0,2192	A	B
16	4,5000	8	0,2192	A	B
7	4,6250	8	0,2192	A	B
3	4,7500	8	0,2192	A	B
17	4,7500	8	0,2192	A	B
24	4,8750	8	0,2192	A	B
18	4,8750	8	0,2192	A	B
15	4,8750	8	0,2192	A	B
14	5,0000	8	0,2192		B
25	5,0000	8	0,2192		B
26	5,0000	8	0,2192		B
22	5,0000	8	0,2192		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló diferencias estadísticas en las calificaciones que los catadores dieron al atributo color. Varios evaluadores asignaron calificaciones mucho más bajas, mientras que otros dieron puntuaciones más altas; no obstante,

la mayor parte de los promedios coincidieron en conjuntos estadísticos comunes, lo que muestra una variabilidad moderada en las valoraciones individuales.

La evaluación sensorial, en particular cuando los jueces son consumidores en lugar de un panel de expertos, es subjetiva; esta subjetividad se hace evidente en las discrepancias que se notan entre los catadores.

No obstante, la mayor parte de las puntuaciones se ubicaron dentro del rango de aceptación de la escala hedónica, lo que indica que los panelistas tuvieron, en términos generales, una percepción positiva del color de cada formulación.

Estos descubrimientos, en términos generales, permiten afirmar que la mayoría de los consumidores coincidieron en ofrecer valoraciones positivas, a pesar de las diferencias individuales en la percepción del color. Esto evidencia que las sidras presentaron un aspecto cromático atractivo y adecuado para el mercado objetivo.

Tabla 60: Media de tratamiento de color.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,48632

Error: 0,3845 gl: 203

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T7	4,1000	30	0,1132	A
T8	4,1333	30	0,1132	A
T5	4,2000	30	0,1132	A
T6	4,2667	30	0,1132	A
T1	4,4000	30	0,1132	A
T4	4,5333	30	0,1132	A
T2	4,5667	30	0,1132	A
T3	4,5667	30	0,1132	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de Tukey reveló disparidades estadísticas importantes entre los tratamientos analizados en relación al atributo color. Algunas formulaciones obtuvieron calificaciones más elevadas, lo que las separó de aquellas que obtuvieron puntuaciones más bajas. Sin embargo, varios tratamientos compartían grupos estadísticos, lo que indicó que presentaban similitudes visuales y, por ende, no existían diferencias significativas entre ellos.

Los tratamientos que alcanzaron las calificaciones más elevadas fueron aquellos que presentaron a los clientes una mezcla de frutas con colores más armónicos, vívidos y placenteros. Por otra

parte, es posible que los colores de las formulaciones con calificaciones más bajas no fueran tan brillantes o visualmente menos atractivos.

Estos resultados señalan que la preparación tuvo un impacto directo en el color de la sidra artesanal, lo que muestra el rol relevante que los ingredientes de frutos rojos y cítricos desempeñan en la forma en que el producto se percibe a través de la vista. Esto se debe a la presencia de pigmentos naturales, como las antocianinas y los carotenoides, así como otras sustancias fenólicas, que le dan al brebaje su color distintivo.

3.4.3 Análisis De Aroma

Tabla 61: Análisis de varianza de aroma.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67,2500	36	1,8681	3,8663	<0,0001
Catador	47,5833	29	1,6408	3,3959	<0,0001
Tratamiento	19,6667	7	2,8095	5,8148	<0,0001
Error	98,0833	203	0,4832		
Total	165,3333	239			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico que se aplicó para el atributo sensorial aroma, que fue el análisis de varianza (ANOVA), mostró una gran significación ($p < 0,0001$), lo cual muestra que las fuentes de variación tenidas en cuenta explicaron significativamente las disparidades en las calificaciones proporcionadas por los panelistas. Las conclusiones indican que las recetas de sidra artesanal analizadas presentaron diferencias significativas en la percepción del aroma, confirmando así el efecto que tiene la composición de los ingredientes principales sobre las características aromáticas del producto.

El estudio demostró que los catadores tuvieron diferentes percepciones al evaluar el aroma de las muestras, lo cual se evidenció en diferencias notables ($p < 0.0001$).

En investigaciones de aceptación sensorial con evaluadores no capacitados, este comportamiento es común, ya que la percepción del olfato se basa en factores individuales como los gustos personales de cada cliente, sus costumbres de consumo y sus experiencias previas.

Además, las combinaciones de frutas rojas y cítricas generaron variaciones significativas en el aroma de la sidra artesanal ($p < 0.05$). Estos hallazgos señalan que la combinación de frutas

utilizada en su preparación tuvo un impacto en el perfil aromático de la bebida. Esto es relevante porque el olor es uno de los atributos sensoriales que más inciden sobre la preferencia y la aceptación del consumidor hacia un producto.

Tabla 62: Media de catador de aroma

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,30672

Error: 0,4832 gl: 203

Catador	Medias	n	E.E.		
5	3,5000	8	0,2458	A	
30	3,6250	8	0,2458	A	
9	3,6250	8	0,2458	A	
21	3,7500	8	0,2458	A	B
23	3,7500	8	0,2458	A	B
22	3,7500	8	0,2458	A	B
15	3,8750	8	0,2458	A	B
13	3,8750	8	0,2458	A	B
27	3,8750	8	0,2458	A	B
19	3,8750	8	0,2458	A	B
20	3,8750	8	0,2458	A	B
1	3,8750	8	0,2458	A	B
2	3,8750	8	0,2458	A	B
4	4,0000	8	0,2458	A	B
28	4,0000	8	0,2458	A	B
29	4,0000	8	0,2458	A	B
10	4,0000	8	0,2458	A	B
12	4,1250	8	0,2458	A	B
11	4,1250	8	0,2458	A	B
24	4,2500	8	0,2458	A	B
7	4,3750	8	0,2458	A	B
6	4,5000	8	0,2458	A	B
18	4,6250	8	0,2458	A	B
3	4,6250	8	0,2458	A	B
16	4,7500	8	0,2458	A	B
17	4,7500	8	0,2458	A	B
8	4,7500	8	0,2458	A	B
14	5,0000	8	0,2458		B
26	5,0000	8	0,2458		B
25	5,0000	8	0,2458		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Los catadores mostraron diferencias estadísticamente significativas en sus puntuaciones para el atributo aroma, según la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$). La mayor parte de las medias compartieron grupos estadísticos comunes, lo que sugiere que las diferencias entre los panelistas fueron graduales y no totalmente definidas; algunos evaluadores dieron calificaciones notoriamente más bajas, mientras que otros otorgaron puntuaciones más altas.

La subjetividad de la percepción olfativa se manifiesta en las diferencias que se observan entre los consumidores, pues el aroma generalmente está vinculado con las preferencias individuales y con la habilidad que tiene cada persona para reconocer y apreciar los compuestos volátiles contenidos en la bebida. A pesar de ello, la gran mayoría de las puntuaciones alcanzadas se concentraron primordialmente en el rango de aceptación de la escala hedónica utilizada, lo cual evidencia que la mayor parte de los participantes tuvo una percepción positiva del aroma. Estos resultados indican, en general, que el olor de las diferentes formulaciones se recibió positivamente, a pesar de las diferencias propias de los miembros de un panel de consumidores. Esto evidencia que los rasgos aromáticos generados durante la elaboración de sidra artesanal fueron agradables para las personas que realizaron la evaluación.

Tabla 63: Media de tratamiento de aroma.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,54513

Error: 0,4832 gl: 203

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T7	3,7000	30	0,1269	A	
T8	3,7333	30	0,1269	A	
T3	4,1333	30	0,1269	A	B
T1	4,1333	30	0,1269	A	B
T2	4,3333	30	0,1269		B
T6	4,3667	30	0,1269		B
T5	4,4667	30	0,1269		B
T4	4,4667	30	0,1269		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

El análisis de comparación de medias de Tukey reveló diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los tratamientos analizados en lo que respecta a la propiedad del aroma. Algunas formulaciones lograron puntajes medios más altos, lo que las distingue de aquellas que obtuvieron calificaciones más bajas. No obstante, múltiples tratamientos compartían grupos estadísticos, lo que significa que tenían propiedades aromáticas parecidas y, por ende, no mostraban discrepancias importantes.

Probablemente, las preparaciones que alcanzaron las calificaciones más altas fueron las que consiguieron un perfil aromático más placentero para los clientes, gracias a una adecuada combinación de compuestos volátiles de la fruta empleada y del procedimiento de fermentación.

Por otro lado, los tratamientos que lograron puntajes más bajos pudieron haber producido olores menos intensos o no tan agradables al panel sensorial.

Estos resultados evidencian que la formulación afectó de manera significativa cómo se percibía el aroma. Esto constata que es esencial seleccionar frutas rojas y cítricas para configurar el perfil aromático de la sidra artesanal, lo que asegura que los clientes acepten el producto.

3.4.4 Análisis De Textura

Tabla 64: Análisis de varianza de textura.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	105,6167	36	2,9338	6,4888	<0,0001
Catador	60,1500	29	2,0741	4,5874	<0,0001
Tratamiento	45,4667	7	6,4952	14,3657	<0,0001
Error	91,7833	203	0,4521		
Total	197,4000	239			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico fue muy significativo ($p < 0,0001$) en el análisis de la varianza (ANOVA) llevado a cabo para el atributo sensorial textura, lo que señala que las fuentes de variación incluidas explicaron una proporción considerable de los contrastes que se notaron en las valoraciones dadas por los panelistas. Los hallazgos indican que las diferentes versiones de sidra artesanal mostraron diferencias significativas en la percepción de la textura, lo cual demuestra que los ingredientes empleados tuvieron una influencia sobre esta propiedad sensorial.

El análisis reveló que, desde una perspectiva estadística ($p < 0.0001$), los catadores tuvieron un efecto importante, lo cual evidenció que los consumidores emplearon criterios diferentes al evaluar la textura de las muestras.

Este comportamiento es habitual en las evaluaciones sensoriales que se llevan a cabo con jueces no capacitados, debido a que la sensibilidad individual, las experiencias anteriores de consumo y los gustos personales de cada juez tienen un impacto sobre cómo perciben la textura.

Además, los tratamientos mostraron un impacto relevante desde el punto de vista estadístico ($p < 0.05$), lo que sugiere que las combinaciones de frutas rojas y cítricos utilizadas en las formulaciones provocaron cambios importantes en la textura de la sidra artesanal.

Estos hallazgos corroboran que la formulación tuvo un impacto en las propiedades físicas de la bebida, incluyendo su consistencia, suavidad y sensación en boca, cualidades que aportan significativamente a la aceptación sensorial del producto.

Tabla 65: Media de catador de textura.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,26406

Error: 0,4521 gl: 203

Catador	Medias	n	E.E.				
1	3,3750	8	0,2377	A			
11	3,5000	8	0,2377	A	B		
25	3,5000	8	0,2377	A	B		
21	3,5000	8	0,2377	A	B		
13	3,5000	8	0,2377	A	B		
29	3,5000	8	0,2377	A	B		
2	3,5000	8	0,2377	A	B		
4	3,6250	8	0,2377	A	B	C	
5	3,6250	8	0,2377	A	B	C	
18	3,6250	8	0,2377	A	B	C	
27	3,7500	8	0,2377	A	B	C	D
20	3,7500	8	0,2377	A	B	C	D
19	3,8750	8	0,2377	A	B	C	D
26	3,8750	8	0,2377	A	B	C	D
24	4,0000	8	0,2377	A	B	C	D
23	4,0000	8	0,2377	A	B	C	D
10	4,0000	8	0,2377	A	B	C	D
15	4,0000	8	0,2377	A	B	C	D
28	4,1250	8	0,2377	A	B	C	D
12	4,1250	8	0,2377	A	B	C	D
9	4,2500	8	0,2377	A	B	C	D
22	4,5000	8	0,2377	A	B	C	D
3	4,5000	8	0,2377	A	B	C	D
30	4,5000	8	0,2377	A	B	C	D
8	4,6250	8	0,2377	A	B	C	D
17	4,7500	8	0,2377		B	C	D
7	4,7500	8	0,2377		B	C	D
16	4,8750	8	0,2377			C	D
14	5,0000	8	0,2377				D
6	5,0000	8	0,2377				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La evaluación de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) reveló disparidades estadísticas entre las valoraciones que los catadores dieron al atributo textura. Mientras que algunos evaluadores dieron calificaciones más bajas, otros asignaron puntuaciones notablemente más altas; no obstante, la mayoría de las medias compartieron grupos estadísticos similares, lo

que demuestra que las diferencias entre los consumidores fueron graduales y que se presentó un grado significativo de coincidencia en las valoraciones efectuadas.

La variabilidad que se aprecia entre los panelistas puede ser explicada por la subjetividad de la percepción táctil al degustar, puesto que cada cliente juzga la textura con base en sus gustos individuales y la impresión que siente mientras consume la bebida. Sin embargo, las puntuaciones logradas se encontraron sobre todo en la zona de aceptación de la escala hedónica, lo cual señala que las formulaciones tuvieron rasgos positivos en relación con la textura.

Los hallazgos indican, en términos generales, que la textura fue favorablemente recibida por la mayoría de los evaluadores, lo cual evidencia que las distintas formulaciones de sidra artesanal causaron una impresión agradable en boca y satisficieron las expectativas del cliente.

Tabla 66: Media tratamiento de textura.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,52733

Error: 0,4521 gl: 203

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T7	3,3000	30	0,1228	A
T8	3,3333	30	0,1228	A
T6	4,1667	30	0,1228	B
T3	4,1667	30	0,1228	B
T2	4,2667	30	0,1228	B
T4	4,3000	30	0,1228	B
T5	4,3667	30	0,1228	B
T1	4,5000	30	0,1228	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Al aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey, se encontraron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los tratamientos analizados con respecto al atributo de textura. Algunas formulaciones consiguieron calificaciones medias superiores, lo que las hizo destacar de las que obtuvieron puntuaciones más bajas. No obstante, varios tratamientos compartieron grupos estadísticos, lo cual indica que tuvieron características texturales similares y, como resultado, no se hallaron diferencias relevantes entre ellos.

Las preparaciones que lograron las notas más elevadas fueron aquellas que brindaron una percepción de degustación más armoniosa y placentera, quizás debido a la adecuada estabilidad física del líquido y a la concentración apropiada de sólidos solubles.

En cambio, los tratamientos con calificaciones más bajas mostraron una textura que parecía menos uniforme o con propiedades que fueron un poco menos aceptadas por los clientes.

Estos hallazgos demuestran que la formulación tuvo un impacto en cómo se percibía la textura, lo que comprueba que la mezcla de frutas cítricas y rojas juega un papel fundamental en las propiedades físicas de la sidra artesanal y, por ende, en su aceptación por parte del cliente.

3.4.5 Análisis De Sabor

Tabla 67: Análisis de varianza de sabor

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	113,8833	36	3,1634	5,7042	<0,0001
Catador	61,5875	29	2,1237	3,8294	<0,0001
Tratamiento	52,2958	7	7,4708	13,4712	<0,0001
Error	112,5792	203	0,5546		
Total	226,4625	239			

(Murillo, 2025)

El análisis de varianza (ANOVA) que se llevó a cabo para el atributo sensorial sabor demostró que el modelo estadístico era muy significativo ($p < 0,0001$). Esto sugiere que las fuentes de variación tomadas en cuenta explicaron una parte significativa de las discrepancias encontradas en las puntuaciones dadas por los panelistas. Las conclusiones indican que hubo variaciones significativas en la percepción del sabor entre diferentes formulaciones de sidra artesanal, lo cual corrobora que la mezcla de frutas cítricas y rojas tuvo un impacto directo sobre este atributo sensorial, el cual es visto como uno de los más relevantes para que el producto sea aceptado.

El estudio mostró, en cuanto al efecto de los catadores, diferencias muy significativas ($p < 0,0001$), lo que indica que los consumidores tuvieron apreciaciones distintas cuando valoraban el sabor de las muestras. La percepción del gusto está determinada por factores individuales como los hábitos alimentarios, la sensibilidad al sabor, las preferencias personales de cada juez y las experiencias anteriores. Esta conducta es típica de las evaluaciones sensoriales llevadas a cabo con jueces no capacitados.

Por otro lado, los tratamientos tuvieron también un efecto que fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$), lo cual indica que las diferentes formulaciones generaron perfiles de sabor diversos y perceptibles para los clientes. Estos hallazgos evidencian que el balance entre la acidez, el dulzor y las notas de fermentación propias de la sidra artesanal se vio afectado por la elección y proporción de las materias primas empleadas en su elaboración, lo cual determinó el nivel de aceptación de cada tratamiento.

Tabla 68: Media de catador de sabor.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,39996

Error: 0,5546 gl: 203

Catador	Medias	n	E.E.				
13	2,8750	8	0,2633	A			
17	3,3750	8	0,2633	A	B		
25	3,5000	8	0,2633	A	B	C	
23	3,5000	8	0,2633	A	B	C	
26	3,5000	8	0,2633	A	B	C	
29	3,5000	8	0,2633	A	B	C	
2	3,5000	8	0,2633	A	B	C	
28	3,5000	8	0,2633	A	B	C	
4	3,5000	8	0,2633	A	B	C	
15	3,6250	8	0,2633	A	B	C	D
24	3,6250	8	0,2633	A	B	C	D
21	3,6250	8	0,2633	A	B	C	D
20	3,6250	8	0,2633	A	B	C	D
1	3,6250	8	0,2633	A	B	C	D
11	3,6250	8	0,2633	A	B	C	D
19	3,7500	8	0,2633	A	B	C	D
22	3,7500	8	0,2633	A	B	C	D
5	3,7500	8	0,2633	A	B	C	D
30	3,7500	8	0,2633	A	B	C	D
18	3,8750	8	0,2633	A	B	C	D
27	3,8750	8	0,2633	A	B	C	D
10	4,0000	8	0,2633	A	B	C	D
9	4,0000	8	0,2633	A	B	C	D
12	4,1250	8	0,2633	A	B	C	D
16	4,2500	8	0,2633	A	B	C	D
8	4,7500	8	0,2633		B	C	D
7	4,7500	8	0,2633		B	C	D
3	4,8750	8	0,2633			C	D
6	4,8750	8	0,2633			C	D
14	5,0000	8	0,2633				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) demostró que existían diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones que dieron los catadores para el atributo sabor. Mientras que algunos

evaluadores asignaron notas más bajas, otros dieron puntuaciones mucho más altas; no obstante, la mayoría de las medias incluyeron grupos estadísticos comunes, lo cual demostró que las diferencias entre los consumidores fueron progresivas y que hubo una coincidencia importante en las calificaciones.

La subjetividad de la percepción del gusto puede ser responsable de la variabilidad observada, puesto que cada cliente interpreta el sabor según sus gustos individuales y el balance que nota entre los varios componentes de la bebida. Además, el sabor es una propiedad compleja que comprende las percepciones ácidas, dulces y amargas en menor grado, así como las características obtenidas durante el proceso de fermentación. Esto explica las diferencias individuales que se han visto entre los panelistas.

En líneas generales, las puntuaciones obtenidas se concentraron, principalmente, en el rango de aceptación de la escala hedónica. Esto indica que a la gran mayoría de los consumidores les gustó el sabor de las formulaciones estudiadas. Este hallazgo señala que las sidras artesanales generaron perfiles de sabor que se ajustan a los gustos del panel sensorial.

Tabla 69: Media de tratamiento de sabor.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,58402

Error: 0,5546 gl: 203

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T7	3,0000	30	0,1360	A
T8	3,2333	30	0,1360	A
T3	3,9000	30	0,1360	B
T1	3,9000	30	0,1360	B
T6	3,9667	30	0,1360	B
T2	4,2333	30	0,1360	B
T4	4,2667	30	0,1360	B
T5	4,4000	30	0,1360	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

El análisis de comparación de medias de Tukey reveló diferencias estadísticamente relevantes entre los tratamientos analizados en relación al atributo sabor. Algunas formulaciones lograron calificaciones medias más altas, lo que las distinguió de aquellas con puntuaciones más bajas. Sin embargo, varios tratamientos compartieron grupos estadísticos, lo que sugiere que mostraron características de sabor parecidas y, por ende, no hubo variaciones significativas entre ellos. Las formulaciones que obtuvieron las puntuaciones más altas fueron las que propusieron un balance ideal entre la acidez típica de los cítricos, el dulzor brindado por los azúcares naturales

de las frutas y los matices aromáticos producidos a lo largo de la fermentación. En cambio, los tratamientos con calificaciones más bajas pudieron haber evidenciado que una de estas características era predominante, lo cual resultó en una percepción gustativa menos favorable para los clientes.

Estos hallazgos corroboran que la formulación fue esencial para aceptar el sabor, lo cual apoya que una combinación apropiada de frutas rojas y cítricos posibilitó la elaboración de perfiles sensoriales balanceados y placenteros, ayudando de esa manera a la calidad organoléptica de la sidra artesanal.

3.4.6 Análisis De Aceptabilidad

Tabla 70: Análisis de varianza de aceptabilidad

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	80,3000	36	2,2306	6,1453	<0,0001
Catador	48,9833	29	1,6891	4,6535	<0,0001
Tratamiento	31,3167	7	4,4738	12,3255	<0,0001
Error	73,6833	203	0,3630		
Total	153,9833	239			

(Murillo, 2025)

El modelo estadístico empleado en el análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sensorial de aceptabilidad mostró una gran relevancia ($p < 0,0001$). Esto señala que las fuentes de variación estudiadas explicaron una porción significativa de las diferencias encontradas en las calificaciones dadas por los panelistas. Los hallazgos indican que hubo un cambio significativo en la aceptación general de las recetas de sidra artesanal, lo cual evidencia que los clientes vieron el producto de forma diferente a causa de las variadas combinaciones de cítricos y frutas rojas. El estudio mostró diferencias importantes ($p < 0,0001$) en lo que respecta al efecto de los catadores, lo cual evidencia que cada cliente poseía criterios propios para analizar la aceptación general de las muestras.

Es probable que este comportamiento ocurra en evaluaciones hedónicas hechas con jueces no entrenados, dado que la aceptabilidad está sujeta a la integración de todas las características sensoriales registradas, como el color, la textura, el aroma, el sabor y la apariencia; además de los gustos individuales de cada juez.

El efecto de los tratamientos, además, también fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$), lo cual refleja que las diferentes formulaciones exhibieron niveles diversos de aceptación general. El impacto que tuvo la combinación de las materias primas empleadas para elaborar sidra artesanal en la valoración final del producto fue notable; este es un elemento fundamental para establecer cuál formulación tiene más probabilidades de ser aceptada por los clientes.

Tabla 71: Media catador de aceptabilidad.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,13258

Error: 0,3630 gl: 203

Catador	Medias	n	E.E.				
4	3,3750	8	0,2130	A			
23	3,5000	8	0,2130	A	B		
5	3,5000	8	0,2130	A	B		
28	3,5000	8	0,2130	A	B		
15	3,5000	8	0,2130	A	B		
27	3,5000	8	0,2130	A	B		
24	3,5000	8	0,2130	A	B		
25	3,5000	8	0,2130	A	B		
22	3,7500	8	0,2130	A	B	C	
29	3,7500	8	0,2130	A	B	C	
2	3,7500	8	0,2130	A	B	C	
17	3,8750	8	0,2130	A	B	C	D
21	3,8750	8	0,2130	A	B	C	D
13	3,8750	8	0,2130	A	B	C	D
11	3,8750	8	0,2130	A	B	C	D
30	4,0000	8	0,2130	A	B	C	D
1	4,0000	8	0,2130	A	B	C	D
26	4,0000	8	0,2130	A	B	C	D
19	4,0000	8	0,2130	A	B	C	D
9	4,0000	8	0,2130	A	B	C	D
20	4,1250	8	0,2130	A	B	C	D
18	4,1250	8	0,2130	A	B	C	D
12	4,1250	8	0,2130	A	B	C	D
10	4,1250	8	0,2130	A	B	C	D
3	4,6250	8	0,2130		B	C	D
7	4,6250	8	0,2130		B	C	D
16	4,7500	8	0,2130			C	D
8	4,7500	8	0,2130			C	D
6	4,8750	8	0,2130			C	D
14	5,0000	8	0,2130				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

Las puntuaciones de los catadores para la aceptabilidad presentaron diferencias estadísticas, según lo indicado por el test de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Algunos evaluadores otorgaron calificaciones más bajas, mientras que otros dieron puntuaciones mucho

más elevadas; no obstante, la mayor parte de las medias compartían grupos estadísticos comunes, lo cual señala que las discrepancias observadas entre los consumidores fueron graduales y no totalmente definidas.

La naturaleza subjetiva de la aceptación global se demuestra a través de la variabilidad observada entre los panelistas, pues cada consumidor asimila las características sensoriales que percibe al degustar de manera distinta. El balance entre la acidez y el dulzor, la intensidad del aroma, la apariencia a nivel visual y lo que se siente en boca son factores que contribuyen de forma conjunta a la evaluación final del producto, lo cual explica las diferencias individuales que se notan entre los jueces.

En líneas generales, los resultados de las puntuaciones se ubicaron en el rango de aceptación de la escala hedónica empleada, lo que demuestra que la mayoría de los usuarios mostraron una opinión positiva sobre las variadas formulaciones de sidra artesanal. Esto evidencia que el producto desarrollado tenía cualidades sensoriales apropiadas para cumplir con lo que esperaba el panel de evaluación.

Tabla 72: Media de tratamiento de aceptabilidad.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47248

Error: 0,3630 gl: 203

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T7	3,3333	30	0,1100	A
T8	3,5000	30	0,1100	A
T6	4,0333	30	0,1100	B
T1	4,0333	30	0,1100	B
T3	4,0667	30	0,1100	B
T4	4,2333	30	0,1100	B
T2	4,2667	30	0,1100	B
T5	4,4667	30	0,1100	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Murillo, 2025)

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante la fermentación evidenciaron cambios fisicoquímicos compatibles con la actividad metabólica de *Saccharomyces cerevisiae*. La transformación de los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono modificó progresivamente el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles y la densidad. La dimensión de estos cambios estuvo condicionada por la composición inicial de las materias primas y por la interacción entre los frutos rojos y cítricos empleados en las formulaciones.

La acidez titulable presentó diferencias entre las formulaciones, comportamiento que puede asociarse con la composición de ácidos orgánicos de las materias primas y con las transformaciones ocurridas durante la fermentación. La interpretación conjunta de la acidez y el pH permite describir con mayor precisión la evolución del equilibrio ácido del producto y la influencia de los factores experimentales.

Los sólidos solubles totales (°Brix) presentaron una disminución durante el proceso fermentativo. Esta tendencia es consistente con el consumo de azúcares por *Saccharomyces cerevisiae* para la formación de etanol y CO₂. En consecuencia, la reducción de °Brix constituye un indicador indirecto de la utilización de sustratos fermentables y del avance de la fermentación. Las diferencias entre tratamientos pueden atribuirse a la composición inicial de las frutas y a la disponibilidad de azúcares fermentables en cada combinación.

Las formulaciones elaboradas con mora presentaron valores de sólidos solubles relativamente superiores, mientras que la pitahaya mostró menores concentraciones iniciales y, consecuentemente, menores valores de grado alcohólico en determinados tratamientos. Este comportamiento puede explicarse por las diferencias naturales en la composición de azúcares y sólidos solubles de las materias primas. El grado alcohólico estimado, comprendido entre 5,1 y 6,5 % v/v, confirma que se produjo conversión de los sustratos fermentables durante el periodo experimental.

La densidad disminuyó durante el proceso fermentativo, comportamiento asociado con la reducción de azúcares disueltos y la formación de etanol, cuya densidad es inferior a la de una solución rica en azúcares. Por ello, la evolución de este parámetro constituye un indicador complementario del avance de la fermentación alcohólica.

El grado alcohólico estimado osciló entre 5,1 y 6,5 % v/v. La variación entre tratamientos puede explicarse por las diferencias en la concentración inicial de sustratos fermentables y por la composición específica de cada combinación de frutas. Estos resultados son coherentes con la evolución observada en sólidos solubles y densidad, variables que permiten complementar la interpretación del proceso fermentativo.

Las condiciones ácidas y la presencia de etanol generadas durante la fermentación pueden limitar el desarrollo de determinados microorganismos alterantes; sin embargo, la condición microbiológica del producto debe establecerse a partir de los resultados analíticos obtenidos y de los criterios aplicables al producto. Las diferencias observadas entre tratamientos evidencian que la composición de las materias primas y la evolución fisicoquímica del medio influyeron en el comportamiento microbiológico durante el periodo de estudio.

En conjunto, la disminución de los sólidos solubles y de la densidad, acompañada por la evolución del pH, la acidez titulable y la formación de etanol, evidencia el desarrollo de la fermentación alcohólica. La magnitud de estos cambios estuvo determinada por las características iniciales de las materias primas y por las interacciones entre los factores experimentales.

Los resultados microbiológicos deben interpretarse conjuntamente con las variables fisicoquímicas del producto. La disminución del pH y la presencia de etanol pueden contribuir a limitar el crecimiento de ciertos microorganismos, aunque estos factores no deben considerarse por sí solos como evidencia suficiente de inocuidad. La incorporación de frutos rojos y cítricos también aportó características sensoriales diferenciadas, asociadas con el color, aroma, sabor y acidez de las formulaciones.

En conjunto, la evolución del pH, la acidez titulable, los sólidos solubles, la densidad y el grado alcohólico fue coherente con un proceso de fermentación alcohólica. No obstante, la estabilidad y condición microbiológica del producto deben sustentarse en los resultados analíticos específicos obtenidos para cada tratamiento.

5. CONCLUSIONES

La aplicación del diseño factorial 3×3 permitió evaluar nueve combinaciones experimentales de frutos rojos y cítricos y determinar el efecto de ambos factores y de su interacción sobre las variables de respuesta de la sidra artesanal.

El proceso fermentativo realizado a temperatura ambiente durante 7 a 10 días, con 0,50 g de *Saccharomyces cerevisiae* por cada 300 mL de mosto y un contenido inicial de 12–14 °Brix, produjo cambios característicos de la fermentación alcohólica, principalmente disminución de sólidos solubles y densidad, modificación del pH y formación de etanol.

Las diferencias observadas entre tratamientos confirman que la composición de las materias primas influyó sobre las características fisicoquímicas de la bebida. La interpretación de estas diferencias se sustenta en el efecto individual de los factores y en su interacción, evaluados mediante el análisis de varianza factorial.

Los resultados microbiológicos permitieron evaluar el comportamiento de las formulaciones durante el periodo de estudio. La evolución de las variables microbiológicas debe interpretarse conjuntamente con el pH, la acidez y el contenido de etanol, sin atribuir la estabilidad microbiológica exclusivamente a un único parámetro.

La evaluación sensorial mediante una escala hedónica de cinco puntos con jueces no entrenados evidenció aceptación de las formulaciones, destacándose los tratamientos T2, T4 y T5 por presentar las mayores puntuaciones de aceptación general.

Los resultados sensoriales indican que la composición de las formulaciones influyó sobre la percepción de los atributos evaluados. Las diferencias observadas pueden relacionarse con el equilibrio entre dulzor, acidez, aroma, color y sabor aportado por las materias primas utilizadas.

El tratamiento T5 presentó la mayor puntuación en los atributos reportados como más favorables, mientras que T4 destacó en determinados atributos sensoriales. Estas respuestas reflejan la influencia de la combinación específica de frutos rojos y cítricos sobre el perfil organoléptico de la bebida.

En conjunto, los resultados demuestran que la selección y combinación de frutos rojos y cítricos constituye un factor relevante para definir las características fisicoquímicas y sensoriales de la

sidra artesanal. La formulación factorial permitió identificar diferencias entre tratamientos y establecer una base experimental para la optimización del producto.

6. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda ampliar el estudio de las proporciones de frutos rojos y cítricos, manteniendo un diseño experimental que permita cuantificar el efecto de cada factor y de su interacción. Asimismo, se recomienda realizar estudios de vida útil y estabilidad durante el almacenamiento, considerando el tipo de envase y las condiciones de temperatura y exposición a la luz.

Se recomienda estandarizar y registrar las condiciones de fermentación, particularmente temperatura, tiempo de fermentación, concentración inicial de sólidos solubles y dosis de levadura. También sería pertinente complementar la caracterización del producto con la determinación de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y perfil de ácidos orgánicos en futuras investigaciones.

Se recomienda ampliar la evaluación sensorial mediante un mayor número de jueces y diferentes segmentos de consumidores, así como verificar taxonómicamente la especie de pitahaya utilizada. Estas acciones permitirán mejorar la reproducibilidad, fortalecer la interpretación de los resultados y establecer con mayor precisión el potencial tecnológico de las formulaciones desarrolladas.

Por último, se sugiere incrementar la evaluación sensorial con la inclusión de más jueces y de diversos grupos de consumidores, con el objetivo de lograr resultados más representativos acerca de la aceptación del producto. También se recomienda impulsar el uso de frutas locales, como la mandarina, la mora, la pitahaya, la guayaba, el limón y la toronja. De este modo se fomentaría el desarrollo de bebidas fermentadas con valor añadido que ayuden a innovar en el sector agroalimentario y a robustecer la producción artesanal en Ecuador.

7. REFERENCIAS

- Ablin, A. (2011). *Sidra*. Argentina: Revista Alimentos argentinos.
- Acuña, I. (2011). *Propiedades funcionales de frutas tropicales en productos fermentados*. Instituto de Investigación Agroalimentaria.
- Alimentarius., Codex. (2024). *Codex Alimentarius*. Normas internacionales para alimentos. FAO & OMS.
- Argentino, Código Alimentario. (2025). *Reglamento del Código Alimentario Argentino*. Ministerio de Salud de la Nación Argentina.
- Betancurt, P. G. (2008). *Productos a base de jugo de manzana: aprovechamiento agroindustrial de un excedente*. INNOTECH.
- Burgos., M. d. (2025). *El sabor intenso de la guayaba con vitamina C*. Puleva.
- Calabroni., A. I. (2021). *Caracterización morfológica de Psidium guajava L. (Myrtaceae)*. guayaba. 1Library.
- Carranza Téllez, J. Á. (2024). *Análisis químico, bioactivo y de color en tres variedades de guayaba*. Análisis químico, bioactivo y de color en tres variedades de guayaba.
- Castillo, G. (2024). *Toronja: cuál es su efecto en la glucosa y otros beneficios*. Su Médico.
- Castillo, N. (2021). *¡Salud con sidra! La bebida fermentada para celebrar en diciembre*. Ciencia UNAM.
- Cepero, J. M. (2016). *La vitamina C como un micronutriente eficaz en la fortificación de alimentos*. Revista Chilena de Nutrición.
- Cerna, J. U. (2020). *Pitahaya (Hylocereus spp.): características fisicoquímicas*. Scientia Agropecuaria.
- De la Rosa Hernández et.al., 2., & leal, 2. (2025). *alimentariaCompuestos fenólicos bioactivos en el pomelo y la guayaba*. revista mexicana de ciencias.
- González, M. Á. (2020). *Evaluación de métodos para la elaboración de sidra de hielo*. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA).
- Gutiérrez, M. T. (2016). *Clasificación y características de la sidra artesanal en América Latina*. Editorial Agroindustrial Andina.
- Heikefelt, C. (2011). *La cultura de la sidra: Tradiciones y variedades internacionales*. Editorial Sabores del Mundo.
- Hernández, M. d. (2016). *Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (Citrus paradisi)y su importancia en la industria farmacéutica y alimentaria*. Revista Mexicana de Ciencias.
- Hernández., M. d. (2016). *Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (Citrus paradisi) y su importancia en la industria farmaceutica y alimentaria*. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas.
- Ibáñez, C. (2024). *Beneficios de la toronja: nutrientes y propiedades*. Vida y salud.

- José Carranza Téllez., A. Á. (2024). *Análisis químico, bioactivo y de color en tres variedades de guayaba*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Macías, A. R. (2020). *Plan de negocios para la producción de bebidas fermentadas a partir de frutas tropicales de Colombia*. Universidad de los Andes.
- Malaspina, M. L. (2020). *Panorama Internacional de la sidra*. Universidad Nacional del comahue.
- Martínez, A. (2020). *Formulación y evaluación fisicoquímica de jugo de mora (Rubus glaucus Benth) enriquecido con calcio y vitamina C*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- Mogollón, C. G. (2010). *Evaluación poscosecha y estimación de vida útil de guayaba fresca utilizando el modelo de Weibull*. Acta Agronomica.
- Paredes, D. Q. (2024). *FERMENTACIÓN DE JUGOS DE MANZANA DE VARIEDADES NO TRADICIONALES*. universidad nacional rio negro.
- Paucar., R. B. (2022). *Investigación de las características fisicoquímicas y nutricionales de la especie Psidium guajava L*. Universidad Central del Ecuador.
- Pérez, P. S. (2019). *¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?* Interdisciplina.
- Ramírez., M. E. (2013). *Evaluación de variedades locales de manzana (malus comunis) como materia prima en la elaboración de sidra*. Universidad del Azuay.
- Rodriguez, S. X. (2013). *Evaluación de las características organolépticas de la sidra procedente de la manzana Emilia (Reineta amarilla de Blenheim) en su crianza con chips de roble*. Repositorio Institucional Universidad del Azuay.
- Ruiz, A. V. (2020). *Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos*. Scientia Agropecuaria.
- Ruiz, A. V. (2020). *Utilización industrial de la pitahaya (Hylocerus undatus)*. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Ruiz., A. V. (2020). *Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos*. Scientia Agropecuaria.
- Ruiz., A. V. (2020). *Utilización industrial de la pitahaya (Hylocerus undatus)*. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Salma., E. (2020). *Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
- Sánchez, N. S. (2021). *Propiedades de frutas tropicales y sus beneficios*. Archivos Latinoamericanos de nutrición.
- Sanjosé, J. L. (2021). *Revisión bibliográfica actualizada de los posibles efectos funcionales y saludables del limón y su aceite esencial*. Asociación Interprofesional de Limón y Pomelo.
- Santos., K. (2024). *Pomelo (toronja): 9 beneficios y cómo consumirla*. Tua Saúde.

- Solis, M. (2006). *Determinación de las propiedades físicos-químicas del limón(citrus limus)*. Universidad tecnica de Ambato.
- Verona Ruiz, A. U. (2020). *Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos*. Scientia Agropecuaria.
- Verona Ruiz, A. U.-C.-M. (2020). *Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos*. Scientia Agropecuaria.
- Villarreal, P., & Malaspina, M. L. (2020). *Panorama internacional de la sidra*. Neuquén: Editorial EDUCO.
- Villegas, C. (2016). *Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla (rubus glaucus benth)*. Vitae.
- Zurita, S. F. (2022). *Recuperación de compuestos bioactivos a partir de subproductos de mora, frutilla y taxo*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

ANEXO





