



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE TITULACIÓN

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO”

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial

Autores:

Chacón Tubon Cristian Paul

Ulloa Latacunga Erick Ricardo

Tutor:

Rivera Toapanta Evelyn Andrea

**LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2026**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Chacón Tubon Cristian Paul, con cédula de ciudadanía No. 0550470520, Ulloa Latacunga Erick Ricardo, con cédula de ciudadanía No. 1805635404 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO”** siendo Quim. Evelyn Andrea Rivera Toapanta. PhD, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

La Maná, marzo 11 de 2026



Chacón Tubon Cristian
C.C: 0550470520



Ulloa Latacunga Erick Ricardo
C.C: 1805635404

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHACÓN TUBON CRISTIAN PAUL**, identificado con cédula de ciudadanía No, **0550470520** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. – **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Febrero 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Febrero 2026

Aprobación en Consejo Directivo: 11 de marzo 2026

Tutor: Quím. Evelyn Andrea Rivera Toapanta, Ph.D

Tema: “**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, **a los 11 días del mes de marzo del 2026.**



Chacón Tubon Cristian Paul

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ULLOA LATACUNGA ERICK RICARDO**, identificada con cédula de ciudadanía No, **1805635404** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. – **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Febrero 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Febrero 2026

Aprobación en Consejo Directivo: 11 de marzo 2026

Tutor: Quim, Evelyn Andrea Rivera Toapanta. Ph.D

Tema: “**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, **a los 11 días del mes de marzo del 2026.**



Ulloa Latacunga Erick Ricardo

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO”, de Chacón Tubon Cristian Paul; Ulloa Latacunga Erick Ricardo, de la carrera de Agroindustria, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, marzo 11 de 2026



Rivera Toapanta Evelyn Andrea
C.C.: 1717656209
TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná, Carrera de Agroindustria; por cuanto, los postulantes: Chacón Tubon Cristian Paul; Ulloa Latacunga Erick Ricardo, con el título del Proyecto de Investigación: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, marzo 11 de 2026

Para constancia firman:



Carrera Borja Whashington Xavier
C.C: 0502443625
LECTOR 1 (PRESIDENTA)



Casco Toapanta Marjorie Gissela
C.C: 0502877525
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Negrete Ontaneda Tanya
C.C: 1719264945
LECTOR 3 (SECRETARIA)

AGRADECIMIENTO

Manifiesto mi más profundo agradecimiento a mi tutora de tesis, Andrea Rivera, por su guía constante, por las palabras de ánimo que me alentaron en este recorrido universitario y por la dedicación con la que me acompañó en cada etapa; gracias a su apoyo aprendí a acoger sus consejos como impulso para seguir adelante, incluso en los momentos de mayor dificultad, fortaleciendo mi formación académica y personal, logrando dejar una huella invaluable que llevaré siempre en mi camino profesional. Asimismo, reconozco con gratitud el respaldo brindado por el Proyecto “Innovación, salud y sostenibilidad en la industria alimenticia: desarrollo de alimentos funcionales con materias primas y coproductos autóctonos y exóticos de la provincia de Cotopaxi”, el cual constituyó un pilar esencial para la realización de este trabajo. Este proyecto no solo aportó recursos y conocimientos, sino que también inspiró la visión de contribuir al desarrollo agroindustrial sostenible de nuestra provincia, fortaleciendo la relación entre ciencia, comunidad y territorio.

**Cristian
Erick**

DEDICATORIA

Gratitud con mi familia por siempre apoyarme, ayudarme a confiar en mí. A mi madre “Inés” y a mi padre “Carlos”, por ser mi mayor inspiración y motivación más grande por ellos jamás me di por vencido. Gracias por haberme dado la vida y por tener el coraje y la sabiduría para guiarme y hacer de mí un buen hijo, hermano y amigo brindándome su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, gracias por confiar en mí y apoyarme a cumplir mis sueños, este logro no es solo mío sino también de ustedes les dedico este triunfo, espero se sientan orgullosos de mí. Gratitud para ustedes por siempre confiar en mí.

Chacón Cristian

DEDICATORIA

Agradecer a Dios, primeramente, por ser el quien me ha dado la vida y salud para seguir adelante en este recorrido de la vida y a mis Padres: Armando Ricardo Ulloa Brito y Maria Margoth Latacunga Suatunce, quienes han sido mi gran apoyo en momentos duros, de este recorrido y mi inspiración. Agradezco infinitamente su amor, apoyo y sacrificio incondicional. A pesar de los momentos difíciles, siempre estuvieron ahí para mí, recordándome que no estoy solo. Este logro es tanto de ustedes como mío. Todo el esfuerzo y sacrificio ha valido la pena, y espero poder recompensarlos por todo algún día. Gracias por creer en mí y por ser mi motivación para seguir adelante.

Ulloa Erick

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	4
4.1. Beneficiarios Directos.....	4
4.2. Beneficiarios Indirectos	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1. Objetivo General.....	6
6.2. Objetivos Específicos	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
8. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	8
8.1. Generalidades del achotillo y la guayaba	8
8.1.1. El achotillo (<i>Nephelium lappaceum</i>).....	8
8.1.2. La guayaba (<i>Psidium guajava</i>).....	8
8.1.3. Composición del Fruto de achotillo	9
8.1.4. Partes del fruto del achotillo.....	9
8.1.5. Composición del Fruto de Guayaba	10
8.1.6. Partes del Fruto de la Guayaba.....	10
8.2. Cosecha del Achotillo y Guayaba	11
8.2.1. Cosecha del Achotillo.....	11
8.2.2. Cosecha de Guayaba	11
8.2.3. Taxonomía del achotillo y de la guayaba	12
8.3. Tipos de Endulzantes	12
8.3.1. Azúcar Blanca	12

8.3.2. Panela	12
8.4. Levaduras.....	13
8.4.1. Levaduras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>).....	13
8.4.2. Fermentación Alcohólica.....	13
8.4.3. Bebida Fermentada.....	13
8.4.4. Estructura química de la fermentación.....	13
8.4.5. Vinos.....	14
8.4.6. Biorreactor.....	14
8.5. Análisis fisicoquímicos	14
8.5.1. pH.....	15
8.5.2. Conductividad	15
8.5.3. Temperatura.....	15
8.5.4. Sólidos disueltos totales	16
8.5.5. Titulación ácido-base	16
8.5.6. Sólidos solubles totales	16
8.5.7. Análisis microbiológicos	16
8.5.8. Polifenoles.....	16
8.5.9. Estructura química de los polifenoles	17
8.5.10. Polifenoles de la materia prima.....	17
8.5.11. Polifenoles en achotillo (<i>Nephelium lappaceum</i>).....	17
8.5.12. Estructura química del achotillo.....	18
8.5.13. Polifenoles en guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.).....	18
8.5.14. Estructura química de la guayaba.....	19
9. HIPÓTESIS	19
9.1. Hipótesis alternativa (Ha)	19
9.2. Hipótesis nula (Ho).....	19
10. METODOLOGÍA.....	20

10.1. Ubicación y desarrollo del proyecto	20
10.2. Tipo de investigación	20
10.2.1. Investigación experimental	20
10.2.2. Investigación descriptiva.....	21
10.2.3. Diseño Experimental.....	21
10.2.4. Tratamientos	22
10.2.5. Controles	22
10.2.6. Fruta (achotillo y guayaba)	23
10.2.7. Endulzante (azúcar):.....	23
10.2.8. Concentración de levadura (0,2 g/L):.....	23
10.3. Análisis estadísticos	23
10.3.1. ANOVA	24
10.3.2. Multifactorial.....	24
10.3.3. Tukey	24
10.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	25
10.4.1. Mohos y levaduras	25
10.5. Procedimiento.	26
10.5.1. Origen de la materia prima.....	26
10.5.2. Materiales y equipos.....	27
10.6. Formulación de los tratamientos.....	27
10.7 Cálculos y formulaciones para elaborar la bebida fermentada.	28
10.8. Levadura añadida (<i>S. cerevisiae</i>)	29
10.9. Proceso de elaboración de la bebida alcohólica fermentada de achotillo y guayaba.	30
10.10. ANÁLISIS FÍSICOS REALIZADOS EN LA MATERIA PRIMA.....	33
10.11. MÉTODO FÍSICO DE LA SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	33
10.11.1. Cálculo del rendimiento (%)	33

10.12. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN	33
10.12.1. pH.....	34
10.12.2. Sólidos solubles totales	34
10.12.3. Conductividad y Sólidos disueltos totales (TDS)	34
10.12.4. Alcohol	34
10.12.5. Temperatura.....	35
10.12.6. Acidez Titulable.....	35
10.12.7. Polifenoles.....	36
10.13. Evaluación sensorial	36
10.13.1. Perfil Sensorial	36
10.13.2. Parámetros de evaluación sensorial:	36
10.13.3. Evaluación grado de aceptabilidad.....	38
11. RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
11.1 Resultado de los Cálculos en las bebidas fermentadas	38
11.2. Análisis fisicoquímicos durante la fermentación	39
11.2.1. Comparación de los (SST) en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.....	39
11.2.2. Comparación del pH en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.....	46
11.2.3. Comparación de la acidez titulable en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.	53
11.2.4. Comparación de los grados alcohólicos en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.....	58
11.2.6. Comparación de sólidos disueltos totales en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.....	67
11.2.7. Comparación de conductividad en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzantes y concentraciones de levadura.	73

11.2.8. Comparación de polifenoles en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzantes y concentraciones de levadura.	80
11.3. Análisis Microbiológicos	87
11.4. Perfil sensorial.....	87
11.4.1. Aceptabilidad general	88
11.4.2. Perfil apariencia.....	89
11.4.3. Perfil Olor.....	90
Tabla 57: Perfil de olor en bebidas.....	90
11.4.4. Perfil sabor	92
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	94
12.1. Social	94
12.2. Ambiental.....	94
12.3. Técnico.....	95
12.4. Económico	95
13.1. Costos de la bebida artesanal a base de achotillo y guayaba	95
13. PRESUPUESTO.....	97
Tabla 59: Presupuesto para la elaboración de la bebida	97
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
14.1. CONCLUSIONES	98
14.2. RECOMENDACIONES.....	100
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos, actividades y resultados de tareas en relación a los objetivos planteados. .7	
Tabla 2: Variedades de achotillo	10
Tabla 3: Variedades de guayaba.....	11
Tabla 4: Comparación de la taxonomía de achotillo y guayaba	12
Tabla 5: Variables independientes y dependientes.....	22
Tabla 6: Diseño experimental de la investigación.	26
Tabla 7: Materia prima, materiales y equipo para la elaboración de la bebida.	27
Tabla 8: Formulación del mosto para cada tratamiento y control.	28
Tabla 9: Escala hedónica	38
Tabla 10: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de sólidos solubles totales de la bebida.....	39
Tabla 11: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales factor tratamientos.	40
Tabla 12: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia para de sólidos solubles totales factor fruta.....	41
Tabla 13: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales factor endulzante.....	42
Tabla 14: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales del factor levadura.	43
Tabla 15: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales factor tiempo.	44
Tabla 16: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de los sólidos solubles totales controles vs tratamientos.....	44
Tabla 17: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de pH de las bebidas.	47
Tabla 18: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor tratamiento.....	48
Tabla 19: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor endulzante.	49
Tabla 20: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor levadura.	49
Tabla 21: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor tiempo.....	50
Tabla 22: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia para pH controles vs tratamientos.	51
Tabla 23: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de Acidez titulable en las bebidas.....	54
Tabla 24: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable factor tratamiento. .55	

Tabla 25: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable factor fruta.....	56
Tabla 26: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable factor tiempo.	56
Tabla 27: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable controles vs tratamientos.	57
Tabla 28: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de grados alcohólicos en la bebida.	59
Tabla 29: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor tratamientos.	60
Tabla 30: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor fruta.	61
Tabla 31: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor endulzante.	61
Tabla 32: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor levadura.	62
Tabla 33: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor tiempo....	63
Tabla 34: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos controles vs tratamientos.	64
Tabla 35: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de la temperatura en la bebida	66
Tabla 36: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de sólidos disueltos totales de la bebida.....	68
Tabla 37: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos disueltos totales factor tratamiento.	69
Tabla 38: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia sólidos disueltos totales factor fruta. ...	69
Tabla 39: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia sólidos disueltos totales factor endulzante.	70
Tabla 40: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos disueltos totales factor tiempo.	71
Tabla 41: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos disueltos totales controles vs tratamientos.	72
Tabla 42: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de la conductividad en la bebida.	74
Tabla 43: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor tratamientos.	75
Tabla 44: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor fruta.....	76
Tabla 45: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor endulzante....	76

Tabla 46: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor tiempo.....	77
Tabla 47: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad controles vs tratamientos.	78
Tabla 48: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de los polifenoles en la bebida.	81
Tabla 49: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor tratamientos.	82
Tabla 50: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor endulzante.....	83
Tabla 51: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor levadura.	83
Tabla 52: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor tiempo.....	84
Tabla 53: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles controles vs tratamientos.	85
Tabla 54: Tabla de datos Microbiología	87
Tabla 55: Tabla de aceptabilidad general de la bebida	88
Tabla 56: Perfil de apariencia en Bebidas	89
Tabla 57: Perfil de olor en bebidas	90
Tabla 58: Perfil del sabor en la bebida	92
Tabla 59: Presupuesto para la elaboración de la bebida	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción en el Ecuador, del achotillo (A) y guayaba (G)	9
Figura 2: Anatomía del achotillo	9
Figura 3: Anatomía de la guayaba	10
Figura 4: Biorreactor para el proceso fermentativo	14
Figura 5: Estructura química de los polifenoles (Flavonoides).....	17
Figura 6: Estructuras químicas de compuestos presentes en el achotillo (Lycopene y Beta-carotene)	18
Figura 7: Estructura química de los flavonoides presentes en la guayaba	19
Figura 8: Recinto el "Progreso" cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.	20
Figura 9: Ubicación geográfica del recinto el Progreso.	27
Figura 10: Proceso de la elaboración de la bebida fermentada a base de achotillo y guayaba	32
Figura 11: Comportamiento de los sólidos solubles de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.	45
Figura 12: Comportamiento del pH de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.	52
Figura 13: Comportamiento de la Acidez Titulable de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.	58
Figura 14: Comportamiento de grados alcohólicos de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.	65
Figura 15: Comportamiento de sólidos disueltos totales de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.....	73
Figura 16: Comportamiento de la Conductividad de los diferentes tratamientos y controles en función al tiempo.	79
Figura 17: Comportamiento de polifenoles de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.	86
Figura 18: Evaluación sensorial de la aceptabilidad general.....	88
Figura 19: Evaluación sensorial Perfil apariencia.	90
Figura 20: Evaluación sensorial perfil olor.....	91
Figura 21: Evaluación sensorial perfil sabor.	93

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	25
Ecuación 2	26
Ecuación 3	29
Ecuación 4	33
Ecuación 5	35

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL VINO A BASE DE GUAYABA Y ACHOTILLO”

Autores

Chacón Tubon Cristian Paul

Ulloa Latacunga Erick Ricardo

Resumen

El objetivo del estudio fue elaborar una bebida fermentada a base de achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava L.*) caracterizando sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. La materia prima fue cosechada en el recinto el “Progreso” ubicado en el cantón La Maná, provincia Cotopaxi, Ecuador. Se utilizó un Diseño completamente al Azar (DCA), considerando 8 tratamientos definidos por la combinación de los factores establecidos (factores A: tipo de fruta, B: tipo de endulzante, C: concentraciones de levadura 0.2, 0.4 g/L) y 2 controles definidos dentro del arreglo. Cada tratamiento fue evaluado en 5 tiempos de fermentación (factor D: 1, 2, 3, 4, y 5). Se determinaron parámetros fisicoquímicos (pH, sólidos solubles totales, TDS, conductividad, grado alcohólico, acidez titulable, temperatura y polifenoles), aceptabilidad con 100 consumidores y calidad microbiológica. Los resultados evidenciaron que la bebida fermentada cumple con los límites establecidos en la normativa vigente, específicamente la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 374, 2016) registrando valores máximos de pH 2,9, acidez titulable de 7,2%, grado alcohólico de 6,2% y sólidos solubles totales de 11,4 SST. El control Q2 presentó el mayor contenido de polifenoles (53,6 mg GAE/100 ml), evidenciando compuestos bioactivos con potencial funcional. En el aspecto microbiológico, se confirmó la ausencia de *E. coli* y *coliformes totales*. Mientras que mohos y levaduras se mantuvo por debajo del límite NTE INEN 1529-10 (2013) y (INEN 1529-8, 1990). En conclusión, la bebida fermentada elaborada a partir de achotillo y guayaba cumple con los criterios de calidad, inocuidad y aceptación sensorial, constituyéndose en una alternativa innovadora, funcional y sostenible con potencial de inserción en el mercado de bebidas fermentadas.

Palabras clave: Bebida fermentada, achotillo (*Nephelium lappaceum*) guayaba (*Psidium guajava L.*), polifenoles

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

LA MANÁ EXTENSION

THEME: “PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLÓGICAL, AND ORGANOLEPTIC CHARACTERIZATION OF GUAVA AND ACHOTILLO BASED WINE”

Author:

Chacón Tubon Cristian Paul

Ulloa Latacunga Erick Ricardo

ABSTRACT

The objective of this study was to develop a fermented beverage by using achotillo (*Nephelium lappaceum*) and guava (*Psidium guajava* L.), so characterizing its physical-chemical, microbiological, and sensory properties. The raw materials were harvested at "El Progreso" precinct which is located in La Maná canton, Cotopaxi province, Ecuador. A completely randomized design (CRD) was used, considering eight treatments defined by the combination of established factors (factor A: type of fruit, factor B: type of sweetener, factor C: yeast concentrations of 0.2 and 0.4 g/L) and two controls within the design. Each treatment was evaluated at five fermentation times (factor D: 1, 2, 3, 4, 5). Physical-chemical parameters (pH, total soluble solids, TDS, conductivity, alcohol content, titratable acidity, temperature, and polyphenols), consumer acceptability, and microbiological quality were determined. The results showed that the fermented beverage complies with the established limits in current regulations; specifically, Ecuadorian Technical Standard (INEN 374, 2016), registering maximum values of pH 2.9, titratable acidity of 7.2%, alcohol content of 6.2%, and total soluble solids of 11.4 TSS. Control Q2 presented the highest polyphenol content (53.6 mg GAE/100 ml), so indicating bioactive compounds with functional potential. Microbiologically, the absence of *E. coli* and *total coliforms* was confirmed. Meanwhile molds and yeasts levels remained below the established limits by ETS INEN 1529-10 (2013) and INEN 1529-8 (1990). In conclusion, the fermented beverage made from achotillo and guava not only meets the criteria for quality, safety, and sensory acceptance, but also makes an innovative, functional, and sustainable alternative with potential for marketing entry in the fermented beverage area.

Keywords: Fermented beverage, achotillo (*Nephelium lappaceum*), guava (*Psidium guajava* L.), polyphenol.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto

Caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del vino a base de guayaba y achotillo.

Fecha de inicio:	Octubre 2021
Fecha de finalización:	Febrero 2026
Lugar de ejecución:	Laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi
Facultad que auspicia:	Extensión – La Maná
Carrera que auspicia:	Ingeniería Agroindustrial
Proyecto de investigación:	“Innovación, salud y sostenibilidad en la industria alimenticia: Desarrollo de Alimentos Funcionales con materias primas y coproductos autóctonos y exóticos de la provincia de Cotopaxi”
Equipo de trabajo:	Chacón Tubon Cristian Paul Ulloa Latacunga Erick Ricardo Ph. D Rivera Toapanta Evelyn Andrea Tutora del proyecto
Área de conocimiento:	Ingeniería, industria y construcción
Línea de investigación:	Procesos tecnológicos, Bioquímica, Desarrollo y seguridad alimentaria.
Sublínea de investigación:	Análisis cualitativos, cuantitativos y sensoriales de alimentos y no alimentos de productos agroindustriales

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La agroindustria es un componente fundamental en el fortalecimiento de las industrias alimentarias, donde la optimización de procesos biotecnológicos puede transformar materias primas subutilizadas en productos de alto valor agregado, resolviendo necesidades de los consumidores y productores. Esta investigación se enfoca en el aprovechamiento, de frutas de climas cálidos como: achotillo (*Nephelium lappaceum*) y la guayaba (*Psidium guajava* L) para elaborar productos innovadores, saludables y sostenibles, como bebidas fermentadas (Velazco Arango, 2020).

Mediante la aplicación de procesos primarios para la obtención de bebidas fermentadas, se aprovecha el máximo potencial de estas frutas, se puede fomentar un consumo saludable y responsable, para el consumidor (Sosa, 2024). Basados en investigaciones recientes, se ha determinado el alto valor nutricional de estas frutas, así como la presencia de compuestos bioactivos y su capacidad antioxidante. Estos atributos las convierten una opción sostenible dentro de la industria de bebidas fermentadas. La presente investigación propone una alternativa saludable y ambientalmente responsable, otorgando un valor agregado al aprovechamiento de estas frutas mediante la optimización de los principios de la fermentación y el uso integral de su potencial (Gordillo Vinuesa, 2022).

En el Ecuador, diversas frutas de alto potencial agroindustrial, como la guayaba (*Psidium guajava* L) y el achotillo (*Nephelium lappaceum*), no son aprovechadas de manera óptima, lo que restringe su valorización económica y su incorporación en cadenas productivas sostenibles. La guayaba, reconocida debido a su elevado contenido de vitamina C, fibra dietética y componentes fenólicos, ha sido ampliamente estudiada por su capacidad antioxidante y sus aplicaciones en la elaboración de productos funcionales (Villan, 2017; Huynh, 2025) Sin embargo, su carácter altamente perecedero limita su comercialización y exportación, generando pérdidas postcosecha y reduciendo su impacto en la agroindustria ecuatoriana (INIAP, 2020).

De manera similar el achotillo o rambután, cultivado principalmente en zonas tropicales de la costa ecuatoriana, presenta un perfil nutricional rico en carbohidratos, minerales y polifenoles, con potencial para la producción de jugos, mermeladas y bebidas fermentadas (Afzaal, 2023). No obstante, su producción nacional es incipiente y carece de estrategias de transformación que permitan su inserción en cadenas de valor sostenibles, a diferencias de países asiáticos donde constituyen un producto de exportación consolidado (Huynh, 2025).

La presente investigación propone el desarrollo de bebidas fermentadas a base de guayaba y achotillo, aplicando principios de fermentación y análisis de parámetros fisicoquímicos de las bebidas, evaluando cada fase del proceso. Se busca no solo reducir el desperdicio agroalimentario, sino también generar productos innovadores que respondan a las tendencias actuales de consumo responsable y salud integral, alineados con las siguientes ODS: 2 hambre cero, 8 trabajo decente y crecimiento económico, 9 industria innovación e infraestructura y producción 9 y 12 consumo responsable.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el marco del desarrollo sostenible, la identificación de alternativas en la industria agroalimentaria, constituye una importancia estratégica, sobre todo en países tropicales como Ecuador, donde la diversidad frutal es amplia, pero su aprovechamiento integral enfrenta limitaciones significativas. Frutas como la guayaba (*Psidium guajava L.*) y el achotillo (*Nephelium lappaceum*), a menudo subutilizadas o desperdiciadas durante la cosecha y la postcosecha, poseen un alto potencial para la elaboración de productos innovadores. Su composición, caracterizada por azúcares fermentables, compuestos fenólicos, vitaminas y ácidos orgánicos, las convierte en materias primas idóneas para el desarrollo de bebidas fermentadas con valor agregado (Hernández, 2019).

De acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 2, 8, 9 y 12 (ONU, 2022), la elaboración de una bebida alcohólica fermentada a base de la guayaba y el achotillo contribuirá a reducir el desperdicio de estas frutas y el impacto ambiental, asociado al tiempo que promoverá la diversificación de la agroindustria local. Este tipo de iniciativas impulsa la economía circular, genera nuevas oportunidades para pequeños productores y fomenta la innovación en zonas rurales. Asimismo, responde a una tendencia creciente entre los consumidores sobre el consumo de productos naturales y funcionales, lo que fortalece la competitividad de la industria alimentaria ecuatoriana (Valencia, 2020).

A pesar del enorme potencial de estas frutas, los estudios sobre su uso en conjunto a fermentaciones alcohólicas artesanales o industriales son aún escasos. La validez, de este proyecto se sustenta no únicamente por su contribución al desarrollo sostenible, sino también por su aporte científico aportando conocimiento novedoso en torno a la caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de una bebida fermentada a base de guayaba y achotillo. De esta manera, se establecen antecedentes para investigaciones a futuro y

aplicaciones comerciales dentro de la industria alimentaria ecuatoriana, promoviendo el aprovechamiento integral de los recursos locales y fortaleciendo la innovación agroindustrial.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Beneficiarios Directos

Los 100 estudiantes de la carrera de agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi - Extensión La Maná fueron, quienes fortalecieron sus competencias en investigación aplicada y desarrollo de productos innovadores. Asimismo, 10 docentes con experiencias en bebidas alcohólicas fermentadas participaron activamente, aportando sus conocimientos en la participación activamente, aportando sus conocimientos en la evaluación sensorial del producto, lo que permitió enriquecer el análisis integral de la investigación y fortalecer la validez de los datos obtenidos.

El proyecto se enfocó en el estudio de materias primas tropicales subutilizadas, específicamente el achotillo (*Nephelium lappaceum*) y la guayaba (*Psidium guajava* L). con el propósito de elaborar bebidas alcohólicas fermentadas de valor agregado. La investigación se desarrolló de manera continua, abordando los procesos biotecnológicos fermentativos y evaluando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales del producto final. Este enfoque permitió no solo la generación de conocimiento científico, sino también la formación práctica de estudiantes y docentes en técnicas de fermentación, caracterización de alimentos y desarrollo de productos sostenibles, contribuyendo al fortalecimiento de la agroindustria local y la innovación en el sector alimentario ecuatoriano.

4.2. Beneficiarios Indirectos

Los productores beneficiados fueron 38 personas, dedicados a la producción y comercialización a menor escala de materias primas el achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava* L), ubicados en el recinto “El Progreso”, del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi. La cosecha y la comercialización de estas frutas se producen por temporadas, sin establecer un precio fijo para las frutas tropicales, lo que resulta pérdidas económicas para los productores (FAO, 2020). El desarrollo de esta investigación brinda nuevas oportunidades para los productores, al vincularlos con la agroindustria y con la elaboración de productos innovadores y sostenibles. De esta manera, se genera alternativas de empleo y se fortalece la relación entre

la producción primaria y la transformación agroindustrial, contribuyendo a la dinamización de la economía local.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El aprovechamiento máximo de materias primas frutas y vegetales continúa siendo un desafío en Ecuador, a pesar de que el 64% de la agricultura a nivel nacional se encuentra delimitada por productores menores FAO, (2020). Esta realidad evidencia una limitada valorización de frutas autóctonas, el achotillo (*Nephelium lappaceum*) y la guayaba (*Psidium guajava* L.), que suelen ser subutilizadas o desperdiciadas durante la cosecha y la postcosecha. En el caso del achotillo, la producción nacional es reducida, con apenas 38 hectáreas sembradas, lo que restringe su comercialización y genera pérdidas económicas para los agricultores (Bulgarin & Loor, 2018).

El desperdicio de alimentos constituye un problema estructural en el país: hasta el 40% de agricultores desperdician la producción antes de llegar a ser comercializadas en los diferentes sectores, principalmente por deficiencias en infraestructura, almacenamiento y distribución (Aguilar, 2022). Estas pérdidas afectan directamente a frutas tropicales como el achotillo y la guayaba, que presentan daños físicos o no alcanzan estándares de mercado, limitando su incorporación en cadenas productivas sostenibles.

La transformación de la guayaba y el achotillo en bebidas fermentas representa una idea innovadora para otorgarles valor industrial y reducir el desperdicio. El achotillo, por sus azúcares fermentables y su composición química, aporta características sensoriales en la bebida fermentada, por otro lado, la guayaba, una fuente de antioxidantes y vitaminas dentro de ellas predominante la vitamina C, ofrece propiedades funcionales con potencial de aceptación en la industria de bebidas fermentadas (Sánchez, 2022).

Actualmente, los estudios sobre el uso conjunto de estas frutas en fermentaciones alcohólicas son escasos, lo que plantea una brecha científica y tecnológica. La investigación en este campo permitiría generar una base de estudio sobre la caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de bebidas fermentadas elaborados con frutas tropicales, aportando al desarrollo de productos innovadores y sostenibles.

En este sentido, el proyecto se justifica como una respuesta integral a los desafíos de sostenibilidad, competitividad y aprovechamiento de recursos locales, alineándose con las tendencias globales de consumo responsable y producción sostenible (Tello, 2024).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Elaborar de una bebida fermentada a base de achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava* L.).

6.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar formulaciones de una bebida a base de achotillo y guayaba incorporando azúcar, panela y diferentes concentraciones de levadura.
- Evaluar las características fisicoquímicas, a lo largo del proceso de fermentación de la bebida.
- Evaluar el contenido de polifenoles al inicio y al final de la etapa de maduración de la bebida.
- Evaluar la calidad microbiológica de la bebida.
- Determinar el perfil sensorial y el nivel de aceptabilidad de la bebida.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Objetivos, actividades y resultados de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIÓN
Desarrollar formulaciones de una bebida a base de achotillo y guayaba incorporando azúcar, panela y diferentes concentraciones de levadura	✓ Preparación del mosto de achotillo y guayaba.	✓ Tratamientos con concentraciones diferentes de levadura y endulzantes.	✓ Tablas de los resultados.
Evaluar las características fisicoquímicas, a lo largo del proceso de fermentación de la bebida.	✓ Toma de parámetros fisicoquímicos.	✓ Registro de los análisis fisicoquímicos de la bebida	✓ Requisitos fisicoquímicos bajo normativas (NTE INEN 374, 2016)
Evaluar el contenido de polifenoles al inicio y al final de la etapa de maduración de la bebida.	✓ Determinación de Polifenoles, método (Folin-Ciocalteu).	✓ Concentración de polifenoles por tratamiento y control.	✓ Determinación del conteo de polifenoles bajo el método de (García <i>et al</i> , 2015)
Evaluar la calidad microbiológica de la bebida.	✓ Recuento microbiológico (<i>Coliformes Totales</i> , <i>E Coli</i> y Mohos y Levaduras).	✓ Resultados microbiológicos establecido por los límites permitidos.	✓ Requisitos microbiológicos según la (NTE INEN 1529 - 7, 2012; NTE INEN 1529 -10, 1993)
Determinar el perfil sensorial y el nivel de aceptabilidad de la bebida.	✓ Evaluación sensorial de escala hedónica del 1-9.	✓ Tratamientos con mayor aceptación del perfil sensorial	✓ Hoja de evaluación sensorial, (Anzaldúa, 1998).

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

8. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

8.1. Generalidades del achotillo y la guayaba

8.1.1. El achotillo (*Nephelium lappaceum*)

El achotillo (*Nephelium lappaceum* L.) es una fruta de clima cálido oriunda de Malasia y también Indonesia, reconocida por su forma ovalada de color rojo recubierta de una forma de espinas suaves, como forma de protección para animales y afectaciones en el medio ambiente, junto a su pulpa de un color blanco y dulce. Cultiva por lo general en zonas cálidas con temperaturas que oscilan entre 15° y 28°C, en suelos con un pH alto y constante fuente de agua (López, 2020). En el Ecuador la producción se sitúa en regiones costeras y climas cálidos, comúnmente en Santo Domingo, Los Ríos y Quevedo (Salazar *et al.*, 2010), (Ver **Figura 1**)

El árbol de achotillo alcanza un tamaño máximo de (15 y 25 m) de altura. Por lo general el tronco tiene un diámetro de 50 a 60 cm, junto a la corteza de color gris o café oscuro y sus hojas pinnadas pueden medir hasta 30 cm de longitud dependiendo de la especie cultivada, (Salazar *et al.*, 2010).

8.1.2. La guayaba (*Psidium guajava*)

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es una fruta de clima cálido que tiende a crecer en zonas de climas cálidos o tropicales, pertenece a la familia *Myrtaceae*, su cultivo se encuentra en países Latinoamericanos, siendo Ecuador, Salvador y Costa Rica algunos de los principales productores. En Ecuador la principal producción se da en el Guayas, Cotopaxi, Santa Elena, Esmeraldas, Manabí, Santo Domingo y los ríos en cuanto al valor nutricional es significativo, debido a su rica fuente de antioxidantes: vitamina C, carotenoides y compuestos bioactivos. Actuando de manera beneficiosa en diferentes afectaciones de la salud (Ávila, 2023).

Al conocer su aprovechamiento permite que los productos agroindustriales como dulces, jugos y bebida fermentadas, lo que ha impulsado investigaciones sobre su composición química, comportamiento postcosecha y potencial comercial (Velazco, 2020).

Se clasifica como fruto climatérico o no climatérico dependiendo de la variedad estudiada, en cuanto a su almacenamiento debe evitarse daños físicos. Su adaptación en múltiples ámbitos agroindustriales convierte a la guayaba en un recurso de alto valor para la industria alimentaria, con posibilidad de adaptaciones en diferentes productos elaborados a partir de la guayaba (Ramírez & Pacheco, 2011).



Figura 1: Producción en el Ecuador, del achotillo (A) y guayaba (G)
Fuente: (Salazar *et al.*, 2010) y (Ávila, 2023).

8.1.3. Composición del Fruto de achotillo

El achotillo (*Nephelium lappaceum*) es un fruto de clima cálido se distingue por la cáscara recubierta de espinas suaves en forma de protección. El color de la cáscara puede ser rojo, amarillo o anaranjado cuando se encuentra en estado maduro. Característico por su forma ovalada o redonda, el tamaño promedio de la fruta puede variar entre 3 a 6 cm de largo dependiendo de la especie, es una de las frutas con muchas variedades en el mundo (Salazar *et al.*, 2010).

8.1.4. Partes del fruto del achotillo

Epicarpio: Color rojo o amarillo, con espinas suaves, encargada de proteger la pulpa.

Mesocarpio: Muy delgado formando una leve protección.

Endocarpio: La pulpa comestible, rica en azúcares y compuestos fenólicos.

Semilla: Parte central de la fruta no comestible (Salazar *et al.*, 2010), (Ver **Figura 2**)



Figura 2: Anatomía del achotillo
 Fracciones de un corte de achotillo, desde la parte más extrema hacia el centro de la fruta
Fuente: (Salazar *et al.*, 2010)

Tabla 2: Variedades de achotillo

Subregión	Países	Variedades de achotillo (<i>Nephelium lappaceum</i>)
Sudeste Asiático	Indonesia	<i>Lebakbulus, binjai, rapiah, seelengkeng, seekonto, seetangkooeh, simacan</i>
	Tailandia	<i>Penang, rongrien, seechompoo, bangyeckhan</i>
	Filipinas	<i>Seematjan, maharlika, seendonja</i>
	Singapur	<i>Delicheng, jitlee</i>

Fuente: (Salazar *et al.*, 2010)

8.1.5. Composición del Fruto de Guayaba

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es una baya carnosa de forma redonda, ovoide o elipsoidal. El tamaño es muy variado depende la especie estudiada, crece hasta máximo 10 cm, el peso oscila entre 30 y 225 g aproximadamente. Presenta una gran cantidad de variedades cultivadas en distintas regiones del mundo (Paz, 2020).

8.1.6. Partes del Fruto de la Guayaba

Epicarpio: Piel de la fruta, puede ser verde, amarilla o rosada y rica en antioxidantes.

Mesocarpio: Pulpa externa, carnosa con un alto contenido de vitamina C

Endocarpio: Pulpa interna, contiene las semillas más firmes.

Semilla: Son pequeñas, duras y numerosas (Paz, 2020). (Ver **Figura 3**)

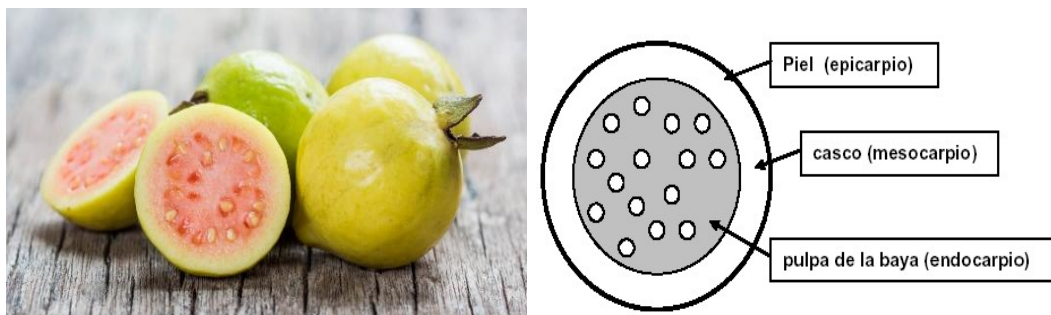


Figura 3: Anatomía de la guayaba
Partes de la guayaba y sus nombres
Fuente: (Marquina *et al.*, 1966)

Tabla 3: Variedades de guayaba

País	Variedades de la guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)
Estados Unidos	<i>ruby supreme, redland, miami red, homestead</i>
Cuba	<i>criolla roja, enana roja cubana, media china</i>
Brasil	<i>púrpura, paluma, pedro sato, kumagai</i>
India	<i>allahabad safeda, lucknow 49 (sardar), arka amulya</i>
México	<i>calvillo, amarilla</i>

Fuente: (Paz, 2020)

8.2. Cosecha del Achatillo y Guayaba

8.2.1. Cosecha del Achatillo

La mayoría de los cultivos son cosechados en un estado de inmadurez para obtener mejores precios al momento de ser comercializados, debido a no tener las condiciones de almacenamiento y falta de consumidores, la cosecha debe realizarse entre los 90 y 120 días después de la floración (Bugarín & Loor, 2018).

La cosecha por lo general debe realizarse en la mañana, para la cosecha se utiliza tijeras del mismo modo con una escalera, ayudándose de recipientes adecuados para evitar daños físicos. Es muy importante evitar daños mecánicos en la cosecha de la fruta (Reyes, 2020).

8.2.2. Cosecha de Guayaba

El índice de madurez óptimo para la cosecha de la guayaba depende del destino comercial del fruto (Castellano & Ramírez, 2005). Para la industria agroalimentaria, la recolección debe realizarse cuando la epidermis presenta una coloración amarilla uniforme, indicativo de un alto contenido de azúcares y compuestos volátiles característicos de la madurez fisiológica (Villaseño, 2010). Sin embargo, los frutos destinados al consumo fresco o al transporte a larga distancia se cosechan en estado verde-amarillento, etapa que garantiza la menor susceptibilidad a daños mecánicos durante la manipulación. La recolección se efectúa en la mañana, con el fin de minimizar la pérdida de humedad y preservar la calidad organoléptica del fruto (Chicaiza, 2019).

8.2.3. Taxonomía del achotillo y de la guayaba

Tabla 4: Comparación de la taxonomía de achotillo y guayaba

Características	Achotillo (<i>Nephelium lappaceum</i>)	Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)
Nombres comunes	Rambután, Rambutanes, Achotillo, Rampostán, Mamón chino	Guayaba, Guayabo, Guyava, Guara, Arrayana
Nombres científicos	<i>Nephelium lappaceum</i>	<i>Psidium guajava</i> L.
Familia botánica	Sapindaceae	Myrtaceae
Forma y tipo de fruta	Ovalada/redondeada; cáscara espinosa flexible; fruto tropical	Esférica/ovoide/elipsoidal; baya carnosa
Tamaño/Peso	3–6 cm de largo	30–225 g; hasta 10 cm de largo
Carbohidratos totales	Azúcares totales: (fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, lactosa)	14.3 g
Fibra dietética	0,05% /100 g	5,4% /100 g
Proteínas	0,91% /100 g	2,5% /100 g
Vitaminas	Vitamina A, Vitamina C	Vitamina A (retinol equiv.) Vitamina C (ácido ascórbico)
Otros compuestos	Riboflavina, Tiamina, Ceniza: 0.33%, Nitrógeno: 0.14%	—

Fuente: (Salazar et al., 2010)

8.3. Tipos de Endulzantes

8.3.1. Azúcar Blanca

La sacarosa refinada, también conocida como azúcar blanca, es el resultado final del procesamiento de la caña de azúcar, la cual es sometida a otros procesos de transformación para brindarle ese color cristalino, comúnmente utilizado a nivel agroindustrial debido a su alta solubilidad, y buen manejo al tratar con alimentos que contengan compuestos calóricos, incluyendo en el área de repostería y bebidas gaseosas (Fernández Muñoz, 2022).

8.3.2. Panela

La panela es un endulzante no refinado obtenido directamente del jugo de caña de azúcar, sin procesos químicos ni aditivos. Su composición incluye minerales como calcio, hierro y fósforo, además de compuestos antioxidantes que pueden enriquecer el perfil nutricional de los alimentos con los cuales se llegue a trabajar (Huilcapi & Gallegos, 2020).

8.4. Levaduras

Microorganismos unicelulares pertenecientes al reino fungí, fundamentales en procesos fermentativos tanto alimentarios como industriales. La capacidad para transformar azúcares en alcohol y CO₂ mediante la fermentación de los azúcares tienen un papel clave en la elaboración de productos como bebidas fermentadas, cerveza y biocombustibles (Flores, 2015).

8.4.1. Levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*)

La levadura *S. cerevisiae* es unicelular comúnmente usada para la fermentación alcohólica, especialmente en la producción de bebida fermentada, cerveza y pan. Su capacidad es un factor clave para metabolizar azúcares simples como glucosa y fructosa, son compuestos claves en la transformación del mosto en alcohol y CO₂, ayudando asimismo en el desarrollo de aromas por ciertas cepas que están presentes en la levadura (Sosa, 2024).

8.4.2. Fermentación Alcohólica

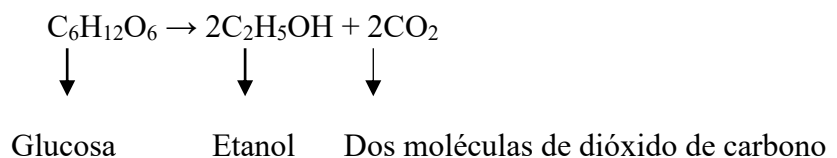
La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico por lo cual las levaduras, a utilizar como la *S. cerevisiae*, transforman la glucosa y fructosa presentes en el mosto en etanol y CO₂. Este mecanismo metabólico solo permite generar energía en forma de ATP sin requerir oxígeno, sino que también genera compuestos como el etanol, ácidos orgánicos y ésteres que influyen directamente en el perfil sensorial del producto final (Morales, 2014).

8.4.3. Bebida Fermentada

Las bebidas fermentadas son la resultante de productos líquidos obtenidos mediante la acción de microorganismos beneficiosos, principalmente levaduras como la *S. cerevisiae* que transforman los azúcares presentes de las materias primas: frutas, cereales o tubérculos en compuestos como etanol, ácidos orgánicos (ácido tartárico, ácido láctico) y CO₂. El proceso no solo permite la conservación natural del alimento, sino que también es de gran ayuda al mejorar sus características sensoriales su valor nutricional y funcional (Ruíz, 2022).

8.4.4. Estructura química de la fermentación

La fórmula química del proceso de transformación de la glucosa y fructosa en alcohol:



La fermentación alcohólica se origina por la degradación de los azúcares fermentables presentes en el mosto por parte de la levadura *S. Cerevisiae* dando como subproducto el alcohol y CO₂.

Los compuestos principales que se forman en este proceso son:

- Etanol: Principal producto, responsable de la caracterización alcohólica de la bebida fermentada y la formación del dióxido de carbono.
- Ácidos orgánicos: ácido gálico, ácido tartárico, ácido acético etc.
- Polifenoles: Flavonoides, antocianinas y taninos antioxidantes.
- Moléculas aromáticas: Ésteres y aldehídos, responsables de la determinación de ciertos parámetros sensoriales del perfil de la bebida fermentada (Vanrell, 2025).

8.4.5. Vinos

Su elaboración involucra factores como el tipo de fruta, el clima, el suelo y las técnicas de fermentación, lo que da lugar a una amplia diversidad de estilos de bebidas fermentadas: tintos, blancos, rosados, espumosos y fortificados (Gutiérrez, 2018).

8.4.6. Biorreactor

Es un sistema diseñado para proporcionar las características de un entorno controlado al momento de realizar un producto fermentativo, ya que esto es de gran ayuda al permitir el desarrollo y crecimiento de microorganismos, permitiendo llevar procesos biotecnológicos de fermentación (Palacios, 2020).



Figura 4: Biorreactor para el proceso fermentativo
Fuente: Chacón C, Ulloa E

8.5. Análisis fisicoquímicos

Son variables medibles que describen propiedades físicas y químicas del producto o materia prima esencial, con la finalidad de evaluar la calidad, estabilidad y comportamiento de

productos. Entre los más comunes se encuentran el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura, el contenido de (TDS), la acidez y el contenido de (SST), (Ramírez, 2019).

8.5.1. pH

El pH o potencial hidrogeno es un análisis fisicoquímico que se realizan a soluciones, para la determinación del grado de alcalinidad o acidez en cualquier tipo de alimento o bebida. En bebida fermentadas se establecen rangos de 3,0 - 4,0 según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 372 (2015), un pH bajo aporta estabilidad de la bebida fermentada, mientras que un pH alto lo hace más suave (Chivite, 2005).

8.5.2. Conductividad

La conductividad eléctrica refleja las sales y ácidos disueltos en productos alimenticios, especialmente en bebidas. Generalmente se usa para evaluar la estabilidad tartárica y la composición mineral de la bebida (García, 2015). Además, la conductividad es un indicador del comportamiento de la fermentación.

8.5.3. Temperatura

La temperatura constituye un factor crítico en la elaboración de productos destinados al consumo humano, especialmente en aquellos que dependen de procesos biotecnológicos fermentativos. Su control adecuado permite mantener condiciones idóneas el desarrollo de microorganismos beneficiosos, como son las levaduras y bacterias lácticas, mientras se evita la proliferación de microorganismos dañinos que podrían comprometer la calidad y la seguridad del producto.

Los procesos fermentativos requieren un monitoreo constante de la temperatura, ajustándola a rangos específicos según el tipo de microorganismo y el producto final deseado. En bebidas fermentadas, las temperaturas moderadas favorecen la producción de compuestos aromáticos y antioxidantes, mientras que temperaturas elevadas pueden generar sabores indeseables o pérdidas de calidad.

La temperatura no solo es un parámetro técnico, sino un determinante de la calidad, seguridad y sostenibilidad de los alimentos fermentados, siendo indispensable en la aplicación de la biotecnología moderna y en los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de los productos (Becerril, 2015).

8.5.4. Sólidos disueltos totales

Los TDS (sólidos disueltos totales) indican la cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas. En bebida fermentadas se relaciona con los minerales, sales y compuestos que influyen en conductividad y sabor (PanaChlor, 2010).

8.5.5. Titulación ácido-base

Los TDS indican la cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en un soluto. En bebida fermentadas se relaciona con los minerales, sales y compuestos que influyen en conductividad y sabor (Panachlor, 2010).

8.5.6. Sólidos solubles totales

Los (SST) se determinan mediante un refractómetro manual o digital, instrumento de laboratorio que mide la concentración de azúcares presentes en soluciones como jugos de frutas, miel, jarabes y bebida fermentadas, expresando los resultados en grados Brix. En la industria de bebidas fermentadas, esta medición es esencial porque permite controlar la cantidad de azúcares disponibles en la fruta antes de iniciar el proceso de fermentación, asegurando que las levaduras tienen el sustrato necesario para transformar dichos azúcares en alcohol y compuestos aromáticos. De esta manera, el análisis de SST se convierte en un parámetro muy útil para estandarizar la calidad del producto obtenido, evitar variaciones indeseables en sabor y contenido alcohólico, y garantizar la eficiencia del proceso fermentativo (Cevallos, 2022).

8.5.7. Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos en la industria alimentaria son un conjunto de técnicas utilizadas para detectar, identificar y cuantificar microorganismos presentes en una muestra, con el objetivo de evaluar su calidad sanitaria, seguridad y viabilidad para el consumo o procesamiento de un alimento (Basic, 2021).

8.5.8. Polifenoles

Compuestos bioactivos de origen vegetal que se caracterizan en su estructura química con múltiples grupos fenólicos, que les confieren propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas. Se forman de manera natural en frutas, verduras, té, cacao, bebida fermentada y aceite de oliva, y desempeñan un papel clave en la protección celular frente al daño oxidativo causado por los radicales presentes de forma libre (Quiñones *et al.*, 2012)

La principal característica en los polifenoles es por la presencia de varios anillos aromáticos con grupos hidróxidos (-OH). Desde la parte estructural se clasifican en flavonoides (flavonas, flavonos, flavan -3-oles, antocianinas), ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido tartárico), taninos condensados y estilbenos como el resveratrol (Gutiérrez, 2025). En la parte de bebidas fermentadas, estas moléculas provienen de la materia prima vegetal, con la cual se esté trabajando, y se modifican durante la fermentación por la acción de la levadura o bacterias lácticas, lo que puede incrementar su disponibilidad, en el área de la aplicación de la biotecnología fermentativa (Cartaya, 2001).

8.5.9. Estructura química de los polifenoles

Son metabolitos secundarios de origen vegetal caracterizado por sus estructuras aromáticas con varios grupos hidroxilos. Estas características químicas les permiten actuar como antioxidantes, neutralizando radicales libres etc. Su diversidad estructural incluye ácidos fenólicos, estíbenos, lignanos y flavonoides. Los polifenoles son muy esenciales en las dietas alimenticias, mediante el consumo vegetal a través de frutas y verduras, contribuyendo a la protección del endotelio, la reducción de la inflamación y mejorando la función vascular (Quiñones *et al.*, 2012).

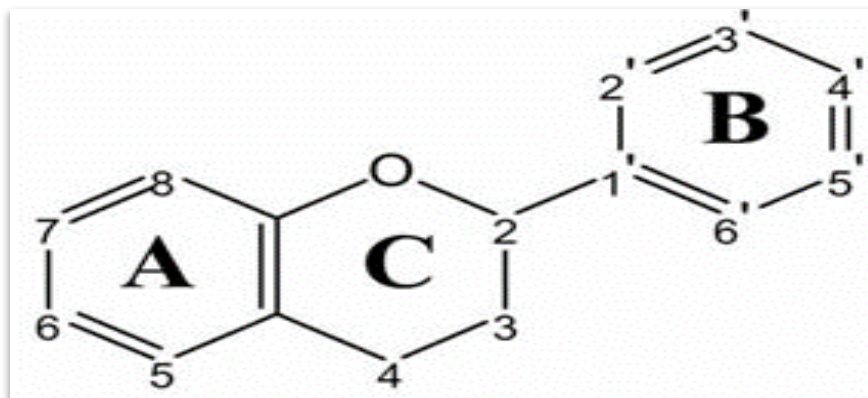


Figura 5: Estructura química de los polifenoles (Flavonoides)
Fuente: Cartaya, 2001)

8.5.10. Polifenoles de la materia prima

8.5.11. Polifenoles en achotillo (*Nephelium lappaceum*)

El achotillo (*Nephelium lappaceum*) presenta un perfil fitoquímico caracterizado por una elevada diversidad de polifenoles distribuidos en sus diferentes fracciones anatómicas, la cáscara del fruto constituye la principal fuente de compuestos bioactivos destacando la presencia de flavonoides, taninos condensados y antocianinas responsables de su marcada actividad antioxidante. Por otro lado, la pulpa tiene una menor concentración de polifenoles,

alcanzando valores aproximados de 0,95 mg GAE/g de cascara, aportando compuestos fenólicos simples con capacidad antioxidante que contribuyen al valor funcional del fruto (Macias & Saenz, 2025).

8.5.12. Estructura química del achotillo

Se clasifican como compuestos principales, el ácido gálico, la corilagina, la geraniina, las catequinas, carotenoides y los taninos. Son derivados fenólicos con múltiples grupos -OH y enlaces éster con azúcares o glucosa, la actividad química inicia con la interacción de iones metálicos mediante grupos fenólicos y carbonilos (Macias & Saenz, 2025).

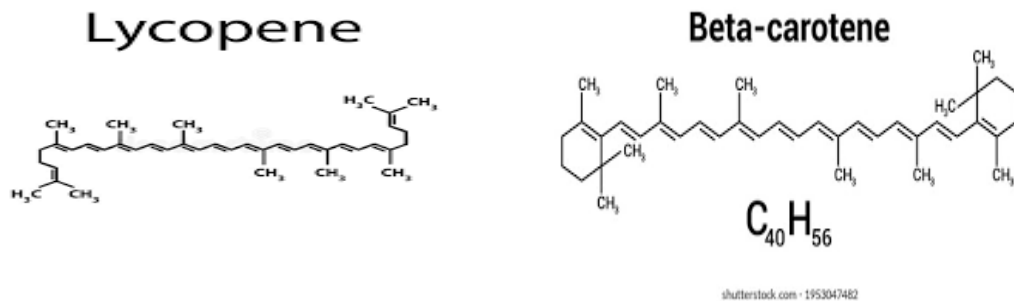


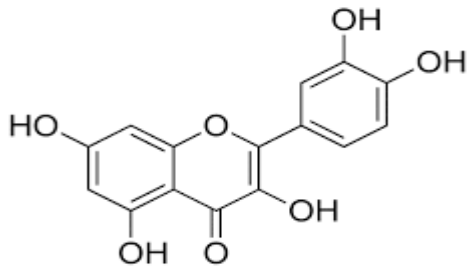
Figura 6: Estructuras químicas de compuestos presentes en el achotillo (Lycopene y Beta-carotene)
Fuente: (Macias & Saenz, 2025).

8.5.13. Polifenoles en guayaba (*Psidium guajava* L.)

Es conocida por su alto contenido de polifenoles y una adecuada distribución según cada fracción del fruto. La cascara constituye la parte con mayor concentración de polifenoles totales, alcanzando valores aproximados de 10.36 mg GAE/100 g de cascara, convirtiendo a esta fruta en un recurso relevante para la extracción de antioxidantes de alta potencia. En la pulpa y su cáscara se han identificado flavonoides como quercetina, kaempferol y catequinas. Estos son compuestos que refuerzan la capacidad de antioxidante y antiinflamatoria del fruto, lo cual juega un papel fundamental en la formulación de alimentos funcionales (Macias & Saenz, 2025).

8.5.14. Estructura química de la guayaba

Se clasifican como compuestos principales, los flavonoides (quercetina, catequinas), los taninos condensados, ácidos fenólicos (ácido gálico). Su estructura se centra en anillos aromáticos con grupos hidroxilos, lo que les permite donar electrones para la neutralización de radicales libres, la cáscara de la guayaba concentra la mayor cantidad de polifenoles y mejor capacidad de antioxidantes (Marquina *et al.*, 1966).



Quercetina

Kaempferol

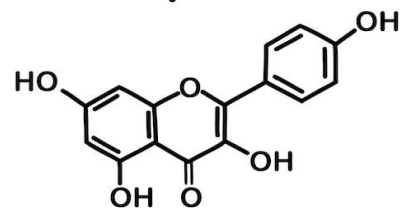


Figura 7: Estructura química de los flavonoides presentes en la guayaba
Fuente: (Marquina *et al.*, 1966)

9. HIPÓTESIS

9.1. Hipótesis alternativa (Ha)

La fermentación alcohólica de una bebida formulada con achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava* L.), influye de manera determinante en las características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y la concentración de polifenoles.

9.2. Hipótesis nula (Ho)

La fermentación alcohólica de una bebida formulada con achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava* L.), no influye de manera determinante en las características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y la concentración de polifenoles.

10. METODOLOGÍA

10.1. Ubicación y desarrollo del proyecto

El proyecto de bebidas fermentadas se desarrolló en 2 fases. La primera se llevó a cabo en el lugar de cosecha de la materia prima achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava* L.), recolectada en el recinto El “Progreso”. En esta etapa se realizó la selección, acondicionamiento y preparación inicial de las frutas para garantizar la calidad del mosto destinado al proceso fermentativo.



Figura 8: Recinto el “Progreso” cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.
Fuente: Chacón C & Ulloa E (2025).

La segunda fase corresponde a la elaboración de las bebidas fermentadas, que tuvo lugar en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión -La Maná. Llevando a cabo el registro sistemático del periodo de fermentación de la bebida, desde la elaboración hasta su maduración, considerando los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y polifenoles. La investigación se realizó en un lapso total de cinco meses, abarcando todas las fases: recolección de la materia prima y todos los procesos de fermentación, maduración y evaluación integral de los datos estadísticos obtenidos.

10.2. Tipo de investigación

10.2.1. Investigación experimental

Esta investigación experimental fue desarrollada una bebida fermentada de achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava* L.) implicó la manipulación controlada de variables fisicoquímicas y microbiológicas con el fin de evaluar el efecto en la calidad del producto final obtenido. Se diseñaron ensayos fermentativos considerando diferentes tipos de endulzantes (azúcar vs. panela), variaciones en la concentración de levadura (*Saccharomyces*

cerevisiae) y tiempos de fermentación y maduración. Los parámetros evaluados incluyeron sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, conductividad, sólidos disueltos totales, grados alcohólicos, polifenoles y perfil sensorial.

10.2.2. Investigación descriptiva

Se orientó a la caracterización integral de las bebidas fermentadas elaboradas con achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava* L.), manteniendo las condiciones originales del proceso. Se analizaron parámetros fisicoquímicos, contenido de polifenoles, presencia de microorganismos y atributos sensoriales. La recopilación de datos incluyó color, aroma, sabor, textura, aceptación sensorial mediante encuestas, complementada con análisis fisicoquímicos concentración de polifenoles y microbiológicos. Asimismo, se documentó el contexto agroindustrial de estas frutas en Ecuador, considerando su disponibilidad estacional, niveles de desperdicio postcosecha y potencial de valorización como insumos para el desarrollo de bebidas fermentadas.

10.2.3. Diseño Experimental

En cuanto al desarrollo de la bebida a base de achotillo y guayaba, la investigación utilizó el diseño factorial DCA (Diseño completamente al azar), $2 \times 2 \times 2$ donde el factor A es tipo de frutas (achotillo y guayaba), factor B es tipo de endulzantes (azúcar y panela), factor C es concentraciones de levadura (0,2g/L y 0,4g/L). Un total de ocho tratamientos y dos controles definidos dentro del arreglo, junto a tres réplicas y tres repeticiones por replica. Cada tratamiento fue evaluado en cinco tiempos durante la fermentación y maduración de la bebida, factor D (1,2,3,4 y 5), considerado el tiempo como un factor secundario, dando un total de 360 unidades experimentales.

Factores en estudio

En el estudio se empleó cuatro factores y en el diseño los factores establecidos se representan como (Ver **Tabla 6**).

Las variables independientes:

Factor A: Tipo de fruta (A1) Achotillo y (A2) Guayaba

Factor B: Tipo de endulzante (B1) Azúcar (450g) y (B2) Panela (350g)

Factor C: Concentración de levadura (g/L): 0,2, 0,4

Factor D (factor secundario): Tiempo (meses): 1,2,3,4,5.

1: Día 0 -10 inicio y desarrollo de la fermentación.

2: Día 11 etapa final de fermentación.

3: Día 12 sulfitacion.

4: Día 24 reposo de la bebida.

5: Día (24-153) maduración de la bebida.

Las variables dependientes:

- **Perfil sensorial:** (apariencia, olor, sabor) y aceptabilidad general.
- **Análisis fisicoquímicos:** sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, grado alcohólico, temperatura, sólidos totales disueltos, conductividad y polifenoles totales.
- **Análisis Microbiológicos:** mohos, levaduras y *E. coli* y coliformes totales.

Tabla 5: Variables independientes y dependientes

Variables Independientes	Variables Dependientes
Tipo de fruta (Achotillo y Guayaba)	Perfil Sensorial (apariencia, olor, sabor)
Tipo de endulzante (Azúcar y Panela)	Aceptabilidad Sensorial
Concentraciones de Levadura (0,2 y 0,4 g/L)	Fisicoquímicos
Tiempo (1-5 meses)	Microbiológicos

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

10.2.4. Tratamientos

Los tratamientos y controles se definieron por la combinación de los tres factores principales en el estudio: tipo de fruta (achotillo y guayaba), tipo de endulzantes (azúcar y panela), concentraciones de levadura (0,2 y 0,4 g/L). Cada tratamiento y control fue evaluado en 5 tiempos, durante la fermentación y maduración.

10.2.5. Controles

En el diseño experimental se incluyeron dos controles, con el propósito de establecer una línea base de comparación frente a los demás tratamientos.

Control 1: achotillo, azúcar y 0,2 g/L de levadura *S. cerevisiae*

Control 2: guayaba, azúcar y 0,2g/L de levadura *S. cerevisiae*

Razones para la selección de ingredientes y concentraciones

10.2.6. Fruta (achotillo y guayaba)

El achotillo y guayaba, se eligieron como controles porque representan las materias primas principales del estudio. Permiten evaluar el comportamiento fermentativo de cada fruta de manera individual, sin la influencia de la panela ni de una mayor concentración de levadura. Funcionan como referencia para identificar las diferencias en los parámetros como acidez titulable, pH, sólidos disueltos totales, grado alcohólico y características sensoriales entre ambas frutas.

10.2.7. Endulzante (azúcar):

Se utilizó como estándar por es el sustrato más común y uniforme en fermentaciones vínicas y de bebidas alcohólicas. Su composición simple (sacarosa) asegura una fermentación mas controlada y reproducible, evitando la variabilidad que podría introducir la panela (que contiene compuestos minerales y melanoidinas). Asimismo, el azúcar permite establecer un patrón de referencia frente al cual se comparan los efectos de la panela.

10.2.8. Concentración de levadura (0,2 g/L):

Se seleccionó como dosis mínima eficaz para garantizar la iniciación de la fermentación alcohólica. Esta concentración es suficiente para observar la cinética básica de la fermentación y sirve como punto de partida frente al nivel superior (0,4 g/L) incluido en el diseño factorial.

En síntesis, los controles se definieron con ingredientes básicos y condiciones mínimas de fermentación para establecer un patrón de referencia. Esto asegura que cualquier diferencia observada en la bebida fermentada de achotillo y guayaba pueda atribuirse de manera confiable a los factores experimentales evaluados.

10.3. Análisis estadísticos

Para las variables dependientes: sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, grado alcohólico, temperatura, (TDS), conductividad y polifenoles, se trabajó bajo un diseño completamente al azar (DCA) con tres factores principales dando como resultados ocho tratamientos con dos controles definidos, con tres réplicas y tres repeticiones por replica analizadas en cinco tiempos

(Factor 4). Los cálculos se realizaron mediante un software “STATGRAPHICS Centurión 19, versión 19.6.04 (64 bits)”. Para la interpretación de los resultados se utilizó el libro de: Anzaldúa (1998). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y práctica, 1998. Con los datos obtenidos se realizó el siguiente análisis estadístico:

- Análisis de varianza general al 0,05 % de significancia.
- Coeficiente de variación representado en porcentaje en las tablas anova generales.
- Prueba de Tukey de rango múltiple al 0,05% de significancia para la comparación de medias de los tratamientos y factores.
- Tukey al 0,05% de significancia para la comparación de todos los tratamientos y los dos controles.

10.3.1. ANOVA

Estadísticamente el análisis de varianza es una técnica que compara todos los promedios entre distintos grupos o tratamientos, con la finalidad de determinar si los controles o factores son estadísticamente diferentes entre ellos o si se deben a una determinación al azar de los grupos o tratamientos para la verificación de un efecto real (Ortega, 2023).

10.3.2. Multifactorial

Complejidad multifactorial donde participa dos o más factores simultáneamente, considerando no solo sus efectos individuales sino también sus interacciones entre factores (SEFO, 2012).

10.3.3. Tukey

Prueba de comparación múltiple que se aplica posterior al anova cuando se detecta diferencias significativas. Nos permite identificar en que tratamiento y factor existen variaciones, comparando cada par de tratamientos, factores y reorganizándolas en categorías homogéneas (SEFO, 2012).

Durante la etapa de fermentación y maduración se utilizó un anova con más de dos factores trabajados en un diseño DCA, considerando como variables independientes la combinación de las diferentes frutas (achotillo y guayaba), con el tipo de endulzante (azúcar y panela), el tiempo de fermentación y maduración dependió de concentraciones levadura (0,2 y 0,4 g/L), tomando en cuenta los análisis de los análisis fisicoquímicos y el contenido total de polifenoles.

Para la evaluación sensorial se recurrió a un ANOVA multifactorial en el cual los 6 tratamientos (T1-T6), 2 controles (Q1-Q2) y 100 consumidores. Las diferencias significativas entre medias de los factores y tratamientos se determinaron mediante pruebas de Tukey.

10.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

10.4.1. Mohos y levaduras

Los análisis microbiológicos de los tratamientos y controles por triplicado de mohos y levaduras en bebida fermentadas son fundamentales para determinar la existencia de, microorganismos que pueden afectar en la calidad del producto obtenido. Se realizó un análisis microbiológico haciendo uso de (compact dry YM), sembrando las disoluciones en 90 ml de agua de peptona con 10 ml de la muestra de bebida fermentada (achotillo o guayaba) con réplicas de (10^{-1} y 10^{-2}) se establecieron en un software de Microsoft Excel, culminado el conteo de las unidades propagadoras (UP) Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529 -10 (1993). Ver **Ecuación 1**

Ecuación 1

$$N = \frac{\Sigma c}{V(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Donde:

Σc : Suma del total de colonias contadas en todas las placas sembradas;

V: Volumen sembrado en cada compact dry (YM);

n_1 : Número de compact dry contaminadas en la primera dilución;

n_2 : Número de compact dry contaminadas en la segunda dilución;

d: Factor de dilución de la primera dilución seleccionada

10.4.2. *Escherichia Coli*

Los análisis microbiológicos de los tratamientos y controles por triplicado de coliformes totales y *E. Coli* en bebida fermentadas son fundamentales para determinar el contenido de estos, microorganismos que pueden influir en el producto final y a su vez en la inocuidad del mismo. Se realizó un análisis microbiológico con el uso de (compact dry EC), sembrando las placas con una dilución en 90 ml de agua de peptona con 10 ml de la muestra de bebida fermentada (achotillo o guayaba) con repeticiones de (10^{-1} y 10^{-2}) se establecieron en un software de

Microsoft Excel, culminado el conteo total de las colonias (UFC), Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529 - 7 (2012).

Ecuación 2

$$\frac{\text{Coliformes}}{\text{ml}} = nxf(\text{UFC})$$

Donde:

n : número de colonias totales

f : factor de dilución

UFC : unidades formadoras de colonias

Tabla 6: Diseño experimental de la investigación.

FACTORES EN ESTUDIO					
Factor (A) Tipo de fruta	Factor (B) Tipo de endulzante	Factor (C) Concentraciones de levadura (g/L)		Tratamientos y Controles	Factor (D) Tiempo
A1 Achotillo	B1 (Azúcar)	C1	0,2	Q1	1
		C2	0,4	T1	2
	B2 (Panela)	C3	0,2	T2	3
		C4	0,4	T3	4
					5
A2 Guayaba	B1 (Azúcar)	C1	0,2	Q2	1
		C2	0,4	T4	2
	B2 (Panela)	C3	0,2	T5	3
		C4	0,4	T6	4
					5

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2026)

10.5. Procedimiento.

10.5.1. Origen de la materia prima.

Se inicio con la cosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.) y el achotillo (*Nephelium lappaceum*) en una finca perteneciente al Señor José Manuel Latacunga, ubicado en el recinto Progreso, forma parte del cantón la Maná, y la provincia de Cotopaxi.



Figura 9: Ubicación geográfica del recinto el Progreso.
Fuente: (Google Maps, 2025).

10.5.2. Materiales y equipos.

La siguiente tabla describe tanto las materias primas utilizadas como a su vez los materiales y equipos usados durante todo el proceso de elaboración de la bebida fermentada.

Tabla 7: Materia prima, materiales y equipo para la elaboración de la bebida.

Materia prima	Materiales	Equipo
Achotillo	Baldes con llave de 4 L	Cocina industrial
Guayaba		
Agua potable	Ollas	Balanza
Panela	Recipientes de plástico de 2 L	Molino manual
Azúcar blanca	Jarras plásticas con medidas	Termómetro
Levadura	Mangueras	Refractómetro
	Botellas de plástico	Bomba de succión
	Papel filtro	Refrigerador
	Embudo	Multiparámetro
	Botellas de vidrio para envasado	

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

10.6. Formulación de los tratamientos.

Se utilizaron frutas tropicales como achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava L.*) para la elaboración de las bebidas fermentadas.

Pulpa de Achotillo + semilla: Por motivo a la dificultad técnica por no separar la pulpa de la semilla debidos a su dificultad se optó por trabajar la pulpa de la fruta con la semilla.

Pulpa de Guayaba + semilla: Se trabajó con la pulpa y semillas, debido a la dificultad técnica para separarlas se optó por trabajar con la pulpa más la semilla.

Haciendo uso de 24 biorreactores elaborados de forma artesanal cada uno con la capacidad de 4 litros totalmente equipados para una fermentación anaeróbica. Todos los biorreactores fueron

sellados con la finalidad de evitar la entrada de oxígeno conectado a una trampa de agua hecha de forma artesanal con una botella y manguera con la finalidad de permitir la salida del CO₂ generado durante la fermentación evitando así el aumento de presión interna y garantizando un ambiente anaeróbico controlado (Rosales, 2019).

Tabla 8: Formulación del mosto para cada tratamiento y control.

T	Materia prima	Cantidad de mosto (g)	Agua (L)	Endulzante (g)	Tipo de endulzante	Levadura (g/L)
Q ₁	Pulpa de Achotillo + semilla	327	2	450	Azúcar	0,2
T ₁	Pulpa de Achotillo + semilla	327	2	450	Azúcar	0,4
T ₂	Pulpa de Achotillo + semilla	327	2	450	Panela	0,2
T ₃	Pulpa de Achotillo + semilla	327	2	450	Panela	0,4
Q ₂	Pulpa de Guayaba + semilla	580	2	350	Azúcar	0,2
T ₄	Pulpa de Guayaba + semilla	580	2	350	Azúcar	0,4
T ₅	Pulpa de Guayaba + semilla	580	2	350	Panela	0,2
T ₆	Pulpa de Guayaba + semilla	580	2	350	Panela	0,4

Donde: T: tratamientos (T₁-T₆); Donde: Q: Controles (Q₁-Q₂); Rango: (T₁-T₄); Q₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₁ (Achotillo + semilla con azúcar+ 0,4g/L); T₂ (Achotillo + semilla con panela+0,2g/L); T₃ (Achotillo + semilla con panela+ 0,4g/L); Q₂ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₄ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₅ (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T₆ (Guayaba + semilla con panela +0,4g/L).

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

10.7 Cálculos y formulaciones para elaborar la bebida fermentada.

Para realizar los siguientes cálculos como: rendimiento, gramos y ml. Nos basamos en el trabajo investigativo de (Cajamarca, 2017) Ver **Ecuación 3**

Cálculo del rendimiento del mosto en el birreactor.

Mosto PG: 6,960 kg X 1000 = 6960 gr /12= 593 gr

Mosto PA: $3,931\text{kg} \times 1000 = 3931 \text{ gr} / 12 = 327 \text{ gr}$

- **Cálculo de la cantidad de ml de agua en el birreactor.**

Los ml de agua a utilizar:

$2000 \text{ ml} - 593 \text{ gr} = 1407 \text{ ml}$ en guayaba

$2000 \text{ ml} - 327 \text{ gr} = 1673 \text{ ml}$ en achotillo

- **Formulación para los endulzantes añadidos.**

Ecuación 3

$$Gr = \frac{Pj (\text{°}Bd - \text{°}Ba)}{100 - \text{°}B.D}$$

Donde:

Pj: Cantidad total en ml del vino

°Bd: Son los °brix deseados

°Ba: Son los °brix actuales

- **En vino de guayaba:**

$$Gr = \frac{2000\text{ml} (20^{\circ} - 6^{\circ})}{100 - 20^{\circ}} = 350 \text{ gr}$$

- **En vino de achotillo:**

$$Gr = \frac{2000\text{ml} (20^{\circ} - 2^{\circ})}{100 - 20^{\circ}} = 450 \text{ gr}$$

10.8. Levadura añadida (*S. cerevisiae*)

La cantidad de levadura utilizada se determinó con base en la metodología propuesta por Vargas (2016). Todas las formulaciones de los tratamientos se prepararon en un volumen estándar de 2 litros. Se seleccionó la levadura *S. cerevisiae*, la cual fue activada durante 30 minutos en 10 mL de agua a 38 °C. Las concentraciones iniciales de levadura fueron de 0,2 g/L, incorporando además una variación experimental de 0,4 g/L de *S. cerevisiae* para evaluar su efecto en el proceso fermentativo.

10.9. Proceso de elaboración de la bebida alcohólica fermentada de achotillo y guayaba.

Cosecha

Se cosechan los frutos de la guayaba y achotillo en un estado de madurez óptimo el cual se caracteriza por el aspecto visual el color y el aspecto físico su textura (Reyes, 2020).

Recepción

Las materias primas fueron llevadas al respectivo laboratorio de procesamiento se colocaron sobre una mesa limpia, al mismo tiempo haciendo uso de diferentes utensilios se procedió a quitar impurezas presentes en la cosecha.

Selección

De forma manual se seleccionó las frutas que cumplían los requisitos establecidos por la, Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1751 (2012).

Lavado

Se lavaron las frutas seleccionadas con abundante agua potable para eliminar impurezas como polvo favoreciendo la higiene del proceso y reduciendo el riesgo de contaminaciones.

Formulación del mosto

En recipientes sanitizados se mezclaron pulpa de las frutas achotillo y guayaba según el tratamiento: (pulpa + semilla de achotillo) y (pulpa + semilla de guayaba) con H₂O purificada y con los endulzantes correspondientes (azúcar o panela), a una concentración determinada en la (**Ecuación 1**), señalada homogenizando completamente el mosto.

Activación de la levadura

La activación se realizó hidratando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en agua ligeramente caliente (10 mL) a 38 °C durante 30 min para asegurar su activación completa al momento de concentrarse con en el mosto.

Fermentación primaria

La fermentación llevada a cabo en una temperatura ambiente de aproximadamente 21 a 25°C, este periodo se observó una disminución en los (SST) y un incremento del grado alcohólico.

Trasiego

Los residuos se separaron mediante el uso de una malla de tela con la finalidad de separar el líquido de las impurezas generadas durante la fermentación luego se dejó en reposo durante 15 días con la finalidad de la aclaración de la bebida.

Sulfitación

Después del trasiego se añadió 0,1 g/L bisulfito de sodio (NaHSO_3) con la finalidad de estabilizar la fermentación y de inhibir el crecimiento microbiano y la oxidación de los compuestos fenólicos (Vargas, 2016).

Filtrado

El filtrado se realizó haciendo uso de una malla de tela de 0.05 micras se eliminaron las impurezas y restos del mosto degradado por las levaduras en el proceso de fermentación presentes en las bebidas.

Embotellado

Para el embotellado de las bebidas se realizó en botellas con capacidad de 750 ml cada una previamente esterilizadas y listas para su uso, se dejó un espacio entre el corcho y el líquido con la finalidad de un mejor sellado todo este proceso se realizó bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1837 (2022).

Pasteurización

Todas las botellas resultantes del embotellamiento se sometieron a un tratamiento térmico a una temperatura de 73°C con un lapso de 3 min con la finalidad de no degradar sus compuestos fenólicos y mantener su perfil microbiológico.

Almacenado y Maduración

El almacenamiento se realizó en el cuarto frío el cual está sometido a una temperatura de 4°C con el fin de mantener el producto inocuo y apto para el consumo (Ver **Figura 10**).

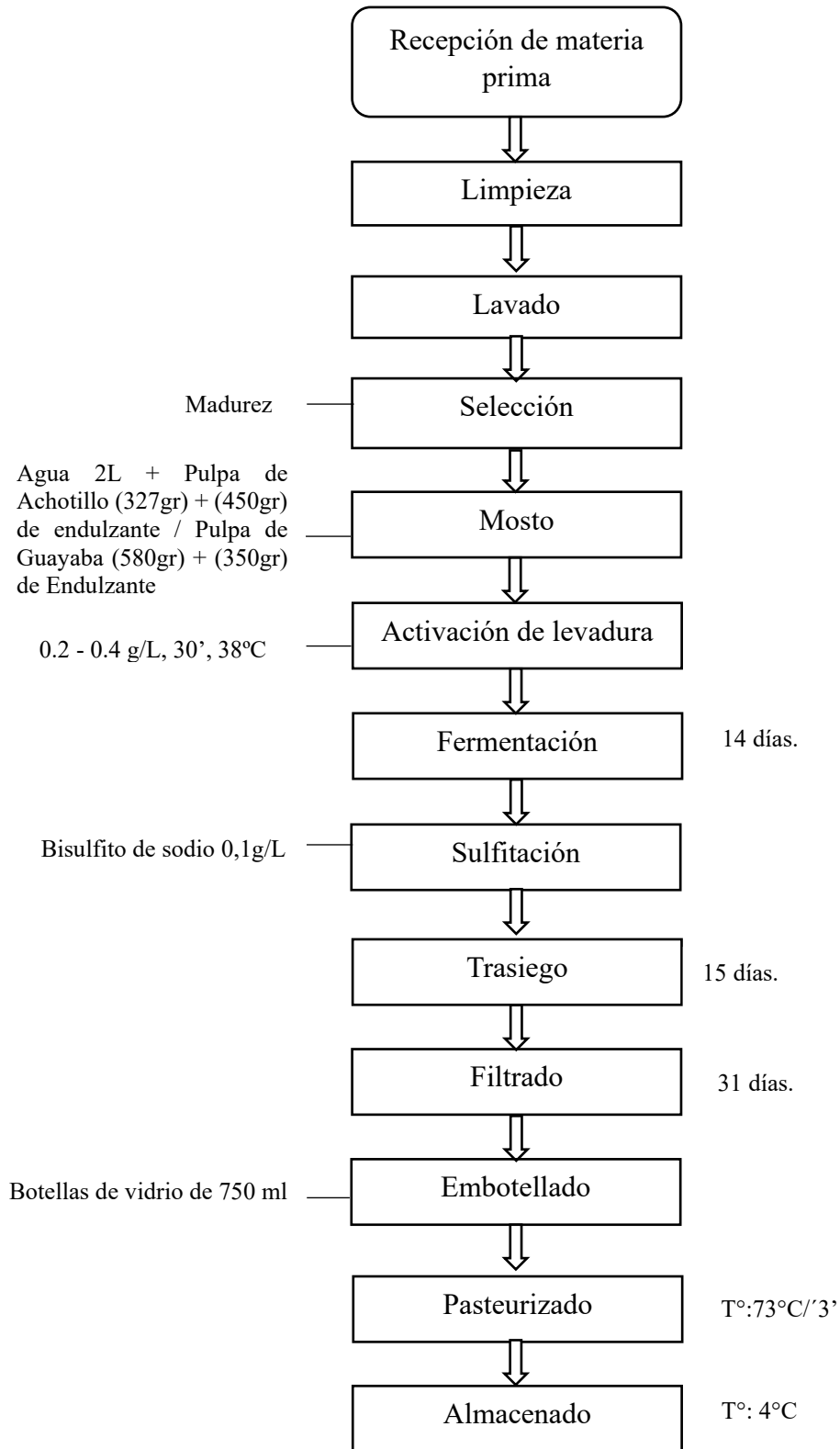


Figura 10: Proceso de la elaboración de la bebida fermentada a base de achotillo y guayaba

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

10.10. ANÁLISIS FÍSICOS REALIZADOS EN LA MATERIA PRIMA.

10.11. MÉTODO FÍSICO DE LA SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

Empezando con una selección física de las materias primas constituyo una fase fundamental en la elaboración de las bebidas fermentadas, ya que garantizo que las frutas utilizadas presentaran condiciones óptimas de calidad y seguridad. Para la selección del achotillo (*Nephelium lappaceum*) y la guayaba (*Psidium guajava* L), se inició con las inspección visual y manual de los lotes recibidos del proveedor agrícola, descartándose aquellas frutas que mostraban daños mecánicos, signos de sobre maduración, presencia de plagas o cualquier tipo de alteración como: color uniforme, firmeza y aroma fresco. Posteriormente, se procedió a la clasificación del achotillo y guayaba según su tamaño y estado de madurez. En el caso del achotillo, para la selección se basó en la coloración característica de la cascara, mientras que, para la guayaba, se priorizaron frutos con textura firme y libres de manchas superficiales. Este proceso permitió asegurar la homogeneidad de la materia prima y garantizar condiciones óptimas para el desarrollo del proceso fermentativo. (Macias & Saenz, 2025). Asimismo, se verifico que la materia prima final cumpliera con los estándares nacionales de calidad e inocuidad establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1911 (2016) y con los lineamientos internacionales del Codex Alimentarius (CXC 53, 2003).

10.11.1. Cálculo del rendimiento (%)

El rendimiento se obtuvo, realizando una separación manual de la cáscara, de la pulpa de la fruta con la semilla, utilizando una balanza digital (BOECO, Germany) para pesar ambas partes de la materia prima, siguiendo una formulación para obtener un cálculo para el rendimiento.

Ecuación 4

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso útil de pulpa con Semilla}}{\text{Peso inicial con cáscara del fruto}} \times 100$$

10.12. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

10.12.1. pH

El pH en las bebidas fermentadas es un análisis primordial de este depende tanto la calidad, estabilidad del producto obtenido. Se realizó la medición del pH haciendo uso de un potenciómetro de la marca (STIRRER, PL-700PC), equipado con dos electrodos el potenciómetro fue calibrado previamente con soluciones tampón de un pH 4 y 7 respectivamente. Para la toma del análisis se procedió a realizar en un vaso de precipitación de 10 ml la muestra fue analizadas en una temperatura ambiente todo bajo la conformidad de la, Norma Técnica Ecuatoriana INEN 374 (2016).

10.12.2. Sólidos solubles totales

En procesos como la fermentación, los sólidos solubles totales o (° Brix) son un parámetro fundamental al medir la concentración de glucosa y fructosa presentes en el mosto. Haciendo el uso de un refractómetro (BOECO, Germany). Los resultados obtenidos fueron se expresaron en forma de promedios, señalando la cantidad de (SST) en la muestra evaluada, lo cual es fundamental para la fermentación alcohólica, Norma Técnica Ecuatoriana INEN 372 (2016).

10.12.3. Conductividad y Sólidos disueltos totales (TDS)

La medición de (TDS) en bebidas fermentadas es fundamental en la evaluación de las concentraciones de compuestos solubles que determinen la calidad de las bebidas y su estabilidad Aguilar (2019). En torno a la de la bebida fermentada de achotillo y guayaba, los TDS se midieron en un multiparámetro, los valores pueden variar dependiendo la formulación de los tratamientos y controles y los ingredientes usados en cada uno de los mismos, afectando su sabor y percepción de la textura. Se mide con un medidor de conductividad, que traduce la cantidad de (TDS) y conductividad (us/cm) y Sólidos disueltos totales (mg/l), permitiendo ajustes en la composición de la bebida fermentada para mejorar su equilibrio (Panachlor, 2010).

10.12.4. Alcohol

El grado alcohólico en las bebidas fermentadas se considera un parámetro esencial en la determinación y percepción del perfil sensorial. La medición se realizó haciendo uso de un alcoholímetro digital donde se utilizan las muestras de las bebidas fermentadas cada muestra fue evaluada por triplicado y observando su grado alcohólico antes de la fermentación y después a su vez en la maduración. También se puede utilizar otros métodos, para evaluar el contenido de alcohol, utilizar los grados brix actuales, teniendo en cuenta que 1°Brix válido representa

(0,55 – 0,60%) de Alcohol, considerando la pérdida de azúcar durante la fermentación y maduración. Posteriormente multiplicar los grados brix validos por (0,55 – 0,60 %) estos rangos son considerados como indicadores de cuánto porcentaje de alcohol se genera por cada grado brix útil (Montana, 2016).

10.12.5. Temperatura

En bebidas fermentadas la temperatura constituye un factor crítico en la fermentación, la bebida de achotillo y guayaba, requiere un monitoreo constante de temperatura ya que esta puede favorecer a la producción de compuestos aromáticos y alteraciones de sabor (Castellano & Ramirez, 2005). Se midió haciendo el uso de un termómetro digital, asegurando que la temperatura se mantenga en un rango de 15°C y 25°C, dependiendo del tipo de fermentación en cual este realizando (Cevallos, 2022).

10.12.6. Acidez Titulable

La titulación ácido-base en las bebidas fermentadas permitió determinar la acidez titulable de la muestra, un análisis esencial para el perfil sensorial y la reología del producto (Villapanda, 2017). Haciendo el uso de hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0,1 N se valorizo la cantidad de acidez de cada muestra, utilizando fenolftaleína como una base alrededor de(5 gotas) por cada muestra. Tomando 5 ml de muestra de la bebida fermentada de achotillo y guayaba, las cuales se diluyeron en 25 ml de agua destilada y posteriormente se titularon hasta observar cómo indicador un cambio de color en la muestra lo que evidenció la neutralización de los ácidos por parte de la base. La acidez titulable se expresó en g/L de ácido tartárico (Villapanda, 2017).

Ecuación 5

$$\%Acidez = \frac{V * N * f * 100}{P}$$

V= Volumen de hidróxido de sodio consumido en la titulación (ml).

N= Normalidad del NaOH (0.1N)

f= Factor de conversión del ácido (ácido tartárico, ácido láctico y málico)

P= peso de la muestra en gramos de bebida fermentada en (g)

10.12.7. Polifenoles

Para su determinación, se preparó una curva de ácido gálico a partir de una dilución de 1000 µg/ml, con diferentes concentraciones de 0, 10, 50, 75, 100, 250, 500 y 1000 ppm, conservadas un lugar frío y oscuro, los polifenoles se extrajeron mediante un mezclando 500 µL de muestra con 1000 µL de metanol (1:2 v/v) y 500 µL de NaF (2 mM), homogeneizando la mezcla y centrifugándola a 4000 rpm durante 15 min a 20 °C para recuperar el sobrenadante luego se tomaron 100 µL del extracto, se adicionaron 6 ml de agua destilada y 500 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu, dejando reposar la mezcla en oscuridad durante 8 min posteriormente se agregaron 1500 µL de carbonato de sodio al 75 % y se completó el volumen a 10 ml con agua destilada, manteniéndose en un lugar oscuro a temperatura ambiente por 2 h. Las lecturas obtenidas fueron analizadas mediante espectrofotometría a 765 nm, siguiendo el protocolo descrito por García et al., (2001).

10.13. Evaluación sensorial

Se realizó un análisis sensorial de manera hedónica con una escala numérica del 1 al 9 determinando características organolépticas de la bebida fermentada, para obtener un perfil sensorial y una aceptabilidad del producto hacia los consumidores (Anzaldúa, 1998).

10.13.1. Perfil Sensorial

Con el propósito de obtener una caracterización sensorial más precisa de la bebida fermentada, se realizó una evaluación de diferentes atributos agrupados tanto como en los perfiles de apariencia, sabor y olor de la bebida alcohólica elaborada con achotillo y guayaba. Para este análisis se seleccionaron diez panelistas con consumo habitual de bebidas alcohólicas, aplicando el modelo de evaluación sensorial propuesto por Castaño (2019).

10.13.2. Parámetros de evaluación sensorial:

Los parámetros de evaluación sensorial se definieron considerando los atributos fundamentales que describen la percepción organoléptica de la bebida fermentada. Los perfiles sensoriales incluyeron: apariencia, olor y sabor, cada uno evaluado mediante escalas estructuradas que permitieron cuantificar la respuesta de los panelistas. En el perfil de apariencia se valoraron aspectos como color, brillo, limpieza, transparencia y cuerpo de la copa; en el perfil olfativo se analizaron olor frutal, persistencia, balance y armonía; mientras que en el perfil de sabor se

evaluaron la acidez, dulzor, astringencia, picor, balance y armonía del producto. Estos parámetros permitieron obtener una caracterización sensorial integral de la bebida fermentada.

Perfil Apariencia

- **Color:** Varía según el tipo de bebida fermentada (blanco, rosado, tinto) se evalúa tonalidad y la limpieza visual.
- **Brillo y limpieza:** La bebida fermentada debe ser transparente y libre de partículas en suspensión o turbidez.
- **Cuerpo (en la copa):** Se observa la densidad, viscosidad de la bebida fermentada a través, de las “lágrimas” que se forman al agitar la copa, relacionando el contenido de alcohol etc.

Perfil olor

- **Olor frutal:** Intensidad de aromas primarios (frutas frescas, maduras, tropicales, cítricas rojas, según el tipo de bebida fermentada).
- **Balance y armonía:** Influencia de aromas frutales, herbales, especias etc. Sin que uno domine en la bebida,
- **Persistencia aromática:** Estabilidad y duración de los aromas, tanto en la primera impresión luego de agitar la copa.

Perfil Sabor

- **Dulzor:** Sensación del dulzor residual, puede ir desde el seco hasta el dulce, según el estilo de la bebida fermentada.
- **Acidez:** Frescura en el paladar, capacidad de contribuir al equilibrio y capacidad de envejecimiento.
- **Cuerpo (sabor):** Es la sensación de peso o volumen que deja la bebida en la boca. Un cuerpo alto percibe más denso y lleno, mientras que uno bajo se siente más ligero.
- **Astringencia:** Sensación de aspereza o sequedad, especialmente en el paladar y lengua. En exceso es indeseable, pero un cierto nivel puede aportar complejidad.
- **Balance y armonía (sabor):** Es la integración adecuada de diferentes sabores como: dulzor, acidez, cuerpo, astringencia y posibles notas fermentativas.
- **Picor:** Es la sensación táctil similar a una leve efervescencia o estímulo punzante, que aparecer si hay presencia de compuestos fermentativos como ácidos volátiles o gas

carbónico natural, teniendo en cuenta niveles agradables (Documentación Sensorial Vinícola, 2016).

10.13.3. Evaluación grado de aceptabilidad

Para determinar la preferencia sensorial de la bebida fermentada, se aplicó una escala hedónica estructurada en la **Tabla 9** a un total de 100 consumidores, de género masculino y femenino en todos con un rango de edad 18 a 50 años. Se evaluaron ocho tipos de muestras, cada una identificada con diferentes codificaciones de cuatro dígitos, con el fin de garantizar la imparcialidad en la valoración. La encuesta se diseñó utilizando un sistema de valoración ordinal de nueve categorías, siendo (1) ‘Extremadamente desagradable’ y (9) ‘Extremadamente agradable’, conforme a la metodología propuesta por Anzaldúa (1998).

Tabla 9: Escala hedónica

Escala 1 – 9	
1	Extremadamente desagradable
2	Muy desagradable
3	Bastante desagradable
4	Desagradable
5	Ni desagradable ni agradable
6	Agradable
7	Bastante agradable
8	Muy agradable
9	Extremadamente agradable

Fuente: (Anzaldúa, 1998).

11. RESULTADOS Y DISCUSIONES

11.1 Resultado de los Cálculos en las bebidas fermentadas

Guayaba PG: 7,1225 Kg **Mosto PG:** 6,960 Kg **Rendimiento:** 97,9%

Achotillo PA: 7,0655 Kg **Mosto PA:** 3,9316 Kg **Rendimiento:** 55,7%

- **Endulzantes**

Endulzante en Guayaba: 350 gr **Endulzante en Achotillo:** 450 gr

- **Cantidad de agua en ml en relación al mosto**

2000 ml – 593 gr de mosto = 1407 ml en guayaba

2000 ml – 327 gr de mosto = 1673 ml en achotillo, (Ver Pág. 28)

11.2. Análisis fisicoquímicos durante la fermentación

11.2.1. Comparación de los (SST) en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura

El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 10**, corresponde al parámetro de sólidos solubles totales, donde se evidenciaron para los tratamientos y factores diferencias significativas.

Tabla 10: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de sólidos solubles totales de la bebida.

Factores	SC	GL	MS	Razón - F	Valor- P 0.05%
Total	2698,4	359	-	-	-
Tratamientos	1654,8	7	236,4	708,9	*
A-Fruta	24,1	1	24,1	72,5	*
B-Endulzante	1493,6	1	1493,6	4479,2	*
C-Levadura	28,0	1	28,0	84,13	*
D-Día	877,1	4	219,2	657,6	*
AB	90,1	1	90,1	270,1	*
AC	2,8	1	2,8	8,6	*
AD	3,4	4	0,8	2,5	*
BC	5,8	1	5,8	17,5	*
BD	0,9	4	0,2	0,7	NS
CD	12,3	4	3,0	9,2	*
ABC	10,1	1	10,1	30,2	*
ABD	27,5	4	6,8	20,7	*
ACD	1,2	4	0,3	0,9	NS
BCD	2,8	4	0,7	2,1	NS
ABCD	11,2	4	2,8	8,4	*
E. Ex	106,7	320	0,3	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día); SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón- F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos) * (Diferencias Significativas <0.05 %). Promedio: 11,437; CV: 5,049%

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Hipótesis nula: Ho: Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: Ha: Los tratamientos no son iguales

Los factores del A al D se aceptó la Ha y se rechazó la hipótesis nula. El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 10**, evidencia las diferencias significativas ($p < 0.05\%$) en los factores, tratamientos y sus interacciones. El promedio de los sólidos solubles totales de las bebidas fue 11,43. El coeficiente de variación (CV) fue 5,04%, el valor reflejado expresa una baja heterogeneidad de los datos. Las interacciones entre: AB (fruta, endulzante), BC (endulzante, levadura) y ABC (fruta, endulzante, levadura) también fueron significativas, sin embargo, las demás interacciones como BD, ACD y BCD, no mostraron diferencia significativa (NS).

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y factores evaluados. Por esta razón, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar específicamente qué tratamientos y qué niveles de los factores presentaron medias estadísticamente iguales entre sí y cuáles difirieron de manera significativa (Ver tablas **11,12,13,14, 15 y 16**).

Tabla 11: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales factor tratamientos.

Tratamientos	Promedio (Us/cm)	Rango Tukey
T1	14,3	F
Q1	14,1	
Q2	13,2	E
T4	12,3	D
T5	10,0	E
T2	9,6	BC
T6	9,3	B
T3	8,7	A
Error estándar	0,08	

Dónde: (T1-T6), son los tratamientos y (Q1-Q2), son los controles. Promedio de 45 tratamientos de bebida fermentada de (achotillo – guayaba) y 2 controles.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025).

El tratamiento T1 (achotillo, azúcar, 0,4 g/L de levadura) y el control Q1(achotillo, azúcar, 0,2 g/L de levadura), presentaron la mayor concentración de sólidos solubles en comparación con el resto de tratamientos. Este comportamiento puede atribuirse a la adecuada disponibilidad de

azúcares presentes en el mosto, favoreciendo una actividad metabólica por parte de las levaduras incluso a bajas concentraciones de levadura. En este sentido, la dosis mínima de levadura utilizada en el control (Q1) fue suficiente para desencadenar una fermentación eficiente, mientras que el incremento en la concentración de levadura en T1 no generó un aumento proporcional en sólidos solubles totales, sugiriendo un equilibrio en la cinética fermentativa.

Estos resultados coinciden con lo reportado en fermentaciones de frutas tropicales como guayaba y maracuyá, donde se ha observado que la concentración de (SST) depende más de la composición inicial del sustrato que de la cantidad de levadura inoculada (Alvarado *et al.*, 2022), (Ver **Tabla 11**).

Tabla 12: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia para de sólidos solubles totales factor fruta.

Factor	Promedio	Rango Tukey
A: Fruta		
A1	11,7	B
A2	11,2	A
Error estándar	0,04	

Dónde: (A1); Achotillo (A2); Guayaba. Promedio de 180 determinaciones del factor fruta.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 12** en el tipo de fruta presenta diferencias significativas ($p < 0,05$), evidenciando dos rangos: A2 (guayaba) se ubicó en el rango A, con un valor inferior de 11,2 de sólidos solubles totales, mientras que A1 (achotillo) se situó en el rango B, con un valor superior de 11,7. Este resultado indica que la incorporación de achotillo en la formulación incrementó el contenido de sólidos solubles totales, lo cual se relaciona directamente con el aporte de azúcares y otros solutos presentes en el mosto. Asimismo, Rodríguez *et al.*, (2020), encontraron que los jugos cítricos presentan variaciones en sólidos solubles totales (7,35–14,62), lo que confirma que la composición de la fruta es un factor determinante en la calidad fisicoquímica de las bebidas. De igual manera, la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2337 (2008), establece que el nivel de sólidos solubles totales constituye un parámetro esencial para la caracterización y aceptación de jugos, néctares y bebidas de frutas, reforzando la importancia de este indicador en la industria agroalimentaria (Valenzuela, 2023).

Investigaciones recientes acerca de: Bebidas alcohólicas destiladas con frutas tropicales ecuatorianas, resaltan que la composición química de la fruta y el tipo de endulzantes, son factores claves en la dinámica fermentativa, especialmente en los procesos de transformación de azúcares en alcohol (Gordillo, 2022).

Tabla 13: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales factor endulzante.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
B: Endulzante		
B1	13,5	B
B2	9,4	A
Error estándar	0,04	

Donde: (B1); Azúcar (B2); Panela. Promedio de 180 determinaciones del factor endulzante.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 13** señala que el tipo de endulzante B2: (panela) se agrupó en el rango A, con un valor de 9,4 más bajo y el tipo de endulzante B1: (azúcar) se ubicó en el rango B, con un valor alto de 13,5, confirmando que el tipo endulzante varió significativamente en los sólidos solubles totales. Este comportamiento demuestra que la naturaleza del endulzante influyó directamente en la concentración de sólidos solubles totales, lo cual se explica por la composición química de cada sustrato. La panela, al ser un producto menos refinado, contiene compuestos adicionales como minerales y melanoidinas que reducen la proporción de azúcares simples disponibles para la fermentación. En contraste, el azúcar refinado aporta una mayor cantidad de sacarosa pura, lo que incrementa la disponibilidad de carbohidratos fermentables y, por ende, los sólidos solubles iniciales. Estos resultados coinciden con lo reportado en fermentaciones alcohólicas de guayaba (*Psidium guajava* L.) utilizando la levadura *Kluyveromyces marxianus*, donde se evaluaron endulzantes como azúcar y panela, encontrándose que la composición del sustrato afecta directamente la disponibilidad de azúcares fermentables y, por ende, los sólidos solubles iniciales del medio (Sosa, 2024). De manera similar, investigaciones en bebidas fermentadas de frutas tropicales han demostrado que el tipo de endulzante y la fruta utilizada determinan la concentración de azúcares disponibles, lo cual repercute en la calidad fisicoquímica y sensorial del producto final (Rodríguez *et al.*, 2020).

Tabla 14: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales del factor levadura.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
C: Levadura		
C1	11,7	B
C2	11,2	A
Error estándar	0,04	

Donde: (C1);0,2g/L de levadura (C2);0,4g/L de levadura. Promedio de 180 determinaciones del factor Levadura.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 14**, señala que las concentraciones de levadura C2: (0,4g/L) se agrupó en el rango A, con un valor de 11, 2% más bajo y la concentración de levadura C1: (0,2g/L) se ubicó en el rango B, con un valor alto de 11,7%, confirmando que la concentración de levadura influyó significativamente en los sólidos solubles totales, reflejando la relación directa entre la cantidad de inóculo y la velocidad de consumo de azúcares fermentables. En efecto, una mayor concentración de levadura acelera la metabolización de los azúcares, reduciendo los sólidos solubles en menor tiempo, mientras que una menor concentración prolonga el proceso y mantiene valores más altos de °Brix durante la fermentación (Valenzuela, 2023). Este comportamiento concuerda con lo reportado en fermentaciones de frutas tropicales y vinos artesanales, donde se ha demostrado que dosis más altas de levadura reducen rápidamente los °Brix iniciales, mientras que dosis más bajas permiten conservar un mayor contenido de azúcares disponibles por más tiempo (Lucero *et al.*, 2015; Valenzuela, 2023). Este comportamiento es consistente con lo reportado en estudios de fermentación de vino de fresa con miel, donde se observó que variaciones en la concentración de levadura modifican los °Brix iniciales y finales, afectando la composición fisicoquímica y sensorial del producto (Lucero *et al.*, 2015).

Tabla 15: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos solubles totales factor tiempo.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
D: Tiempo		
1	12,8	E
2	12,4	D
3	12	C
4	11,6	B
5	8,5	A
Error estándar	0,06	

Donde: Tiempo de fermentación: 1: día 0 inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) maduración de la bebida. Promedio: de 72 determinaciones.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 15**, muestra la tendencia decreciente de (SST) al pasar el tiempo de fermentación y maduración: el día 5 fue ubicado en el rango inicial A, con valores de (8,5), mientras que los días 4,3, 2 y 1 se situaron en rangos posteriores B, C, D y E, con valores de (11,6, 12, 12.4 y 12,8), respectivamente asociados a los valores más altos. Esta disminución progresiva confirma la degradación de los azúcares por parte de la levadura, fenómeno característico de la fermentación alcohólica.

Lo reportado coincide con Lucero et al., (2015) quien observo una reducción constante del contenido de °Brix en bebidas fermentadas de frutas debido a la conversión de carbohidratos en etanol y CO₂. De manera similar, Sosa et al., (2024) señalan que la disminución de sólidos solubles es determinante y tiene que ver directo con la actividad metabólica de las levaduras y del agotamiento gradual del sustrato disponible.

Tabla 16: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de los sólidos solubles totales controles vs tratamientos.

Tratamiento	$ \bar{x}_i - \bar{x}_c $	Diferencia de control
Q1 - T1	0,21	NO
Q1 - T2	4,48	SI
Q1 - T3	5,45	SI
Q2 – T4	0,81	SI
Q2 – T5	3,15	SI
Q2 – T6	3,81	SI

Donde: Los tratamientos evaluados (T1 - T6) y dos controles (Q1 -Q2). Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_c|$. Excede D (0.05%) = 0,37 el límite de este entonces la media del tratamiento correspondiente es diferente a la del Q1 y Q2.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Ho: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$; El tratamiento es igual al tratamiento control.

Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$; El tratamiento no es igual al tratamiento control

La **Tabla 16** muestra que se aceptó la hipótesis nula $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$ únicamente para el control 1 y el tratamiento 1, lo que evidencia que entre ellos no existen diferencias significativas. Sin embargo, para los demás controles y tratamientos se aceptó la hipótesis alternativa $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$, indicando la presencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). En consecuencia, la hipótesis nula se rechaza en la mayoría de los casos, confirmando que los tratamientos presentaron valores de sólidos solubles distintos a los controles. Este hallazgo demuestra que el tipo de endulzante influye en la concentración de sólidos solubles, en relación con la sacarosa presente en las frutas, y que la combinación de factores experimentales (fruta, endulzante, concentración de levadura y tiempo de fermentación) modifica de manera significativa el comportamiento del producto.

Desde una perspectiva de innovación, que los tratamientos se distingan de los controles resulta positivo, ya que evidencia que la manipulación de las variables fermentativas permite obtener bebidas diferenciadas. Esto respalda la idea de que la formulación y el diseño experimental son herramientas clave para generar productos con características fisicoquímicas y sensoriales únicas, aportando valor agregado y potencial competitivo en el desarrollo de bebidas fermentadas.

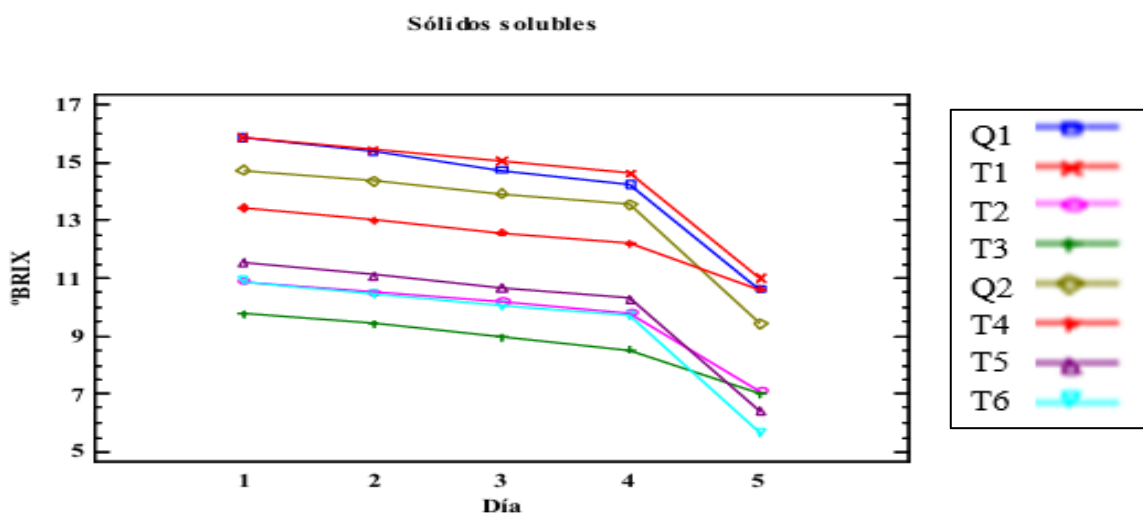


Figura 11: Comportamiento de los sólidos solubles de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.

Donde: T: tratamientos (T₁-T₆); Donde: Q: Controles (Q₁-Q₂); Q1 (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T1 (Achotillo + semilla con azúcar + 0,4g/L); T2 (Achotillo + semilla con panela + 0,2g/L); T3 (Achotillo + semilla con panela + 0,4g/L); Q2 (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T4 (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T5 (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T6 (Guayaba + semilla con panela + 0,4g/L). Tiempo de fermentación: 1: día 0 inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación; 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 - 153) y maduración.

La **Figura 11**, evidencia una disminución progresiva de los sólidos solubles totales en la mayoría de los tratamientos a lo largo del tiempo. Este comportamiento se atribuye a la actividad metabólica de las cepas de levaduras presentes en las frutas tropicales, las cuales continuaron metabolizando el azúcar residual disponible en el medio (Soto Mora *et al.*, 2021). La reducción de °Brix refleja la conversión de azúcares simples en etanol, dióxido de carbono y metabolitos secundarios, proceso característico de la fermentación alcohólica. Este patrón demuestra que los tratamientos T1 y Q1 presentaron valores iniciales y finales de °Brix más altos en comparación con el resto, lo que sugiere que la dinámica fermentativa en estos casos fue más lenta o que existió una mayor disponibilidad de azúcares residuales. Dicho comportamiento puede relacionarse con la interacción entre la concentración de levadura y el tipo de endulzante, factores que condicionan la velocidad de consumo de los azúcares y, por ende, la evolución de los sólidos solubles a lo largo del proceso.

La disminución de sólidos solubles es un indicador directo de la eficiencia fermentativa, ya que la levadura utiliza la sacarosa, glucosa y fructosa como principales fuentes de energía. A medida que avanza la fermentación, la concentración de azúcares se reduce, lo que se traduce en un descenso de los sólidos solubles medidos. Este estándar ha sido ampliamente reportado en fermentaciones de frutas tropicales y vinos artesanales, donde la cinética fermentativa muestra una caída constante de los °Brix hasta alcanzar un punto de estabilización (Cruz et al., 2025)

Desde una perspectiva práctica, este comportamiento confirma que la fermentación fue activa y sostenida, y que la levadura logró adaptarse al medio, incluso en condiciones de variabilidad en la concentración inicial de azúcares. Además, la disminución de sólidos solubles está estrechamente relacionada con la calidad final del producto, ya que determina el nivel de dulzor residual, el cuerpo de la bebida y su aceptación sensorial.

11.2.2. Comparación del pH en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la **Tabla 17**, correspondiente al parámetro de pH, evidenció la presencia de diferencias significativas en varios factores: (B), (C), (D), tipo de endulzantes (B), concentraciones de levadura (C) y el tiempo (D). Por el contrario, el factor fruta (A) no mostró diferencias significativas, lo que indica que el tipo de fruta empleada no influyó de manera significativa sobre los valores de pH.

Tabla 17: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de pH de las bebidas.

Factores	SC	GL	MS	Razón - F	Valor- P 0.05%
Total	26,197	359	-	-	-
Tratamientos	14,755	7	2,107	159,26	*
A-Fruta	0,014	1	0,013	1,04	NS
B-Endulzante	13,098	1	13,098	986,61	*
C-Levadura	0,365	1	0,365	27,61	*
D-Día	6,127	4	1,531	157,73	*
AB	1,063	1	1,063	80,37	*
AC	0,081	1	0,081	6,14	*
AD	0,043	4	0,010	0,82	NS
BC	0,095	1	0,095	7,23	*
BD	0,041	4	0,010	0,78	NS
CD	0,010	4	0,002	0,20	NS
ABC	0,037	1	0,037	2,80	NS
ABD	0,347	4	0,086	6,57	*
ACD	0,173	4	0,043	3,27	*
BCD	0,024	4	0,006	0,46	NS
ABCD	0,437	4	0,109	8,27	*
E. Ex	4,23	320	0,013	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día); SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón -F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos) * (Diferencias Significativas < 0.05%). Promedio: 2,962%; CV: 3,884%.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Hipótesis nula: Ho: Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: Ha: Los tratamientos no son iguales

Para el factor A, se aceptó la hipótesis nula, y se rechazó la hipótesis alternativa, el tipo de fruta no influyó en el parámetro del pH. El pH obtuvo un promedio de 2,96%. El coeficiente de variación (CV) fue de 3.88%, el valor refleja una baja heterogeneidad entre los datos. Para los factores: B, C, y D, se aceptó la hipótesis alternativa y se rechazó la hipótesis nula. Los valores en la **Tabla 17** manifestaron diferencias significativas para los factores y tratamientos.

En relación con las interacciones, se observaron efectos significativos en: BC (endulzante, levadura), ABD (fruta, endulzante, día), ACD (fruta, levadura, día) y ABCD (interacción

cuádruple), esto sugiere que la respuesta no depende únicamente de cada factor de forma aislada, sino también de cómo se combinan entre sí. En investigaciones sobre jugos y néctares, se ha documentado que la interacción entre formulación y condiciones de proceso puede generar efectos sinérgicos o antagónicos sobre el pH y otros parámetros de calidad (Cáceres, 2020).

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y factores evaluados. Por esta razón, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar específicamente qué tratamientos y qué niveles de los factores presentaron medias estadísticamente iguales entre sí y cuáles difirieron de manera significativa (Ver tablas 18, 19, 20, 21 y 22).

Tabla 18: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor tratamiento.

Tratamientos	Promedio	Rango Tukey
T6	3,6	D
T5	3,6	
T3	3,5	C
T2	3,4	
T1	3,2	B
Q1	3,2	
T4	3,2	
Q2	3,0	A
Error estándar	0,01	

Donde: (T1-T6), son los tratamientos y (Q1-Q2), son los controles. Promedio de 45 tratamientos de bebida fermentada de (achotillo – guayaba) y 2 controles.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El tratamiento T6 (guayaba + panela + 0,4 g/L de Levadura) y el tratamiento T5 (guayaba + panela + 0,2 g/L de Levadura) obtuvieron la mayor concentración de pH, en comparación al resto de tratamientos. Los datos obtenidos de pH se encuentran dentro de la Norma Técnica Colombiana 708 (2000), establece rangos de (2.8 - 4), haciendo referencia que todos los tratamientos y controles se encuentran dentro de este parámetro de calidad (Ver **Tabla 18**).

Tabla 19: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor endulzante.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
B: Endulzante		
B1	3,18	A
B2	3,56	B
Error estándar	0,008	

Donde: (B1); Azúcar (B2); Panela. Promedio de 180 determinaciones del factor endulzantes

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 19** presentó diferencias significativas ($p < 0,05\%$) indicando que el tipo de endulzante B1: (azúcar) se agrupó en el rango A, con un valor de (3,18) más bajo y el tipo de endulzante B2: (panela) se situó en el rango B, con un pH más alto (3,56). Esta diferencia se explica por la composición química de cada endulzante: el azúcar refinado aporta principalmente sacarosa pura, lo que favorece un medio más ácido durante la fermentación; en contraste, la panela contiene minerales, compuestos reductores y melanoidinas que pueden neutralizar parcialmente la acidez y modificar el equilibrio de solutos, elevando el pH del sistema (Galeano & Aguirre, 2021). Sin embargo, también se observa la influencia de parte de la levadura y el tiempo de fermentación según investigaciones relacionadas a las frutas tropicales y amazónicas estas tienden a incrementar su acidez, culminando que este comportamiento es referente a la acumulación de metabolitos (Cáceres, 2020).

Tabla 20: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor levadura.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
C: Levadura		
C1	3,34	A
C2	3,40	B
Error estándar	0,008	

Donde: (C1); 0,2g/L de levadura (C2); 0,4g/L. Promedio de 180 determinaciones del factor levadura

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 20** levadura presentó diferencias significativas, lo que refleja que la especie “*S. cerevisiae*” en concentraciones de (0,2 – 0,4) g/L modifica la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación; mientras que a mayor concentración de levadura se incrementa la actividad metabólica, lo que puede llevar a un aumento del pH. Esto se debe a que la levadura puede producir compuestos básicos como aminas que contribuyen a elevar el pH, de la misma forma la levadura también puede consumir ácidos presentes en el mosto, reduciendo la acidez incrementando el pH (Santamaría, 2012).

Tabla 21: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia del pH factor tiempo.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
D: Tiempo		
1	3,42	D
2	3,44	
3	3,40	B
4	3,48	C
5	3,11	A
Error estándar	0,0135	

Donde: Tiempo de fermentación: 1: día 0 inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) maduración de la bebida. Promedio: de 72 determinaciones por día
Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 21**, evidencia una tendencia decreciente del pH conforme avanzó el tiempo de fermentación. En el día 5, el pH se ubicó en el rango A con un valor más bajo (3,11), mientras que en los días 4, 3, 2 y 1 se situó en los rangos B, C y D con valores ligeramente más altos (3,48; 3,40; 3,44 y 3,42, respectivamente). Esta disminución progresiva confirma que el tiempo de fermentación es un factor determinante, ya que el pH tiende a descender por la acumulación de metabolitos ácidos generados durante el metabolismo de las levaduras.

En términos fermentativos, el pH constituye un parámetro crítico porque refleja la producción de ácidos orgánicos como el láctico, acético y succínico, los cuales se acumulan en el medio conforme avanza el proceso. Este comportamiento coincide con lo reportado en bebidas fermentadas de frutas tropicales, donde se ha demostrado que tanto el tipo de ingrediente como la duración de la fermentación modifican significativamente el pH, afectando la estabilidad microbiológica y las características sensoriales del producto final (Gordillo, *et al.*, 2022; Van Nieuwenhove, 2020).

La disminución del pH a lo largo del tiempo confirma la actividad fermentativa sostenida y la capacidad de las levaduras para transformar los azúcares en metabolitos ácidos. Este hallazgo es relevante porque el control del pH no solo asegura la inocuidad y conservación de la bebida, sino que también contribuye a definir su perfil organoléptico y aceptación por parte del consumidor (Rodríguez, 2022).

Tabla 22: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia para pH controles vs tratamientos.

Tratamiento	$ \bar{x}_i - \bar{x}_c $	Diferencia de control
Q1 - T1	0,04	NO
Q1 - T2	0,28	SI
Q1 - T3	0,30	SI
Q2 - T4	0,14	SI
Q2 - T5	0,54	SI
Q2 - T6	0,58	SI

Los tratamientos evaluados (T1 - T6) y dos controles (Q1 - Q2). Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_c|$ excede $D(0.05\%) = 0,07$ el límite de este entonces la media del tratamiento correspondiente es diferente a la del Q1 y Q2.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Ho: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$; El tratamiento es igual al tratamiento control.

Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$; El tratamiento no es igual al tratamiento control

Los resultados obtenidos evidencian que, para el tratamiento T1 y el control Q1, se aceptó la hipótesis nula $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$, lo que indica ausencia de diferencias significativas en el pH. Esta similitud se explica por la composición de las formulaciones: ambos contienen achotillo y azúcar, variando únicamente en la concentración de levadura (0,2 g/L en Q1 frente a 0,4 g/L en T1). La duplicación de la concentración de levadura no generó un efecto estadísticamente relevante sobre el pH, lo que sugiere que, dentro de este rango, la variable no es sensible a cambios menores en la inoculación inicial, (Ver **Tabla 22**), (Flores *et al.*, 2018).

En contraste, para los tratamientos T2–T6 se aceptó la hipótesis alternativa $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$, confirmando diferencias significativas respecto a los controles Q1 y Q2. Este hallazgo indica que las modificaciones introducidas en las formulaciones de dichos tratamientos sí influyeron en la dinámica del sistema, alterando el pH y reflejando una respuesta diferenciada frente a las condiciones de control (Calderón, 2023).

Estos resultados permiten inferir que la estabilidad del pH se mantiene cuando las variaciones en la concentración de levadura son mínimas, pero se ve comprometida cuando se introducen cambios más sustanciales en la formulación. En concordancia con estudios previos sobre fermentaciones de frutas tropicales, pequeñas variaciones en la inoculación no siempre se traducen en diferencias significativas en parámetros fisicoquímicos, mientras que modificaciones en la composición del sustrato o en la concentración de microorganismos suelen impactar de manera más marcada en la acidez y el pH del producto final (Furtado *et al.*, 2020).

En términos de innovación, las diferencias significativas son positivas, porque confirman que la combinación de factores (fruta, endulzante, levadura y tiempo) modifica el comportamiento fermentativo y permite obtener bebidas con características únicas.

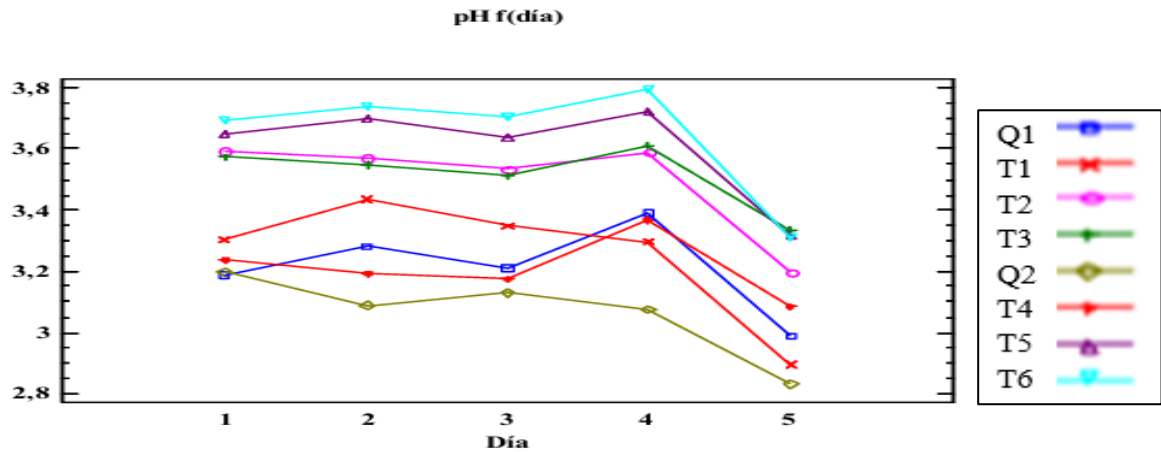


Figura 12: Comportamiento del pH de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.

Donde: T: tratamientos (T₁-T₆); Donde: Q: Controles (Q₁-Q₂); Q₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₂ (Achotillo + semilla con panela + 0,2g/L); T₃ (Achotillo + semilla con panela + 0,4g/L); Q₂ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₄ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₅ (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T₆ (Guayaba + semilla con panela + 0,4g/L); Tiempo de fermentación: 1: inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) y maduración.

Figura 12, muestra el comportamiento del pH durante la etapa de fermentación y maduración (1–5 tiempos) en los controles y tratamientos evaluados. Se observa que el tratamiento T₆ (guayaba + panela + 0,4 g/L de levadura) presentó un descenso significativo del pH en comparación con el control Q₂ (guayaba + azúcar + 0,2 g/L de levadura). Este resultado sugiere que tanto el tipo de endulzante como la concentración de levadura influyeron directamente en la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación.

El descenso del pH se explica por la actividad metabólica de las levaduras, que transforman los azúcares disponibles en etanol y metabolitos secundarios, entre ellos ácidos orgánicos como el láctico, acético y succínico. La presencia de panela aporta compuestos adicionales (minerales, melanoidinas y azúcares reductores) que pueden favorecer rutas metabólicas más complejas, intensificando la producción de ácidos. Asimismo, una mayor concentración de levadura acelera la cinética fermentativa, generando una acumulación más rápida de metabolitos ácidos en el medio (Cáceres, 2020).

Este comportamiento coincide con estudios previos en bebidas fermentadas de frutas tropicales, donde se ha reportado que la combinación de ingredientes y la concentración de levadura modifican significativamente el pH, afectando tanto la estabilidad microbiológica como las características sensoriales del producto. En este sentido, un descenso marcado del pH puede

considerarse positivo, ya que contribuye a la conservación de la bebida y a la inhibición de microorganismos indeseables; Sin embargo, se debe controlar la acidez excesiva que comprometa la aceptación del consumidor.

11.2.3. Comparación de la acidez titulable en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.

El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 23**, perteneciente al parámetro de acidez titulable donde se identifican diferencias significativas en los tratamientos y factores (A) y (D).

Hipótesis nula: Ho: Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: Ha: Los tratamientos no son iguales

Para los factores frutas (A) y tiempo (D), se aceptó la hipótesis alternativa y se rechazó la hipótesis nula, lo que indica que ambos factores influyeron significativamente en el parámetro de la acidez titulable. En contraste para los factores: endulzantes (B) y levadura (C), se aceptó la hipótesis nula y se rechazó la hipótesis alternativa, dichos factores no influyeron de manera significativa en la determinación de acidez. El promedio obtenido de la acidez titulable fue de 7,26%. El coeficiente de variación (CV) fue de 6,35%, este valor reflejó una baja heterogeneidad entre los datos (Ver **Tabla 23**).

Las interacciones AB se observan diferencias significativas, en comparación con el resto de interacciones, que no evidenciaron diferencias significativas, por lo tanto, la combinación de estos dos factores AB (Fruta y endulzante) influyeron notablemente al desarrollo del perfil sensorial de la bebida (Ramírez, 2006).

Tabla 23: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de Acidez titulable en las bebidas

Factores	SC	GL	MS	Razón - F	Valor- P 0.05%
Total	37,01	47	-	-	-
Tratamientos	14,11	7	2,01	9,46	*
A-Fruta	10,22	1	10,22	47,96	*
B-Endulzante	0,03	1	0,03	0,16	NS
C-Levadura	0,49	1	0,49	2,33	NS
D-Día	15,26	1	15,26	71,59	*
AB	2,27	1	2,27	10,66	*
AC	0,86	1	0,86	4,03	NS
AD	0,49	1	0,49	2,33	NS
BC	0,31	1	0,31	1,48	NS
BD	0,14	1	0,14	0,69	NS
CD	0,01	1	0,01	0,07	NS
ABC	0,06	1	0,06	0,29	NS
ABD	0,38	1	0,38	1,80	NS
ACD	0,00	1	0,00	0,01	NS
BCD	0,03	1	0,03	0,17	NS
ABCD	0,20	1	0,20	0,94	NS
E. Exp	6,82	32	0,21	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día); SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón -F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos); * (Diferencias Significativas al <0.05%). Promedio: 7,26 %; CV: 6,357%.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El análisis (ANOVA) indicó que existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y factores evaluados. Por esta razón, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar específicamente qué tratamientos y qué niveles de los factores presentaron medias estadísticamente iguales entre sí y cuáles difirieron de manera significativa (Ver tablas 24, 25, 26 y 27).

Tabla 24: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable factor tratamiento.

Tratamientos	Promedio	Rango de Tukey
T2	8,33	C
Q2	7,73	BC
Q1	7,71	
T1	7,33	AB
T4	7,18	
T3	6,88	
T5	6,73	A
T6	6,56	
Error estándar	0,1884	

Donde: (T1-T6), son los tratamientos y (Q1-Q2), son los controles. Promedio de 6 tratamientos de bebida fermentada de (achotillo – guayaba) y 2 controles

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El tratamiento T2 (achotillo + panela + 0,2 g/L de levadura) y el control Q2 (guayaba + azúcar + 0,2 g/L de levadura), mostraron las mayores concentraciones de acidez titulable, lo que confirma que tanto la fruta base como el tipo de endulzante influyen significativamente en este parámetro. La guayaba, por su alto contenido de ácido ascórbico y otros ácidos orgánicos, y el achotillo, con metabolitos que favorecen la síntesis de compuestos ácidos, aportan perfiles iniciales que potencian la acidez durante la fermentación. Asimismo, la panela, rica en minerales y compuestos fenólicos, el azúcar refinado como fuente de sacarosa, modulan la actividad de la levadura y la eficiencia del proceso fermentativo, generando diferencias notables en la producción de ácidos. Dado que la concentración de levadura se mantuvo constante, las variaciones observadas se atribuyen principalmente a la interacción entre el sustrato y el metabolismo microbiano. En consecuencia, los resultados de T2 y Q2 evidencian que la acidez titulable depende de la combinación de fruta y endulzante, constituyendo un factor determinante en la calidad final de las bebidas alcohólicas fermentadas, al incidir directamente en su sabor, estabilidad y aceptación sensorial (Ver **Tabla 24**), (Méndez *et al.*, 2022).

Tabla 25: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable factor fruta.

Factor	Promedio	Rango Tukey
A: Fruta		
A1	7,77	B
A2	6,84	A
Error estándar	0,09	

Donde: (A1); Achotillo (A2); Guayaba. Promedio de 24 determinaciones del factor fruta.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 25**, presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tipo de fruta, evidenciando dos rangos: A2 (guayaba) se ubicó en el rango A, con un valor inferior de 6,84% de acidez titulable, mientras que A1 (achotillo) se situó en el rango B, con un valor superior de 7,77%. Este resultado indica que la incorporación de achotillo en la formulación incrementó la concentración de ácidos orgánicos naturales aportados por la fruta, los cuales influyen de manera directa en la acidez de la bebida fermentada. Dicho comportamiento se asocia principalmente a la presencia de ácidos orgánicos como: el málico, cítrico y tartárico, cuya concentración varía según la especie frutal, tal como lo reporta Igea (2017).

Tabla 26: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable factor tiempo.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
D: Tiempo		
1	7,8	B
2	6,7	A
Error estándar	0,09	

Donde: (1): Día 0 al terminar la fermentación (2): después de 3 meses de maduración. Promedio de 24 determinaciones del factor Días.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 26**, evidencia una tendencia decreciente de la acidez titulable a lo largo del tiempo, tomando como referencia dos momentos: (1) día 0, inmediatamente después de finalizar la fermentación, y (2) tras tres meses de maduración, con valores que oscilaron entre 7,8 % y 6,7 %, respectivamente. En el día 0, la acidez alcanzó un valor de 7,8 %, correspondiente al rango posterior B, mientras que al cabo de tres meses se redujo a 6,7 %, ubicándose en el rango inicial A. Este comportamiento se explica por la acumulación progresiva de metabolitos ácidos generados durante la fermentación, lo que provoca un incremento inicial de la acidez, seguido de una disminución conforme avanza la maduración. En este sentido, Igea (2017) señala que la

evolución de la acidez constituye un indicador clave del grado de maduración y calidad de las bebidas fermentadas.

Tabla 27: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de acidez titulable controles vs tratamientos.

Tratamiento	$ \bar{x}_i - \bar{x}_c $	Diferencia de control
Q1 - T1	0,58	NO
Q1 - T2	0,01	NO
Q1 - T3	0,53	NO
Q2 - T4	0,3	NO
Q2 - T5	0,15	NO
Q2 - T6	0,32	NO

Donde: Los tratamientos evaluados (T1 - T6) y dos controles (Q1-Q2). Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_c|$. Excede $D (0.05\%) = 0,86$ el límite de este entonces la media del tratamiento correspondiente es diferente a la del Q1 y Q2.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Ho: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$; El tratamiento es igual al tratamiento control.

Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$; El tratamiento no es igual al tratamiento control.

En la **Tabla 27** se aceptó la hipótesis nula $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$, lo que indica que todos los tratamientos fueron estadísticamente similares a los controles Q1 y Q2 en términos de acidez titulable. En consecuencia, se rechazó la hipótesis alternativa, confirmando que los tratamientos mostraron valores de acidez semejantes, por lo tanto, una buena estabilidad durante el proceso de fermentación.

Este hallazgo es relevante para el objetivo de innovación en bebidas fermentadas, ya que la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos y controles demuestra que la combinación de factores (fruta, endulzante, levadura y tiempo) generó un sistema fermentativo con estabilidad óptima en la titulación ácido-base. La estabilidad de la acidez titulable es un indicador clave de calidad, pues asegura tanto la aceptabilidad sensorial como la seguridad microbiológica del producto (Latimer, 2023).

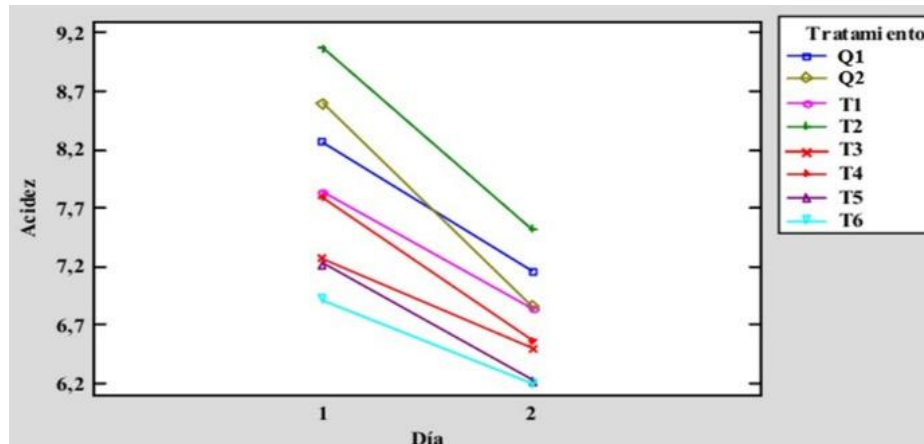


Figura 13: Comportamiento de la Acidez Titulable de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.

Donde T: tratamientos (T₁-T₆); *Donde Q:* Controles (Q₁-Q₂); Q₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₂ (Achotillo + semilla con panela + 0,2g/L); T₃ (Achotillo + semilla con panela + 0,4g/L); Q₂ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₄ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₅ (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T₆ (Guayaba + semilla con panela + 0,4g/L); (1): fermentación de la bebida (2): después de 3 meses de maduración.

Figura 13, representa los resultados obtenidos respecto al comportamiento de la acidez durante la fermentación (día 1) y la maduración (día 2). Se observa que en el día 1, el T2 (achotillo + panela + 0,2 g/L de levadura) mostró una mayor acidez en comparación con el resto de tratamientos, lo que sugiere que el achotillo, combinado con panela, favorece la síntesis de ácidos orgánicos en las primeras etapas de fermentación. Este mismo patrón se mantuvo en el día 2, confirmando que la composición del sustrato y la densidad inicial de levadura son factores determinantes en la evolución de la acidez titulable. Ramírez (2006), señala que el tipo de fruta y el tiempo influyen directamente en la producción de ácidos, generando diferencias significativas entre formulaciones

11.2.4. Comparación de los grados alcohólicos en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.

El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 28**, corresponde al parámetro de grado alcohólico en la bebida, donde se puede evidenciar diferencias significativas de todos los factores: Fruta (A), Endulzante (B), Levadura (C) y Tiempo (D). Los valores obtenidos nos dan a entender, que cada uno de estos factores influyen de manera directa en el desarrollo de alcohol, durante la etapa fermentativa.

Tabla 28: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de grados alcohólicos en la bebida.

Factores	SC	GL	MS	Razón - F	Valor- P 0.05%
Total	816,3	359	-	-	-
Tratamientos	500,46	7	71,49	708,72	*
A-Fruta	7,31	1	7,31	72,52	*
B-Endulzante	451,76	1	451.76	4478.25	*
C-Levadura	8,47	1	8,47	84,02	*
D-Día	265,48	4	66,37	657,92	*
AB	27,21	1	27,21	269,77	*
AC	0,88	1	0,88	8,78	*
AD	1,03	4	0,25	2,56	*
BC	1,76	1	1,76	17,51	*
BD	0,30	4	0,07	0,75	NS
CD	3,73	4	0,93	9,25	*
ABC	3,04	1	3,04	30,20	*
ABD	8,33	4	2,08	20,67	*
ACD	0,38	4	0,09	0,94	NS
BCD	0,87	4	0,21	2,16	NS
ABCD	3,40	4	0,85	8,45	*
E. Exp	32,28	320	0,10	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día); SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón -F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos) * (Diferencias Significativas <0.05%). Promedio:6,287%; CV: 5,052%.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Hipótesis nula: Ho: Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: Ha: Los tratamientos no son iguales

Para los factores A, B, C, D, se aceptó la hipótesis alternativa y se rechazó la hipótesis nula. El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 28**, evidencia las diferencias significativas en los factores, tratamientos y sus interacciones. El promedio de los grados alcohólicos fue de 2,9 %. El coeficiente de variación (CV) fue 5,05%, este valor indica una baja heterogeneidad entre los datos.

Las interacciones como: AB, AC, AD, BC, CD, ABC, ABD, ABCD, evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05\%$). Mientras que las interacciones BD, ACD, BCD, no evidenció diferencias significativas (NS).

El análisis (ANOVA) indicó que existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y factores evaluados. Por esta razón, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar específicamente qué tratamientos y qué niveles de los factores presentaron medias estadísticamente iguales entre sí y cuáles difirieron de manera significativa (Ver tablas 29,30,31,32, 33 y 34).

Tabla 29: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor tratamientos.

Tratamientos	Promedio	Rango Tukey
T1	7,9	F
Q1	7,8	
Q2	7,2	E
T4	6,7	D
T5	5,5	C
T2	5,3	BC
T6	5,1	B
T3	4,8	A
Error estándar	0,04	

Donde: (T1-T6), son los tratamientos y (Q1-Q2), son los controles. Promedio de 45 tratamientos de las bebidas fermentadas de (achotillo – guayaba) y 2 controles.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El tratamiento T1 (achotillo + azúcar + 0,4 g/L de levadura) y el control Q1 (achotillo + azúcar + 0,2 g/L de levadura) obtuvieron la mayor concentración de grados alcohólicos en comparación con el resto de tratamientos. Los valores de grados alcohólicos oscilaron entre (4,8-7,9 %v/v) (Ver, **Tabla 29**). Estos resultados demuestran que las bebidas fermentadas cumplieron con los requisitos establecidos por (Ortiz Vásquez & Olivares Muñoz, 2022) establece rangos de los grados alcohólicos mínimos y máximos de (5 -18 %v/v) haciendo referencias que los tratamientos que tengan azúcar, al ser un sustrato de rápido metabolismo, acelera la fermentación en conjunto con la concentración de levadura, favoreciendo la producción de etanol (Ramasamy *et al.*, 2021).

El tratamiento T3 (achotillo + panela + 0,2 g/L de levadura) presentó una menor concentración alcohólica, lo que puede atribuirse tanto a la menor densidad inicial de levadura como al uso de panela como endulzante. La panela, aunque aporta azúcares reductores y compuestos adicionales, requiere un metabolismo más complejo que el azúcar refinado, lo que ralentiza la velocidad de fermentación y reduce la eficiencia en la producción de alcohol (Castellano & Ramírez, 2005).

Tabla 30: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor fruta.

Factor	Promedio	Rango Tukey
A: Fruta		
A1	6,4	B
A2	6,1	A
Error estándar	0,02	

Donde: (A1); Achotillo (A2); Guayaba. Promedio de 180 determinaciones del factor Fruta.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 30**, presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tipo de fruta, evidenciando dos rangos: A2 (guayaba) se ubicó en el rango A, con un valor inferior de 6,1% de grados alcohólicos, mientras que A1 (achotillo) se situó en el rango B, con un valor superior de 6,4%. Este resultado indica que la incorporación de achotillo en la formulación incrementó el contenido de grados alcohólicos sugiriendo, que la composición de azúcares fermentables y nutrientes presentes en el achotillo y guayaba afectan al desarrollo fermentativo y composición de la fruta, siendo uno de los factores claves para el rendimiento alcohólico de la bebida (Savedra, 2020).

Tabla 31: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor endulzante.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
B: Endulzante		
B1	7,4	B
B2	5,2	A
Error estándar	0,02	

Donde: (B1); Azúcar (B2); Panela. Promedio de 180 determinaciones del factor endulzante.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 31** describe las diferencias significativas ($p < 0,05\%$) indicando que el tipo de endulzante B2: (panela) se agrupó en el rango A, con un valor de 5,2% más bajo y el tipo de endulzante B1: (azúcar) se ubicó en el rango B, con un valor alto de 7,4%, estos resultados

confirman que el tipo de endulzante influyó de manera significativa en los grados alcohólicos de las bebidas, generando un impacto directo en la producción de etanol durante el proceso fermentativo. La mayor disponibilidad de azúcares fermentables asociada al uso de sacarosa (proveniente tanto del azúcar como de la panela) favorece una mayor actividad metabólica de las levaduras y, en consecuencia, una síntesis más elevada de etanol. El etanol, además de ser el principal producto de la fermentación alcohólica, cumple un rol fundamental en la calidad de las bebidas fermentadas: contribuye al perfil sensorial mediante características aromáticas de sabor, y actúa como agente de estabilidad microbiológica, al inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables. De esta manera, el etanol asegura la inocuidad del producto y prolonga su vida útil, aportando atributos organolépticos que influyen en la aceptación del consumidor (Zambrano, 2013).

Tabla 32: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor levadura.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
C: Levadura		
C1	6,47	B
C2	6,16	A
Error estándar	0,02	

*Donde: (C1); 0,2g/L de levadura y (C2); 0,4g/L. Promedio de 180 determinaciones del factor Levadura
Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)*

La **Tabla 32**, presenta diferencias significativas ($p < 0,05\%$) entre las concentraciones de levadura. La concentración de levadura C2: (0,4g/L) se agrupó en el rango A, con un valor de 6,16%v/v más bajo y la concentración de levadura C1: (0,2g/L) se ubicó en el rango B, con un valor alto de 6,47% v/v, confirmando que la concentración de levadura influyó significativamente en los grados alcohólicos de las bebidas fermentadas, en consecuencia, la velocidad y el rendimiento de la fermentación alcohólica.

Resultados similares fueron reportados por Arias (2022), quienes observaron que concentraciones moderadas de levadura favorecen una fermentación más eficiente y estable, mientras que dosis elevadas no necesariamente se traducen en un mayor contenido de etanol. De esta manera, estudios en bebidas fermentadas de frutas indican que el control de la concentración de levadura es un factor clave para optimizar el equilibrio entre producción de etanol, calidad sensorial y estabilidad del producto (Suárez, 2016), lo cual concuerda con los resultados obtenidos

Tabla 33: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos factor tiempo.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
D: Tiempo		
1	7,0	E
2	6,8	D
3	6,6	C
4	6,3	B
5	4,6	A
Error estándar	0,03	

Donde: Tiempo de fermentación: 1: día 0 inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) maduración de la bebida. Promedio: de 72 determinaciones por día
Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 33**, muestra la tendencia decreciente de los grados alcohólicos a lo largo del tiempo de fermentación. En el día 5, los valores se ubicaron en el rango inicial A 4,6%, mientras que en los días 4, 3, 2 y 1 se registraron valores más altos (6,3%, 6,6%, 6,8% y 7%), asociados a los rangos B, C, D y E, respectivamente. Este comportamiento evidencia que el tiempo es un factor determinante en la producción de etanol, ya que las etapas iniciales de fermentación favorecen la acumulación de alcohol, mientras que en fases posteriores la concentración tiende a disminuir debido al consumo de azúcares y a la acumulación de metabolitos secundarios.

Este resultado concuerda con lo señalado por Quinche *et al.*, (2025), quien recalca que el tiempo de fermentación es un factor clave en la evolución de las bebidas fermentadas, influyendo en todos los parámetros fisicoquímicos y favoreciendo el aumento inicial del grado alcohólico. De manera similar, estudios sobre fermentación de jugos tropicales han demostrado que la producción de etanol alcanza un máximo en los primeros días, seguido de una disminución asociada a la conversión de azúcares y a la síntesis de compuestos secundarios como ácidos orgánicos y ésteres (Santos, 2023).

Además, en el último día de maduración se calcularon los grados alcohólicos potenciales en relación con los grados Brix, considerando que 1 °Brix equivale aproximadamente a (0,55–0,60 %) de alcohol. Este cálculo confirma la relación directa entre la concentración inicial de azúcares y el rendimiento alcohólico final, lo cual es consistente con metodologías estandarizadas de análisis en fermentaciones de frutas (Montana Enríques, 2016).

Tabla 34: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de grados alcohólicos controles vs tratamientos.

Tratamiento	$ \bar{x}_i - \bar{x}_c $	Diferencia de control
Q1 - T1	0,11	NO
Q1 - T2	2,46	SI
Q1 - T3	2,99	SI
Q2 - T4	2,44	SI
Q2 - T5	1,99	SI
Q2 - T6	0,34	SI

Donde: Los tratamientos evaluados (T1-T6) y dos controles (Q1-Q2). Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_c|$ Excede $D (0.05\%) = 0,20$ el límite de este entonces la media del tratamiento correspondiente es diferente a la del Q1 y Q2.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Ho: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$; El tratamiento es igual al tratamiento control.

Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$; El tratamiento no es igual al tratamiento control.

Se aceptó la hipótesis nula: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$, indicando que no hay diferencias significativas en el control 1 y tratamiento 1. Para los demás controles y tratamientos se aceptó la hipótesis alternativa H1: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$, estos hallazgos nos permitirán saber, en que combinaciones y factores influyen de manera directa al desarrollo de alcohol en bebida fermentadas (ver **Tabla 34**). Este resultado se consideró positivo, ya que se demostró que las combinaciones de factores experimentales (tipo de fruta, endulzante, concentración de levadura y tiempo de fermentación) influyeron directamente en la producción de alcohol, aportando información valiosa para la optimización de formulaciones y el diseño de bebidas con perfiles diferenciados. Los resultados fueron útiles porque permitieron identificar qué variables modificaron de manera significativa la dinámica fermentativa y, por ende, la calidad final de la bebida.

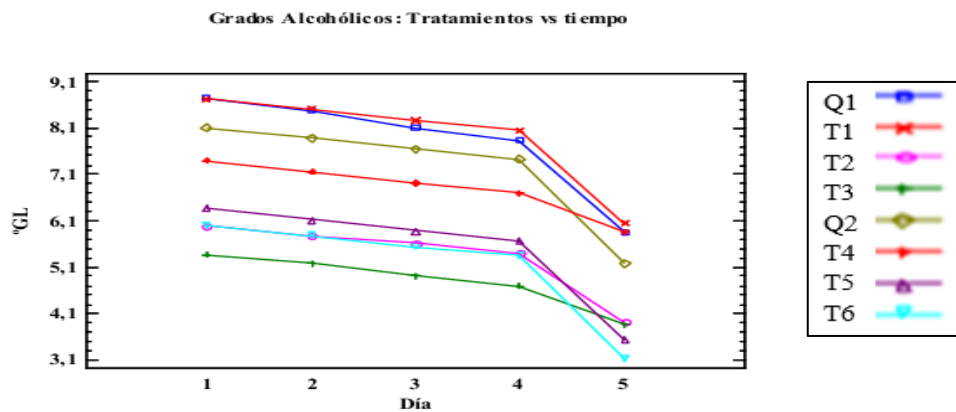


Figura 14: Comportamiento de grados alcohólicos de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.

Donde: T: tratamientos (T₁-T₆); Donde: Q: Controles (Q₁-Q₃); Q₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₂ (Achotillo + semilla con panela + 0,2g/L); T₃ (Achotillo + semilla con panela + 0,4g/L); Q₂ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₄ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₅ (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T₆ (Guayaba + semilla con panela + 0,4g/L); Tiempo de fermentación: 1: inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) y maduración

La **Figura 14**, muestra la evolución de los grados alcohólicos en función del tiempo de fermentación y maduración (1–5 meses). Se observa que el tratamiento T₁ (achotillo, azúcar, 0,4 g/L de levadura) y el control Q₁ (achotillo + azúcar + 0,2 g/L de levadura) alcanzaron los valores más altos de alcohol en el día 1, en comparación con el resto de tratamientos. Sin embargo, conforme avanzó el proceso, se evidenció un descenso gradual de los grados alcohólicos en todos los tratamientos, lo que confirma que el tiempo es un factor determinante en la producción de etanol, debido a la acumulación de metabolitos secundarios generados durante la fermentación. Este comportamiento coincide con lo señalado por Calderón *et al.* (2016), quienes destacan que el tiempo de fermentación es clave en la evolución del contenido alcohólico de las bebidas fermentadas.

Asimismo, en los últimos meses de maduración (4–5), se calcularon los grados alcohólicos potenciales en relación con los grados Brix, considerando que 1 °Brix equivale aproximadamente a 0,55–0,60 % de alcohol como lo menciona Montana Enriques, (2016). Este criterio explica las diferencias significativas entre tratamientos, ya que la relación entre sólidos solubles y producción de etanol varía según la formulación y las condiciones fermentativas.

11.2.5. Comparación de la temperatura en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.

En la **Tabla 35**, la temperatura, a lo largo del tiempo, según el análisis estadístico presentado, no mostró diferencias significativas en ninguno de los factores evaluados: Tipo de fruta (A), Tipo de Endulzante (B), concentraciones de levadura de Levadura (C), y Tiempo - meses (D).

Tabla 35: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de la temperatura en la bebida

Factores	SC	GL	MS	Razón -F	Valor- P 0.05%
Total	48628,6	359	-	-	-
Tratamientos	827,271	7	118,182	0,87	NS
A-Fruta	12,335	1	12,335	0,09	NS
B-Endulzante	130,996	1	130,996	0,97	NS
C-Levadura	119,901	1	119,901	0,89	NS
D-Día	717,03	4	179,258	1,32	NS
AB	169,964	1	169,964	1,25	NS
AC	136,851	1	136,851	1,01	NS
AD	494,272	4	123,568	0,91	NS
BC	133,274	1	133,274	0,98	NS
BD	519,01	4	129,752	0,96	NS
CD	497,044	4	124,261	0,92	NS
ABC	123,951	1	123,951	0,92	NS
ABD	574,472	4	143,618	1,06	NS
ACD	551,939	4	137,985	1,02	NS
BCD	572,656	4	143,164	1,06	NS
ABCD	533,698	4	133,425	0,99	NS
E. Exp	43341,2	320	135,441	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día); SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón -F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos) * (Diferencias Significativas <0.05%). Promedio: 25,42; CV: 2,195%.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Hipótesis nula: Ho: Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: Ha: Los tratamientos no son iguales

La **Tabla 35** muestra que, para todos los tratamientos y factores (A, B, C, D e interacciones), se aceptó la hipótesis nula (H_0), indicando que no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$). El promedio fue de 25,42°C y el CV fue de 2,195%. La temperatura del cuarto de fermentación se mantuvo estable en un rango de 22 a 26,4 °C, lo cual explica la ausencia de variaciones relevantes. Sin embargo, es importante señalar que, según Savedra (2020) el rango óptimo para bebidas fermentadas suele oscilar entre 12–18 °C. En este sentido, la investigación se desarrolló bajo condiciones más elevadas de lo habitual, lo que pudo haber acelerado la fermentación alcohólica, aunque sin generar un efecto estadísticamente significativo en los factores evaluados. Este resultado fue positivo, ya que confirma que la fermentación se mantuvo estable y controlada pese a las temperaturas más altas, garantizando la reproducibilidad del proceso; no obstante, también evidencia que el rango térmico empleado no fue un factor determinante en la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos.

11.2.6. Comparación de sólidos disueltos totales en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzante y concentraciones de levadura.

El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 36**, corresponde al parámetro de sólidos disueltos totales (TDS), donde se evidencia las diferencias significativas en tres factores: (A), (B) y (D) y tratamientos. En contraste, el factor (C) concentraciones de levadura no presentó diferencias significativas.

Hipótesis nula: H_0 : Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: H_a : Los tratamientos no son iguales

Para los tratamientos, los factores A, B, y D, y sus interacciones, se aceptó la hipótesis alternativa y se rechazó la hipótesis nula. Por lo contrario, para el factor C se aceptó la hipótesis nula y se rechazó la hipótesis alternativa demostrando que no existe diferencia significativa en este factor, (Ver **Tabla 36**). El promedio de los sólidos disueltos totales de las bebidas fermentadas fue de 659,20 mg/L. El coeficiente (CV) fue 7,84%, este valor refleja una baja heterogeneidad entre los datos.

Tabla 36: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de sólidos disueltos totales de la bebida

Factores	SC	GL	MS	Razón -F	Valor- P 0.05%
Total	2,651	359	-	-	-
Tratamientos	6,785	7	969417	2,14	*
A-Fruta	300271	1	300271	112,37	*
B-Endulzante	4,048	1	4,048	1515,06	*
C-Levadura	348692	1	348692	0,77	NS
D-Día	98966,3	4	247416	92,59	*
AB	3,129	1	3,129	6,90	*
AC	680517	1	680517	1,50	*
AD	1,642	4	4,105	9,06	*
BC	715387	1	715387	1,58	*
BD	1,628	4	4,072	8,98	*
CD	2,216	4	554204	1,22	*
ABC	147540	1	147540	0,33	*
ABD	1,064	4	2,661	5,87	*
ACD	2,795	4	698830	1,54	*
BCD	2,257	4	564326	1,24	*
ABCD	437826	4	109456	0,24	*
E. Exp	1,450	320	453309	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día)-SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón -F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos) * (Diferencias Significativas <0.05%). Promedio: 659,203mg/L; CV:7,842%.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El análisis de varianza indicó que existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y factores evaluados. Por esta razón, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar específicamente qué tratamientos y qué niveles de los factores presentaron medias estadísticamente iguales entre sí y cuáles difirieron de manera significativa (Ver Tablas 37, 38, 39, 40 y 41).

Tabla 37: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos disueltos totales factor tratamiento.

Tratamientos	Promedio (mg/L)	Rango Tukey
T6	885,4	C
Q1	864,0	
T5	812,0	
T2	687,1	B
T3	667,6	
T1	585,2	A
Q2	535,0	
T4	511,0	
Error estándar	100,36	

Donde: (T1-T6), son los tratamientos y (Q1-Q2), son los controles. Promedio de 45 tratamientos de bebida fermentada de (achotillo – guayaba) y 2 controles.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El tratamiento T6 (guayaba + panela + 0,4 g/L de Levadura), T5 y el control Q1(achotillo + azúcar + 0,2 g/L de Levadura), obtuvieron la mayor concentración de TDS, en comparación al resto de tratamientos (Ver **Tabla 37**).

Tabla 38: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia sólidos disueltos totales factor fruta.

Factor	Promedio (mg/L)	Rango Tukey
A: Fruta		
A1	630,32	A
A2	688,08	B
Error estándar	3,853	

Donde: (A1); Achotillo (A2); Guayaba. Promedio de 180 determinaciones del factor Fruta.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 38**, presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tipo de fruta, evidenciando dos rangos: A1 (achotillo) se ubicó en el rango A, con un valor inferior de 630,32 mg/L de sólidos disueltos, mientras que A2 (guayaba) se situó en el rango B, con un valor superior de 688,08 mg/L. Estos resultados confirman que la incorporación de guayaba incrementó significativamente el contenido de sólidos disueltos totales en la bebida, lo cual se asocia directamente con el mayor aporte de azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa) y otros

solutos presentes en el mosto de la fruta, lo que repercute en la calidad físico-química y organoléptica del producto final.

Este hallazgo concuerda con lo señalado por Hoyos *et al.*, (2010), quien afirma que el contenido de sólidos disueltos totales en las bebidas fermentadas y productos derivados de frutas depende estrechamente de la composición natural de la materia prima, especialmente de la concentración de carbohidratos solubles y compuestos minerales. En la investigación de Castellano & Ramirez, (2005) evidencian que frutas como maracuyá y moringa presentan variaciones importantes en sólidos disueltos totales, lo que confirma que la composición química de cada fruta determina el perfil de solutos en las bebidas fermentadas.

En concordancia, investigaciones sobre bebidas de frutas con diferentes concentraciones de sólidos disueltos totales han demostrado que la variabilidad en este parámetro no solo afecta la percepción sensorial, sino también las propiedades reológicas y la estabilidad del producto, siendo el contenido de solutos y compuestos minerales factores determinantes.

Tabla 39: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia sólidos disueltos totales factor endulzante.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
B: Endulzante	(mg/L)	
B1	553,15	A
B2	765,25	B
Error estándar	3,853	

Donde: (B1); Azúcar (B2); Panela. Promedio de 180 determinaciones del factor endulzante.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 39**, describe las diferencias significativas ($p < 0,05\%$) indicando que el tipo de endulzante B1: (azúcar) se agrupó en el rango A, con un valor de 553,15mg/L más bajo y el tipo de endulzante B2: (panela) se ubicó en el rango B, con un valor alto de 765,25 mg/L, confirmando que el tipo endulzante influyó significativamente en los sólidos disueltos totales. De manera similar, el tipo de endulzante (azúcar y panela), empleado afecto directamente en la concentración de sólidos disueltos totales, debido a la diferencia en la composición química de cada endulzante aportando azúcares y minerales propios, observando que el endulzante B2: (panela) obtuvo mayor concentración de sólidos disueltos totales reafirmando que el tipo de endulzante y su composición química afecta de manera significativa este parámetro. Estos datos concuerdan con lo reportado por Ocaña (2017) quien, mencionó que al elaborar una bebida fermentada de pitahaya utilizando tres tipos de endulzantes,

evidenció variaciones tanto en la concentración de sólidos disueltos totales como en el perfil sensorial del y la vida útil del producto final.

Tabla 40: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos disueltos totales factor tiempo.

Factor	Promedio	Rango de
D: Tiempo	(mg/L)	Tukey
1	679,2	D
2	644,4	B
3	646,3	C
4	582,5	A
5	514,6	E
Error estándar	79,34	

Donde: Tiempo de fermentación: 1: día 0 inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) maduración de la bebida. Promedio: de 72 determinaciones por día
Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 40**, muestra la tendencia decreciente de sólidos disueltos totales a lo largo del tiempo de fermentación. El día 5 se ubicó en el rango E, con valores de 514,6mg/L, mientras que en los días 4,3, 2 y 1 se registraron valores más altos (582,5, 646,3, 644,4 y 679,2 mg/L), respectivamente, acoplados a los rangos B, C, D y E, estos resultados se asocian con los cambios ocurridos durante el proceso de fermentación y la etapa de maduración a lo largo del tiempo.

La tendencia observada indica que los sólidos disueltos totales conforme avanzan el proceso fermentativo y maduración disminuyen las concentraciones de TDS, debido principalmente a la transformación de azúcares en alcohol y otros metabolitos asociados con las levaduras, así como a la liberación de compuestos bioactivos. En concordancia con estos hallazgos, Bedoya (2017) señala que el tiempo influye directamente en la concentración de sólidos disueltos totales, especialmente de antocianinas y compuestos fenólicos, los cuales contribuyen significativamente a la composición final de la bebida, efecto que al final es potenciada por los dos tipos de endulzantes “azúcar y panela”.

Tabla 41: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de sólidos disueltos totales controles vs tratamientos.

Tratamiento	$ \bar{x}_i - \bar{x}_c $	Diferencia de control
Q1 - T1	278,84	NO
Q1 - T2	176,91	NO
Q1 - T3	196,46	NO
Q2 - T4	23,95	NO
Q2 - T5	276,99	NO
Q2 - T6	350,38	NO

Donde: Los tratamientos evaluados (T1-T6) y dos controles (Q1-Q2). Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_c|$ Excede $D(0.05\%) = 433,04$ el límite de este entonces la media del tratamiento correspondiente es diferente a la del Q1 y Q2.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Ho: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$; El tratamiento es igual al tratamiento control.

Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$; El tratamiento no es igual al tratamiento control.

La **Tabla 41** muestra que, para los tratamientos T1–T3, se aceptó la hipótesis nula $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$, indicando que son estadísticamente iguales al control Q1; de la misma manera, los tratamientos T4–T6 resultaron iguales al control Q2, rechazándose la hipótesis alternativa.

Los TDS se consideran un indicador clave, pues reflejan la concentración de azúcares, ácidos, minerales y compuestos solubles presentes en la bebida. Cuando los tratamientos de achotillo y guayaba presentaron valores semejantes a los controles, se interpretó que la fermentación no había generado pérdidas excesivas de compuestos solubles ni alteraciones negativas en la matriz. Este resultado es favorable, ya que demostró que el proceso mantuvo la calidad físicoquímica del producto, asegurando estabilidad y aceptabilidad, además de respaldar la hipótesis de que el uso de estas frutas es viable para obtener una bebida comparable con estándares de referencia. En consecuencia, la similitud entre tratamientos y controles se interpretó como un indicador de reproducibilidad y confiabilidad del proceso fermentativo, aportando evidencia sólida para la optimización y el escalamiento de la formulación (Cruz *et al.*, 2025; Genoma *et al.*, 2005).

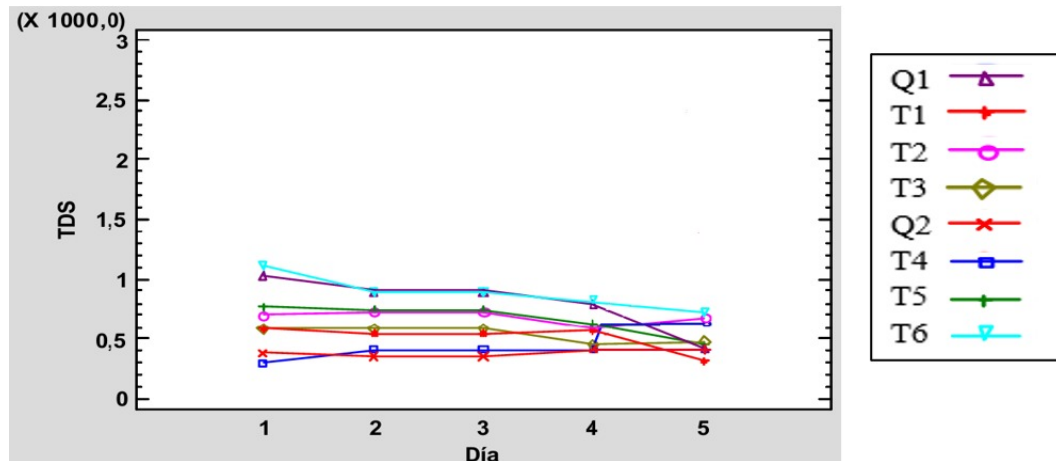


Figura 15: Comportamiento de sólidos disueltos totales de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.

Donde T: tratamientos (T₁-T₆); Donde Q: Controles (Q₁-Q₂); Q1 (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T1 (Achotillo + semilla con azúcar + 0,4g/L); T2 (Achotillo + semilla con panela + 0,2g/L); T3 (Achotillo + semilla con panela + 0,4g/L); Q2 (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T4 (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T5 (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T6 (Guayaba + semilla con panela + 0,4g/L); Tiempo de fermentación: 1: inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) y maduración

En la **Figura 15** de TDS presentó la evolución de los sólidos disueltos totales en función del tiempo, donde los tratamientos T6 (guayaba + panela + 0,4 g/L), Q1 (Achotillo+ azúcar + 0,2 g/L) y T5 (guayaba + panela + 0,2 g/L) registraron los valores más altos en comparación con el resto de tratamientos, manteniendo este comportamiento hasta el tiempo 5. No obstante, se observó una disminución ligera de los TDS conforme avanzó la fermentación, lo cual pudo estar influenciado por la composición de cada tratamiento, particularmente por la interacción entre el tipo de endulzante, la fruta base y la concentración de levadura. Este resultado concuerda con estudios previos que señalan que la carga inicial de sólidos disueltos totales varía a lo largo del proceso fermentativo, debido al consumo de sustratos por parte de las levaduras y a la síntesis de metabolitos secundarios, lo que explica la reducción progresiva de TDS al finalizar la fermentación (Corales, 2019).

11.2.7. Comparación de conductividad en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzantes y concentraciones de levadura.

El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 42**, corresponde al parámetro de conductividad eléctrica de las bebidas fermentadas, donde se evidenciaron diferencias significativas para los factores: (A), (B), (D) y los tratamientos. No obstante, en el factor (C) no evidenció diferencias significativas.

Tabla 42: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de la conductividad en la bebida.

Factores	SC	GL	MS	Razón -F	Valor- P 5%
Total	5,481	359	-	-	-
Tratamientos	2,584	7	3,692	201,86	*
A-Fruta	2,895	1	2,895	158,28	*
B-Endulzante	2,005	1	2,005	1096,28	*
C-Levadura	80720,9	1	80720,9	4,41	NS
D-Día	9,903	4	2,475	135,36	*
AB	2,678	1	2,678	146,45	*
AC	17565,7	1	7565,7	0,96	NS
AD	3,115	4	778895	42,58	*
BC	58285,3	1	58285,3	3,19	NS
BD	1,635	4	408918	22,36	*
CD	157472	4	39368,1	2,15	NS
ABC	63486,1	1	63486,1	3,47	NS
ABD	7,626	4	1,906	104,24	*
ACD	362926	4	90731,5	4,96	*
BCD	179733	4	44933,3	2,46	*
ABCD	134065	4	33516,3	1,83	NS
E. Exp	5,853	320	18290,7	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día)-SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón -F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos) * (Diferencias Significativas <0.05%). Promedio: 971,861 $\mu\text{S/cm}$; CV: 9,752%.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Hipótesis nula: Ho: Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: Ha: Los tratamientos no son iguales

Para el factor A, B y D se aceptó la hipótesis alternativa y se rechazó la hipótesis nula. Sin embargo, para el factor: C, se aceptó la hipótesis nula y se rechazó la hipótesis alternativa, observando que no existen diferencias significativas en este factor y que no influye en la conductividad eléctrica de las bebidas fermentadas demostrando que las concentraciones de levadura no fueron relevantes. El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 42**, se evidencia las diferencias significativas y sus interacciones. El promedio de la conductividad de las bebidas

fue 971,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El coeficiente de variación (CV) fue de 9,75 %, este valor refleja una baja heterogeneidad entre los datos.

Las interacciones entre: AB (fruta, endulzante), AD (fruta, tiempo), BD (endulzante, tiempo), ABD (fruta, endulzante, tiempo), ABD (fruta, endulzante, tiempo) y ACD (fruta, levadura, tiempo), BCD (endulzante, levadura, tiempo) demostraron diferencias significativas, lo que sugiere que la conductividad no depende únicamente del efecto individual de cada factor, sino también de la forma en que estos interactúan entre sí. Estudios realizados en bebidas fermentadas han reportado que la interacción entre la formulación y las condiciones de fermentación puede generar efectos sinérgicos o antagónicos sobre la conductividad eléctrica, debido a la liberación de iones y metabolitos durante la actividad fermentativa (Colchen *et al.*, 2023).

El ANOVA indicó que existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y factores evaluados. Por esta razón, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar específicamente qué tratamientos y qué niveles de los factores presentaron medias estadísticamente iguales entre sí y cuáles difirieron de manera significativa (Ver Tablas 43, 44, 45, 46 y 47).

Tabla 43: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor tratamientos.

N° Tratamientos	Promedio ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Rango Tukey
T6	1196,96	D
T2	1194,62	
T5	1188,87	
T3	1177,53	
Q2	941,37	C
T4	845,45	B
Q1	548,97	A
T1	534,11	
Error estándar	20,1609	

Donde: (T1-T6), son los tratamientos y (Q1-Q2), son los controles. Promedio de 45 tratamientos de bebida fermentada de (achotillo – guayaba) y 2 controles.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El tratamiento T6 (guayaba + panela + 0,4 g/L de levadura) y el tratamiento T2 (achotillo + panela + 0,2 g/L de levadura) obtuvieron la mayor conductividad eléctrica, en comparación al resto de tratamientos (Ver **Tabla 43**).

Tabla 44: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor fruta.

Factor	Promedio	Rango Tukey
A: Fruta	($\mu\text{S/cm}$)	
A1	863,8	A
A2	1043.1	B
Error estándar	10,0804	

Donde: (A1); Achotillo (A2); Guayaba. Promedio de 180 determinaciones del factor Frutas
Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 44** presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en función del tipo de fruta, evidenciándose dos rangos: A1 (achotillo) se ubicó en el rango A, con un valor inferior de $863,8 \mu\text{S/cm}$ de conductividad eléctrica, mientras que A2 (guayaba) se situó en el rango B, con un valor superior de $1043,1 \mu\text{S/cm}$. Este resultado demuestra que la incorporación de guayaba en la formulación incrementó la conductividad de la bebida, lo cual se asocia directamente con una mayor concentración de sales minerales, ácidos orgánicos y compuestos iónicos disueltos en la matriz fermentada. Además, en estudios investigativos Yan *et al.* (2017), se ha reportado que la conductividad eléctrica del vino está directamente relacionada con la presencia de iones en solución, tanto de cationes como K^+ (potasio), Ca^{2+} , Mg^{2+} como de aniones provenientes de ácidos orgánicos como tartárico, málico y cítrico, lo que explica la variación observada entre tratamientos con diferente fruta.

Tabla 45: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor endulzante.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
B: Endulzante	($\mu\text{S/cm}$)	
B1	717.48	A
B2	1189,49	B
Error estándar	10,0804	

Donde: (B1); Azúcar (B2); Panela. Promedio de 180 determinaciones del factor Endulzantes
Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 45**, describe las diferencias significativas ($p < 0,05\%$) indicando que el tipo de endulzante B1: (azúcar) se agrupó en el rango A, con un valor de $717,48 \mu\text{S/cm}$ más bajo y el tipo de endulzante B2: (panela) se ubicó en el rango B, con un valor alto de $1189,49 \mu\text{S/cm}$,

confirmando que el tipo endulzante varió significativamente en la conductividad eléctrica de la bebida.

Pérez *et al.* (2025), señaló que el azúcar presentó una conductividad menor debido a los procesos de refinación que experimenta la caña de azúcar, en los cuales se pierde gran parte de los minerales naturalmente presentes, quedando el producto compuesto casi exclusivamente por sacarosa. Por el contrario, el endulzante B2 (panela) influyó positivamente en la concentración de sólidos iónicos, manteniendo la conductividad eléctrica en niveles elevados, sin presentar el descenso observado en el azúcar. Este comportamiento lo explica Villacis, (2011) la panela al ser menos refinada, conserva minerales como calcio, magnesio y hierro, los cuales incrementan la disponibilidad de iones en las bebidas fermentadas.

Tabla 46: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad factor tiempo.

Factor	Promedio	Rango de
D: Tiempo	($\mu\text{S/cm}$)	Tukey
1	943,1	C
2	992,1	B
3	993,0	
4	1176,5	D
5	662,5	A
Error estándar	15,93	

Donde: Tiempo de fermentación: 1: día 0 inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación; 4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) maduración de la bebida. Promedio: de 72 determinaciones por día.
Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 46**, presenta los valores registrados (943,1, 992,1, 993,0, 1176,5 y 662,5 $\mu\text{S/cm}$), mostraron una tendencia ascendente inicial hasta alcanzar un pico máximo en el tiempo 4 (1176,5 $\mu\text{S/cm}$), seguido de una disminución marcada en el tiempo 5 662,5 $\mu\text{S/cm}$. Este comportamiento se explicó por la dinámica fermentativa: al inicio, las levaduras aprovecharon la alta disponibilidad de azúcares y sólidos solubles, lo que incrementó los valores; posteriormente, al agotarse los sustratos y acumularse metabolitos secundarios como ácidos orgánicos y alcoholes superiores, la actividad fermentativa se redujo, provocando la caída en los sólidos disueltos totales. En relación con la conductividad, esta tendencia descendente se entiende porque, a medida que los azúcares se transforman en etanol y compuestos secundarios, disminuye la presencia de sólidos iónicos en el medio. La conductividad eléctrica depende principalmente de la concentración de iones (minerales, sales, ácidos disociados), y durante la

fermentación muchos de estos se consumen o se transforman en moléculas no iónicas. Por ello, aunque los TDS reflejan la cantidad de compuestos solubles, la conductividad tiende a bajar en paralelo, ya que el medio pierde capacidad de transportar carga eléctrica. La reducción de TDS y de conductividad es un indicador natural del avance fermentativo, mostrando que los azúcares fueron metabolizados y la matriz química del producto cambio a una bebida más estable y con menor carga iónica, lo cual coincide con lo reportado en estudios sobre fermentación de jugos tropicales (Álvarez-Sala Walther *et al.*, 2021; Nemo & Bacha, 2020).

Tabla 47: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de conductividad controles vs tratamientos.

Tratamiento	$ \bar{x}_i - \bar{x}_c $	Diferencia de control
Q1 - T1	14,86	NO
Q1 - T2	645,64	SI
Q1 - T3	628,56	SI
Q2 - T4	95,92	SI
Q2 - T5	247,48	SI
Q2 - T6	255,58	SI

Donde: Los tratamientos evaluados (T1-T6) y dos controles (Q1-Q2). Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_c|$ Excede $D(0.05\%) = 86,98$ el límite de este entonces la media del tratamiento correspondiente es diferente a la del Q1 y Q2.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Ho: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$; El tratamiento es igual al tratamiento control.

Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$; El tratamiento no es igual al tratamiento control.

Los resultados obtenidos evidencian que, para el tratamiento T1 y el control Q1, se aceptó la hipótesis nula $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$, lo que indica ausencia de diferencias significativas en la conductividad eléctrica. Esta similitud se explica por la composición de las formulaciones: ambos contienen achotillo y azúcar, variando únicamente en la concentración de levadura (0,2 g/L en Q1 frente a 0,4 g/L en T1). La duplicación de la concentración de levadura no generó un efecto estadísticamente relevante sobre la conductividad, lo que sugiere que, dentro de este rango, la variable no es sensible a cambios menores en la inoculación inicial (Meraz & Pérez, 2019), (Ver **Tabla 47**).

El contraste observado en los tratamientos T2–T6, donde se aceptó la hipótesis alternativa $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$ confirma que existieron diferencias significativas respecto a los controles Q1 y Q2. Este hallazgo es relevante porque demuestra que las modificaciones introducidas en las

formulaciones sí influyeron en la dinámica del sistema, alterando la conductividad y reflejando una respuesta diferenciada frente a las condiciones de referencia.

En términos de interpretación, este resultado puede considerarse positivo, ya que evidencia que los factores experimentales (tipo de fruta y endulzante) tuvieron un impacto real sobre la matriz fermentativa, lo cual aporta información útil para comprender cómo cada variable contribuye a la evolución del producto. Además, coincide con lo señalado por Mesías (2024), quien destaca que la conductividad es un parámetro sensible a las modificaciones en la composición del medio, y por tanto un buen indicador de la dinámica fermentativa.

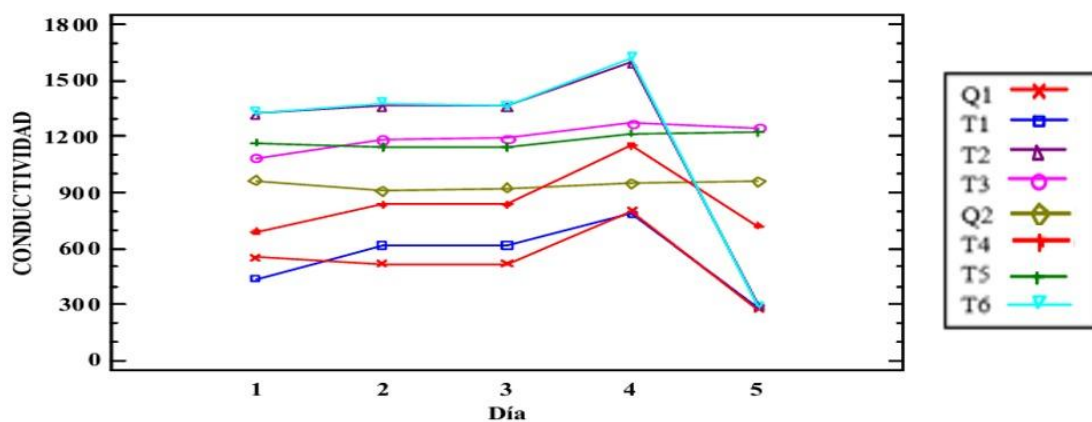


Figura 16: Comportamiento de la Conductividad de los diferentes tratamientos y controles en función al tiempo.
Donde: T: tratamientos (T₁-T₆); Donde: Q: Controles (Q₁-Q₂); Q₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 04g/L); T₂ (Achotillo + semilla con panela+0,2g/L); T₃ (Achotillo + semilla con panela+ 0,4g/L); Q₂ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₄ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₅ (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T₆ (Guayaba + semilla con panela +0,4g/L); Tiempo de fermentación: 1: inicio de la fermentación; 2: día 11 etapa final de fermentación) 3: día 12 sulfitación;4: del día 24 reposo; 5: del día (24 – 153) y maduración

La **Figura 16**, presenta el comportamiento de la conductividad en función del tiempo, donde los tratamientos T₆ (Guayaba + panela+ 0,4g/L), T₂ (Achotillo + panela + 0,2g/L) y el control T₅ (Guayaba + panela + 0,2g/L) mantuvieron los valores más altos en comparación con el resto, durante el periodo de fermentación y maduración. Este resultado se relacionó directamente con los factores principales de las formulaciones, especialmente el tipo de fruta y el endulzante empleado.

La fruta aportó compuestos como ácidos orgánicos, potasio y calcio, los cuales modificaron la carga iónica del mosto y, en consecuencia, la conductividad del sistema. Por su parte, los endulzantes influyeron en la disponibilidad de sustratos y en la presencia de minerales: la panela, al conservar más minerales y compuestos iónicos, favoreció una mayor conductividad; mientras que el azúcar refinado, al estar compuesta casi exclusivamente por sacarosa,

contribuyó menos a la carga iónica del medio. La tendencia observada reflejó que la composición de la fruta y el tipo de endulzante fueron los factores con mayor impacto en la conductividad, confirmando lo señalado por Savedra (2020), quien destaca que los compuestos minerales y orgánicos presentes en las frutas pueden modificar significativamente la conductividad de las bebidas fermentadas.

11.2.8. Comparación de polifenoles en bebidas fermentadas de achotillo y guayaba bajo diferentes tipos de endulzantes y concentraciones de levadura.

El análisis de varianza tabulado en la **Tabla 48**, perteneciente al parámetro de polifenoles donde se identifican diferencias significativas en los tratamientos y factores (B), (C) y (D). No obstante, en el factor (A) no evidenció diferencias significativas.

Hipótesis nula: Ho: Los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa: Ha: Los tratamientos no son iguales

En la **Tabla 48** se evidenció que para los factores B, C y D se aceptó la hipótesis alternativa, lo que confirmó que estos influyeron significativamente en la concentración de polifenoles. En contraste, para el factor A (tipo de fruta) se aceptó la hipótesis nula, indicando que no existieron diferencias significativas. No obstante Marquina *et al.*, (1966), reportó el contenido de polifenoles de estas dos frutas, achotillo (0,95 g GAE/100 g) y guayaba (10,36 g GAE/100 g). El promedio general obtenido fue de 971,861 mg GAE/100 g, con un coeficiente de variación (CV) de 9,75 %, reflejando una baja heterogeneidad en los datos.

El factor C (concentración de levadura) mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), lo que evidenció que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* influyeron en la liberación y transformación de polifenoles. Tal como señala Suárez, (2016), esta especie no solo transforma la composición del medio, sino que también produce enzimas capaces de modificar estructuras fenólicas, afectando su concentración y biodisponibilidad en las bebidas fermentadas.

Asimismo, las interacciones AB, AC, AD, BC, CD, ABC, ABD y BCD demostraron diferencias significativas, mientras que BD, ACD y ABCD no lo hicieron. Este comportamiento interactivo influyó en el desarrollo y evolución de los polifenoles, manteniendo una baja heterogeneidad entre los datos durante la fermentación y maduración, lo cual coincide con lo reportado por Pérez *et al.*, (2018) quienes destacan que la interacción de factores experimentales condiciona la liberación y estabilidad de compuestos fenólicos en matrices fermentadas.

Tabla 48: Análisis de varianza para un DCA en la determinación de los polifenoles en la bebida.

Factores	SC	GL	MS	Razón -F	Valor- P 0.05%
Total	1528,1	-	-	-	-
Tratamientos	7263,4	7	1037,63	287,32	*
A-Fruta	0,505	1	0,505	0,05	NS
B-Endulzante	51,436	1	51,436	5,17	*
C-Levadura	916,76	1	916,76	92,11	*
D-Día	5797,0	1	5797,0	582,46	*
AB	2040,1	1	2040,1	204,98	*
AC	707,565	1	707,565	71,09	*
AD	879,931	1	879,931	88,41	*
BC	2106,75	1	2106,75	211,68	*
BD	6,0649	1	6,0649	0,61	NS
CD	62,220	1	62,220	6,25	*
ABC	1287,75	1	1287,75	129,39	*
ABD	606,252	1	606,252	60,91	*
ACD	9,389	1	9,389	0,94	NS
BCD	209,438	1	209,438	21,04	*
ABCD	20,906	1	20,906	2,10	NS
E. Exp	265,405	32	8,29	-	-

Nota: Factores: A(Fruta); B(Endulzantes); C(Levadura); D(Día)-SC (Suma de Cuadrados); GL (Grados de Libertad); MS (Cuadrado Medio); Razón -F (Valor F); P-Valor (Probabilidad Asociada); NS (No significativo); E. Exp (Variación entre datos) * (Diferencias Significativas < 0.05 %). Promedio: 28,289mg GAE/100 ml; CV: 10,180%.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

El Anova indicó que existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y factores evaluados. Por esta razón, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar específicamente qué tratamientos y qué niveles de los factores presentaron medias estadísticamente iguales entre sí y cuáles difirieron de manera significativa (Ver Tablas 49, 50, 51, 52, 53).

Tabla 49: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor tratamientos.

Tratamientos	Promedio (mg GAE/100ml)	Rango de Tukey
Q2	53,64	E
T3	36,68	D
T2	34,84	
T6	24,71	C
Q1	22,53	
T5	18,79	B
T1	18,54	
T4	13,30	A
Error	0,775	
estándar		

Donde: (T1-T6), son los tratamientos y (Q1-Q2), son los controles. Promedio de 45 tratamientos de bebida fermentada de (achotillo – guayaba) y 2 controles.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La guayaba se caracterizó por su elevada concentración inicial de polifenoles 10,36 g GAE/100 g, (Marquina *et al.*, 1966) lo que explica el comportamiento del control con un valor de Q2 53,64 mg GAE/100ml. Por otro lado, el uso de panela en el tratamiento T3 36,68 GAE/100ml, aportó compuestos adicionales como minerales, ácidos orgánicos y melanoidinas, que favorecieron la extracción y estabilidad de polifenoles durante la fermentación. En contraste, el azúcar refinado, al estar compuesta casi exclusivamente por sacarosa, no contribuyó de manera significativa a la presencia de compuestos fenólicos, aunque sí facilitó la fermentación por su pureza.

Este comportamiento sugiere que el endulzante condicionó la liberación y estabilidad de polifenoles, generando diferencias notables entre tratamientos. En línea con lo señalado por Álvarez *et al.* (2021), ciertos endulzantes pueden adaptarse mejor a determinadas frutas, potenciando la presencia de polifenoles en el producto final y mejorando su perfil funcional.

La bebida fermentada constituye un referente para establecer rangos de concentración de polifenoles. Fernández *et al.* (2012) reportó valores mínimos de 16,73 mg GAE/100 ml y máximos de 31,80 mg GAE/100 ml en bebidas fermentadas de frutas tropicales. En el presente estudio, las formulaciones elaboradas con achotillo (*Nephelium lappaceum*) y guayaba

(*Psidium guajava*) se ubicaron dentro de los rangos descritos por Requena, (2017), con valores mínimos de 13,30 mg GAE/100 ml y máximos de 53,64 mg GAE/100 ml. Estos resultados confirman que las bebidas evaluadas no solo se ajustaron a los parámetros de referencia, sino que en algunos casos superaron los valores máximos previamente reportados, lo que evidencia un potencial funcional elevado.

Tabla 50: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor endulzante.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
B: Endulzante	(mg GAE/100ml)	
B1	27,006	A
B2	29,093	B
Error estándar	0,643	

Donde: (B1); Azúcar (B2); Panela. Promedio de 180 determinaciones del factor Endulzantes

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 50**, describe las diferencias significativas ($p < 0,05\%$) indicando que el tipo de endulzante B1: (azúcar) se agrupó en el rango A, con un valor de 27,00 mg GAE/100ml más bajo y el tipo de endulzante B2: (panela) se ubicó en el rango B, con un valor alto de 29,09 mg GAE/100ml, estos resultados confirman que el tipo de endulzante influyó de manera significativa en la concentración de polifenoles para la bebida fermentada de achotillo y guayaba. Dependiendo principalmente de los minerales presentes en los endulzantes, para acoplarse de mejor manera a las características fitoquímicas de las frutas durante el proceso de fermentación y maduración (Cabrera, 2012).

Tabla 51: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor levadura.

Factor	Promedio	Rango de Tukey
C: Levadura	(mg GAE/100ml)	
C1	32,454	B
C2	23,645	A
Error estándar	0,643	

Donde: (C1); 0,2g/L de levadura (C2); 0,4g/L. Promedio de 180 determinaciones del factor Levadura

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 51**, describe las diferencias significativas ($p < 0,05\%$) indicando que la concentración de levadura C2: (0,4g/L) se agrupó en el rango A, con un valor de 23,64 mg GAE/100ml más bajo y la concentración de levadura C1: (0,2g/L) se ubicó en el rango B, con un valor alto de

32,45 mg GAE/100ml, confirmando que la concentración de levadura influyó significativamente en la interacción de los factores. Este comportamiento se relaciona con lo expuesto por Suárez (2016), quien indica que la especie *S. cerevisiae* no solo transforma los sustratos fermentables, sino que también produce enzimas capaces de modificar la estructura de los compuestos fenólicos, lo que incide directamente en su concentración durante el proceso fermentativo.

La **Tabla 51** mostró que la concentración de levadura influyó significativamente en la evolución de los polifenoles: la dosis C2 (0,4 g/L) se agrupó en el rango A con un valor más bajo 23,64mg GAE/100ml, mientras que la dosis C1 (0,2 g/L) se ubicó en el rango B con un valor más alto (32,45 mg GAE/100ml. Esta diferencia evidenció que la cantidad de levadura condicionó la liberación y transformación de compuestos fenólicos.

La relación entre polifenoles y la concentración de *Saccharomyces cerevisiae* se explica porque, además de fermentar los azúcares, esta especie produce enzimas extracelulares (como β -glucosidasas y esterasa) capaces de modificar la estructura de los compuestos fenólicos. Dichas enzimas pueden hidrolizar enlaces, liberar polifenoles ligados y transformar su composición, afectando tanto la concentración como la biodisponibilidad de estos compuestos en la bebida. Así, también una mayor concentración de levadura (0,4 g/L) intensificó la actividad enzimática y el consumo de sustratos, lo que derribó en una reducción relativa de polifenoles; mientras que una concentración moderada (0,2 g/L) favoreció su estabilidad y mayor presencia en el producto final. Este comportamiento coincide con lo señalado por Suárez, (2016), quien destaca que la levadura *S. cerevisiae* no solo transforma los sustratos fermentables, sino que también altera la estructura de los compuestos fenólicos, incidiendo directamente en su concentración durante el proceso fermentativo.

Tabla 52: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles factor tiempo.

Factor	Promedio	Rango de
D: Tiempo	(mg GAE/100ml)	Tukey
1	16,974	A
2	39,125	B
Error estándar	0,663	

Donde: 1 (corresponde a la etapa de fermentación); 2 (corresponde a la etapa de maduración). Promedio: de 25 determinaciones.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La **Tabla 52**, muestra la tendencia creciente de los polifenoles a lo largo del tiempo tomando de referencia 1: día 0 después de terminar la fermentación y 2: después de 3 meses de

maduración. El día (1) se ubicó en el rango inicial A con valor de 16,97 mg GAE/100ml, en concentración de polifenoles, mientras que el día (2) se ubicó en el rango B con valores de 39,12 mg GAE/100ml. Este comportamiento asegura que la concentración de polifenoles se incrementa o se transforma conforme avanza el tiempo. Según Bedoya, (2017) señala que el tiempo de fermentación a maduración del vino, influye directamente en la extracción de antocianinas y otros polifenoles definiendo el perfil final de la bebida fermentada (Pezo, 2023).

Tabla 53: Prueba de Tukey al 0.05% de significancia de polifenoles controles vs tratamientos.

Tratamiento	$ \bar{x}_i - \bar{x}_c $	Diferencia de control
Q1 - T1	3,98	SI
Q1 - T2	12,31	SI
Q1 - T3	14,15	SI
Q2 - T4	40,34	SI
Q2 - T5	34,85	SI
Q2 - T6	28,93	SI

Donde: Los tratamientos evaluados (T1-T6) y dos controles (Q1-Q2). Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_c|$ Excede $D(0.05\%) = 3,55$ el límite de este entonces la media del tratamiento correspondiente es diferente a la del Q1 y Q2.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Ho: $|\bar{x}_i = \bar{x}_c|$; El tratamiento es igual al tratamiento control.

Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$; El tratamiento no es igual al tratamiento control.

La aceptación de la hipótesis alternativa Ha: $|\bar{x}_i \neq \bar{x}_c|$, demostró que los tratamientos difirieron significativamente de los controles Q1 y Q2, lo que confirma que las variaciones introducidas en los factores experimentales principalmente el tipo de endulzante y la concentración de levadura, tuvieron un impacto directo en la concentración de polifenoles.

Los controles representaron condiciones estándar, mientras que los tratamientos incorporaron combinaciones distintas de fruta, endulzante y levadura, generando respuestas diferenciadas. La panela, por su mayor contenido de minerales y compuestos reductores, favoreció la extracción y estabilidad de polifenoles, mientras que la azúcar refinada, al estar compuesta casi exclusivamente por sacarosa, aportó menos a la fracción fenólica. A su vez, las distintas concentraciones de levadura *S. cerevisiae* influyeron en la liberación y transformación de polifenoles mediante enzimas extracelulares, lo que explica las diferencias observadas.

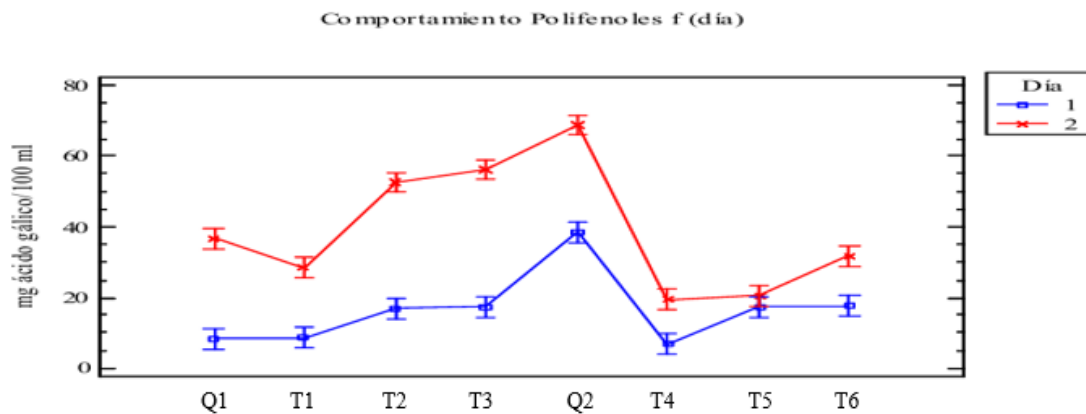


Figura 17: Comportamiento de polifenoles de los diferentes tratamientos y controles en función del tiempo.
Donde T: tratamientos (T₁-T₆); **Donde Q:** Controles (Q₁-Q₂); Q₁ (Achotillo + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₁ (Achotillo + semilla con azúcar+ 04g/L); T₂ (Achotillo + semilla con panela+0,2g/L); T₃ (Achotillo + semilla con panela+ 0,4g/L),; Q₂ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,2g/L); T₄ (Guayaba + semilla con azúcar + 0,4g/L); T₅ (Guayaba + semilla con panela + 0,2g/L); T₆ (Guayaba + semilla con panela +0,4g/L); (1): Día 0 al terminar la fermentación (2): después de 3 meses de maduración.

En la **Figura 17**, se presenta el comportamiento de los polifenoles en función de dos tiempos. Se observó que la concentración de polifenoles en los tratamientos y controles fue menor en el día 1, mientras que en el día 2 se registró un incremento significativo en todos los casos. Este patrón reflejó la dinámica propia del proceso fermentativo, donde al inicio la liberación de compuestos fenólicos es limitada, pero conforme avanza la fermentación y maduración, las enzimas producidas por las levaduras favorecen la transformación y liberación de polifenoles desde las matrices frutales. En consecuencia, el aumento observado en el segundo día confirmó que la interacción entre el endulzante y la concentración de levadura influyó directamente en la evolución de estos compuestos bioactivos, potenciando el perfil funcional de las bebidas fermentadas.

11.3. Análisis Microbiológicos

Tabla 54: Tabla de datos Microbiología

Producto	T	n	<i>E-Coli y coliformes</i> totales (UFC)	Mohos y Levaduras (UP)
(AA)	Q ₁	3	Ausencia	1x10 ²
(AA)	T ₁	3	Ausencia	1x10
(AP)	T ₂	3	Ausencia	1x10
(AP)	T ₃	3	Ausencia	1x10
(GA)	Q ₂	3	Ausencia	3x10 ²
(GA)	T ₄	3	Ausencia	3x10 ²
(GP)	T ₅	3	Ausencia	1x10 ²
(GP)	T ₆	3	Ausencia	1x10 ²

Nota: Donde, T: Tratamientos (T1-T6); Q1 y Q2 (Controles); AA (achotillo x azúcar), AP (achotillo x panela), GA (guayaba x azúcar), GP (guayaba x panela); UFC: unidades formadoras de colonias por mililitro de muestra; UP: Unidades propagadoras.

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

Los resultados tabulados en la **Tabla 54**, evidenció que en todos los tratamientos y controles se registró ausencia de *E. coli*, lo cual confirma que las condiciones de elaboración de las bebidas fermentadas fueron adecuadas y seguras, evitando contaminaciones que pudieran comprometer la salud del consumidor. En cuanto al conteo de mohos y levaduras, los valores oscilaron entre (1×10 a 3×10^2) UP, siendo más bajos en el tratamiento T1 (achotillo + azúcar + 0,4 g/L) y más altos en el tratamiento T5 (guayaba + panela + 0,2 g/L). Estos niveles se consideran bajos y no representan riesgos microbiológicos, lo que sugiere un manejo eficiente de la fermentación controlada sin contaminaciones significativas. De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 374, (2016), las bebidas fermentadas deben garantizar la ausencia de microorganismos patógenos y mantener niveles aceptables de microorganismos indicadores de calidad. Los resultados obtenidos cumplen con estos criterios, demostrando que las formulaciones evaluadas presentan inocuidad microbiológica y el proceso aplicado fue adecuado para asegurar la calidad y seguridad del producto final.

11.4. Perfil sensorial

El perfil sensorial constituye un aspecto fundamental en la evaluación de las bebidas fermentadas, ya que permite establecer la aceptación del producto por parte del consumidor y valorar su calidad integral más allá de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. A través del análisis sensorial se identificaron atributos como apariencia, olor y sabor, los cuales

reflejan la interacción entre la fruta base, el tipo de endulzante, levadura, tiempo del proceso fermentativo. La importancia de este perfil radica en que los compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y metabolitos secundarios generados durante la fermentación influyen directamente en la percepción sensorial, aportando complejidad y diferenciación a cada formulación (Pérez *et al*, 2025; Villacis, 2011). Además, el uso de endulzantes como la panela contribuye con notas caramelizadas, mientras que frutas como la guayaba y el achotillo enriquecen el producto con matices frutales y frescos.

11.4.1. Aceptabilidad general

Tabla 55: Tabla de aceptabilidad general de la bebida

Tratamientos	n	Aceptación General
Q ₁	100	5,71 ± 0,137 ^{ab}
T ₁	100	6,02 ± 0,137 ^c
T ₂	100	5,06 ± 0,137 ^a
T ₃	100	5,21 ± 0,137 ^{ab}
Q ₂	100	5,76 ± 0,137 ^{bc}
T ₄	100	6,04 ± 0,137 ^c
T ₅	100	5,65 ± 0,137 ^{abc}
T ₆	100	5,74 ± 0,137 ^{abc}

Nota: Donde, T: Tratamientos (T1-T6); Q1 y Q2 (Controles); n (número de panelistas).

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

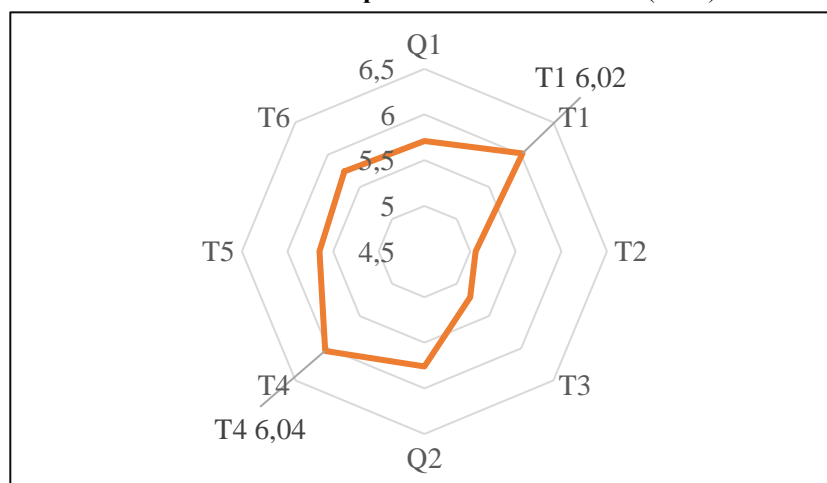


Figura 18: Evaluación sensorial de la aceptabilidad general.

Donde: Q₁(achotillo x azúcar x 0.2 g/L levadura); T₁(achotillo x azúcar x 0.4 g/L levadura); T₂(achotillo x panela x 0.2 g/L levadura); T₃(achotillo x panela x 0.4 g/L levadura); Q₂(guayaba x azúcar x 0.2g/L levadura); T₄(guayaba x azúcar x 0.4g/L levadura); T₅(guayaba x panela x 0.2g/L levadura); T₆(guayaba x panela x 0.4g/L levadura); 1: Extremadamente desagradable; 2 :Muy desagradable; 3 :Bastante desagradable; 4 :Desagradable; 5 : Ni agradable ni desagradable; 6 :Agradable; 7 :Bastante agradable; 8 : Muy agradable; 9 :Extremadamente agradable.

La evaluación sensorial del parámetro de aceptabilidad general mencionado por Ayala & Ordaz, (2017), reveló diferencias significativas entre los tratamientos y los controles establecidos (Q1: achotillo + azúcar; Q2: guayaba + azúcar). El tratamiento T4 obtuvo la mayor puntuación promedio ($6,04 \pm 0,137^c$, agradable) de manera similar, el tratamiento T1, ($6,02 \pm 0,137^c$), ambos superiores a los controles. Estos resultados demuestran que ciertos tratamientos lograron mejorar la percepción sensorial de la bebida en comparación con el resto de formulaciones. Este resultado evidenció que ciertas formulaciones lograron mejorar la percepción sensorial de la bebida, en comparación con los controles, lo que se traduce en una mayor aceptación por parte de los consumidores. En general, se observó una aceptación positiva dentro de la escala hedónica aplicada, tanto en los tratamientos (1–6) como en los controles (Q1–Q2), aunque con diferencias claras que favorecen a los tratamientos T4 y T1, (ver **Tabla 55**).

11.4.2. Perfil apariencia

Tabla 56: Perfil de apariencia en Bebidas

Tratamientos	n	Color	Brillo	Limpieza	Transparencia	Cuerpo de la copa
Q ₁	10	$5,7 \pm 0,402^a$	$6,2 \pm 0,370^a$	$6,4 \pm 0,456^a$	$5,9 \pm 0,573^a$	$5,9 \pm 0,573^a$
T ₁	10	$6,3 \pm 0,402^a$	$6,3 \pm 0,370^a$	$6,3 \pm 0,456^a$	$5,4 \pm 0,573^a$	$5,4 \pm 0,573^a$
T ₂	10	$5,8 \pm 0,402^a$	$5,6 \pm 0,370^a$	$5,8 \pm 0,456^a$	$4,9 \pm 0,573^a$	$4,9 \pm 0,573^a$
T ₃	10	$6,0 \pm 0,402^a$	$5,9 \pm 0,370^a$	$5,6 \pm 0,456^a$	$5,2 \pm 0,573^a$	$5,2 \pm 0,573^a$
Q ₂	10	$6,1 \pm 0,402^a$	$5,6 \pm 0,370^a$	$6,3 \pm 0,456^a$	$6,1 \pm 0,573^a$	$6,1 \pm 0,573^a$
T ₄	10	$5,9 \pm 0,402^a$	$5,5 \pm 0,370^a$	$4,9 \pm 0,456^a$	$5,7 \pm 0,573^a$	$5,7 \pm 0,573^a$
T ₅	10	$5,8 \pm 0,402^a$	$6,1 \pm 0,370^a$	$5,7 \pm 0,456^a$	$6,2 \pm 0,573^a$	$6,2 \pm 0,573^a$
T ₆	10	$5,8 \pm 0,402^a$	$5,3 \pm 0,370^a$	$4,9 \pm 0,456^a$	$4,5 \pm 0,573^a$	$4,5 \pm 0,573^a$

Nota: Donde Q1 y Q2 (Controles); T1-T6 (Tratamientos); n (Panelistas entrenados).

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La evaluación sensorial del perfil de apariencia no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y los controles (Q1 y Q2). Los atributos considerados color (6,3), brillo (6,3), limpieza (6,4), transparencia (6,2) y cuerpo en la copa (6,2) obtuvieron puntuaciones similares en todos los casos.

Estos valores fueron calificados como agradables dentro de la escala hedónica, lo que indica que tanto los tratamientos como los controles mantuvieron un nivel homogéneo y aceptable de calidad visual. En conjunto, los resultados reflejan que la apariencia de las bebidas fermentadas

fue consistente y uniforme, sin diferencias perceptibles que afectan la aceptación del consumidor (Ver **Tabla 56** y **Figura 19**)

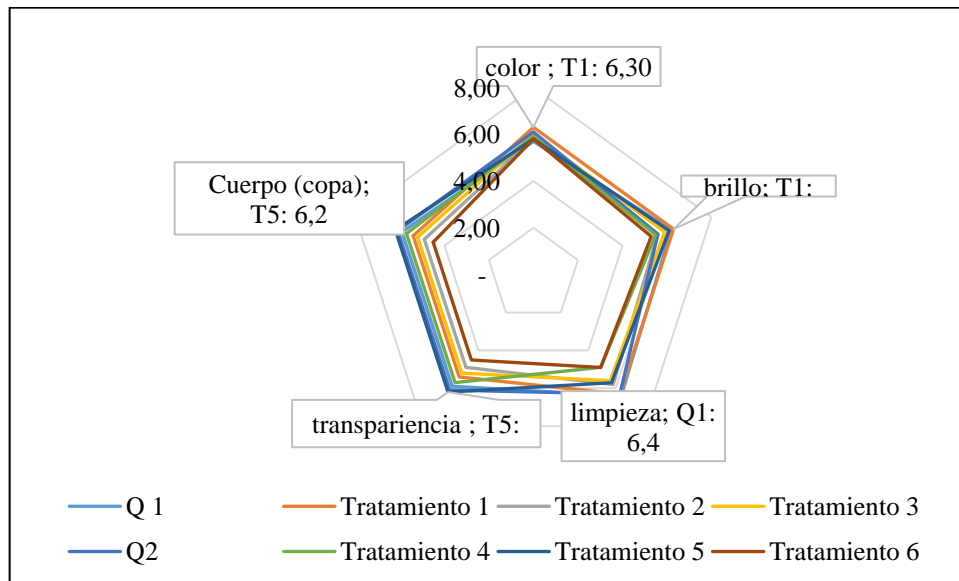


Figura 19: Evaluación sensorial Perfil apariencia.

Donde: Q₁(achotillo x azúcar x 0.2 g/L levadura); T₁(achotillo x azúcar x 0.4 g/L levadura); T₂(achotillo x panela x 0.2 g/L levadura); T₃(achotillo x panela x 0.4 g/L levadura); Q₂(guayaba x azúcar x 0.2g/L levadura); T₄(guayaba x azúcar x 0.4g/L levadura); T₅(guayaba x panela x 0.2g/L levadura); T₆(guayaba x panela x 0.4g/L levadura); 1: Extremadamente desagradable; 2 :Muy desagradable; 3 :Bastante desagradable; 4 :Desagradable; 5 : Ni agradable ni desagradable; 6 :Agradable; 7 :Bastante agradable; 8 : Muy agradable; 9 :Extremadamente agradable.

11.4.3. Perfil Olor

Tabla 57: Perfil de olor en bebidas

Tratamientos	n	Olor frutal	Balance y armonía	Persistencia
Q ₁	10	6,4 ± 0,393 ^a	6,0 ± 0,288 ^a	6,4 ± 0,302 ^a
T ₁	10	6,3 ± 0,393 ^a	6,1 ± 0,288 ^a	6,1 ± 0,302 ^a
T ₂	10	6,2 ± 0,393 ^a	6,0 ± 0,288 ^a	5,7 ± 0,302 ^a
T ₃	10	6,2 ± 0,393 ^a	6,0 ± 0,288 ^a	5,7 ± 0,302 ^a
Q ₂	10	6,4 ± 0,393 ^a	6,4 ± 0,288 ^a	6,3 ± 0,302 ^a
T ₄	10	6,6 ± 0,393 ^a	5,9 ± 0,288 ^a	6,1 ± 0,302 ^a
T ₅	10	6,5 ± 0,393 ^a	6,4 ± 0,288 ^a	6,3 ± 0,302 ^a
T ₆	10	6,6 ± 0,393 ^a	6,9 ± 0,288 ^a	6,3 ± 0,302 ^a

Nota: Donde Q₁ y Q₂ (Controles); T₁-T₆ (Tratamientos); n (Panelistas entrenados).

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La evaluación sensorial del perfil olor realizada por 10 panelistas no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y los controles (Q₁ y Q₂). Los atributos considerados

fueron olor frutal, balance y armonía, y persistencia, todos con puntuaciones dentro de la categoría “agradable” en la escala hedónica. El olor frutal alcanzó una puntuación de 6,6, reflejando una percepción aromática intensa y agradable para los consumidores. En el atributo balance y armonía, se obtuvo una puntuación de 6,9, lo que indica una integración equilibrada de las notas aromáticas sin predominio excesivo de algún componente. La persistencia del olor registró 6,4, evidenciando una permanencia moderada y aceptable del aroma en boca y nariz.

En conjunto, estos resultados demuestran que el perfil aromático de las bebidas fermentadas fue homogéneo y bien valorado, destacando la intensidad frutal y el equilibrio sensorial como atributos positivos que favorecen la aceptación general del producto.

(Ver **Tabla 57** y **Figura 20**).

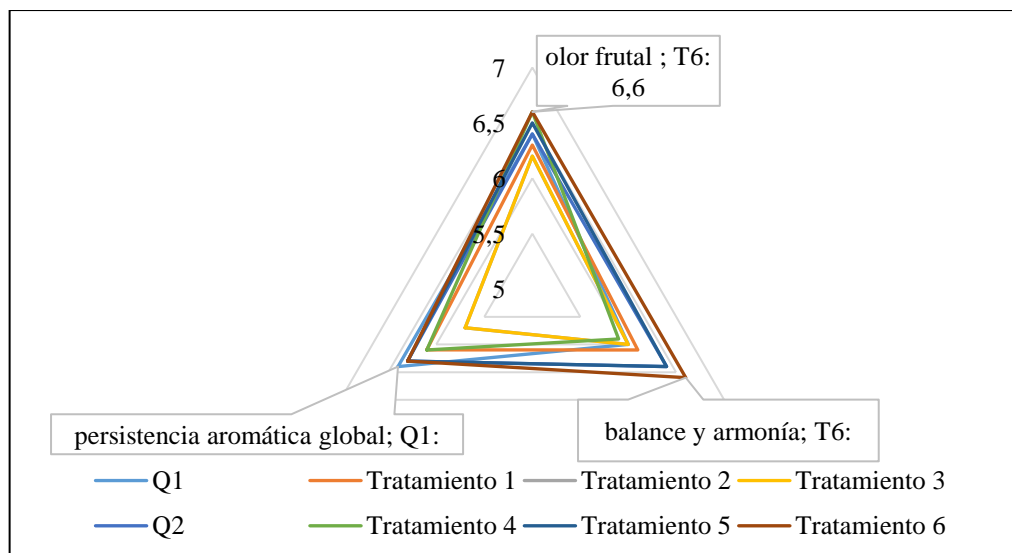


Figura 20: Evaluación sensorial perfil olor.

Donde: Q₁(achotillo x azúcar x 0.2 g/L levadura); T₁(achotillo x azúcar x 0.4 g/L levadura); T₂(achotillo x panela x 0.2 g/L levadura); T₃(achotillo x panela x 0.4 g/L levadura); Q₂(guayaba x azúcar x 0.2g/L levadura); T₄(guayaba x azúcar x 0.4g/L levadura); T₅(guayaba x panela x 0.2g/L levadura); T₆(guayaba x panela x 0.4g/L levadura); 1: Extremadamente desagradable; 2 :Muy desagradable; 3 :Bastante desagradable; 4 :Desagradable; 5 : Ni agradable ni desagradable; 6 :Agradable; 7 :Bastante agradable; 8 : Muy agradable; 9 :Extremadamente agradable.

11.4.4. Perfil sabor

Tabla 58: Perfil del sabor en la bebida

Tratamientos	n	Dulzor	Acidez	Cuerpo (sabor)	Astringencia	Balance y armonía	Picor
Q1	10	5,2 ± 0,475 ^a	5,1 ± 0,359 ^a	6,2 ± 0,335 ^{ab}	5,6 ± 0,387 ^a	5,9 ± 0,423 ^a	5,5 ± 0,442 ^a
T1	10	5,6 ± 0,475 ^a	5,9 ± 0,359 ^a	5,9 ± 0,335 ^{ab}	6,2 ± 0,387 ^a	6,6 ± 0,423 ^a	5,7 ± 0,442 ^a
T2	10	5,1 ± 0,475 ^a	5,2 ± 0,359 ^a	5,2 ± 0,335 ^{ab}	5,0 ± 0,387 ^a	4,9 ± 0,423 ^a	5,5 ± 0,442 ^a
T3	10	5,0 ± 0,475 ^a	5,5 ± 0,359 ^a	5,7 ± 0,335 ^a	5,3 ± 0,387 ^a	6,2 ± 0,423 ^a	5,3 ± 0,442 ^a
Q1	10	5,5 ± 0,475 ^a	5,7 ± 0,359 ^a	6,4 ± 0,335 ^{ab}	5,6 ± 0,387 ^a	5,4 ± 0,423 ^a	5,3 ± 0,442 ^a
T4	10	6,1 ± 0,475 ^a	5,5 ± 0,359 ^a	6,3 ± 0,335 ^{ab}	5,7 ± 0,387 ^a	5,1 ± 0,423 ^a	5,3 ± 0,442 ^a
T5	10	5,8 ± 0,475 ^a	6,0 ± 0,359 ^a	6,7 ± 0,335 ^{ab}	6,2 ± 0,387 ^a	6,1 ± 0,423 ^a	6,0 ± 0,442 ^a
T6	10	5,9 ± 0,475 ^a	5,5 ± 0,359 ^a	6,0 ± 0,335 ^b	5,2 ± 0,387 ^a	5,7 ± 0,423 ^a	5,3 ± 0,442 ^a

Nota: Donde Q1 y Q2 (Controles); T1-T6 (Tratamientos); n (Panelistas entrenados).

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

La evaluación sensorial del sabor mostró que, respecto a los atributos de dulzor (6,1), acidez (6,0), astringencia (6,2), balance y armonía (6,6) y picor (6,0), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y los controles (Q1 y Q2). Estos valores se ubicaron dentro de la categoría “agradable”, lo que indica una percepción homogénea y aceptable en la mayoría de los parámetros gustativos.

Sin embargo, en el atributo cuerpo del sabor sí se evidenciaron diferencias significativas. El tratamiento T5 (guayaba + panela + 0,2 g/L) alcanzó la máxima puntuación con 6,7, reflejando una mayor complejidad y persistencia en la boca, mientras que el tratamiento T2 (achotillo + panela + 0,2 g/L) obtuvo la menor puntuación con 5,2, mostrando un perfil más ligero.

En conjunto, los resultados evidenciaron que, aunque la mayoría de los atributos gustativos se mantuvieron estables entre tratamientos y controles, el cuerpo del sabor fue el factor diferenciador que permitió identificar variaciones sensoriales relevantes, destacando el potencial de ciertas combinaciones de fruta y endulzante para mejorar la percepción global de la bebida fermentada (ver **Tabla 58, Figura 21**).

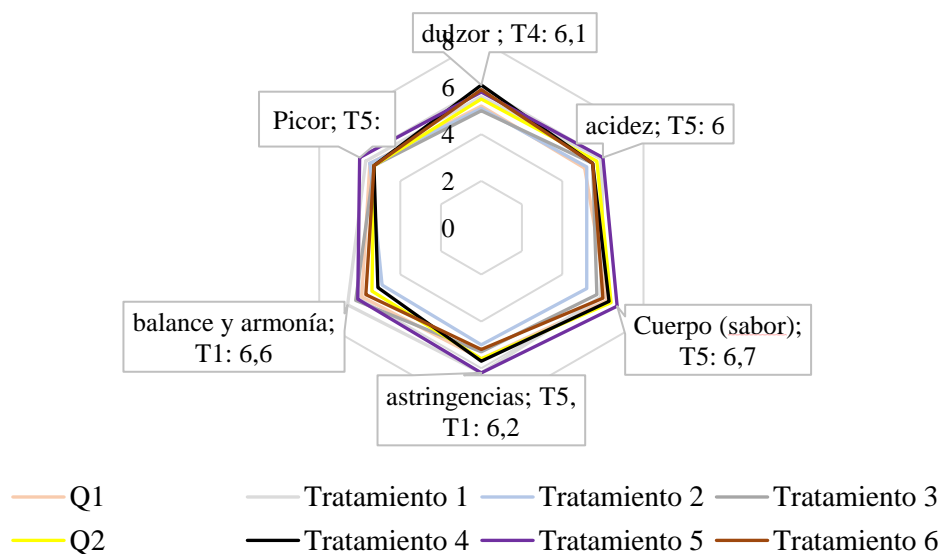


Figura 21: Evaluación sensorial perfil sabor.

Donde: Q₁(achotillo x azúcar x 0.2 g/L levadura); T₁(achotillo x azúcar x 0.4 g/L levadura); T₂(achotillo x panela x 0.2 g/L levadura); T₃(achotillo x panela x 0.4 g/L levadura); Q₂(guayaba x azúcar x 0.2g/L levadura); T₄(guayaba x azúcar x 0.4g/L levadura); T₅(guayaba x panela x 0.2g/L levadura); T₆(guayaba x panela x 0.4g/L levadura); 1 :Extremadamente desagradable; 2 :Muy desagradable; 3 :Bastante desagradable; 4 :Desagradable; 5 : Ni agradable ni desagradable; 6 :Agradable; 7 :Bastante agradable; 8 : Muy agradable; 9 :Extremadamente agradable.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

12.1. Social

El desarrollo de esta investigación aporta de manera significativa al desarrollo en el aprovechamiento y manejo de materias primas tropicales, al ofrecer una alternativa nutritiva frente a bebidas convencionales de bajo valor nutricional. Las bebidas fermentadas de guayaba y achotillo, al conservar compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides y vitaminas, contribuyen a la prevención de enfermedades metabólicas y fortalecen el sistema inmunológico (Enríquez *et al.*, 2020; Marquina *et al.*, 2008).

La investigación genera un impacto directo en la comunidad del recinto “El Progreso, cantón La Maná provincia de Cotopaxi”, al añadir valor a la producción agrícola local y abrir nuevas oportunidades de experimentar con más frutas agrícolas de la zona, en el contexto de los alimentos funcionales con potencial agroindustrial (Morales, 2014). De esta manera, se fomenta la inclusión de pequeños productores en cadenas de valor sostenibles, se impulsa el crecimiento económico rural y se fortalece la seguridad alimentaria de la zona.

12.2. Ambiental

El aprovechamiento integral del achotillo y la guayaba contribuye a la reducción de pérdidas postcosecha y al desperdicio de frutas que no cumplen con los estándares comerciales para el consumo fresco (Salazar *et al.*, 2010). Al implementar procesos de transformación de estas materias primas en bebidas fermentadas, se promueven prácticas sostenibles y una gestión más eficiente de los recursos naturales. La valorización de frutas subutilizadas disminuye la generación de residuos orgánicos y fortalece un modelo de economía circular en el sector agroindustrial. Por consiguiente, el uso de ingredientes naturales y la reducción de aditivos sintéticos permiten reducir la huella ambiental asociada a la producción de bebidas tradicionales. Este enfoque también favorece la conservación de la biodiversidad local, al incentivar el cultivo sostenible de guayaba y achotillo, y al integrar a pequeños productores en cadenas de valor responsables, en coherencia con la agenda global, la investigación se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS ,2, 8, 9 y 12., 2015).

12.3. Técnico

El impacto técnico de esta investigación se fundamenta en la estandarización de un procedimiento innovador para la elaboración de bebidas fermentadas a partir de guayaba y achotillo, aprovechando microorganismos seleccionados "*S. cerevisiae*" y procesos de fermentación (Cruz Sebastian *et al.*, 2025). La incorporación de endulzantes como "azúcar y panela" y los azúcares naturales presentes en las frutas permitió obtener un perfil organoléptico equilibrado, para los perfiles apariencia, olor y sabor.

Mediante el control riguroso de variables críticas como la temperatura de fermentación, el pH, la concentración de sólidos solubles, sólidos disueltos totales (TDS), conductividad de la bebida, tiempo de fermentación a maduración y grados alcohólicos. Se logró optimizar la estabilidad microbiológica y conservar compuestos bioactivos como los polifenoles. La investigación valida la eficiencia de procesos reproducibles a escala agroindustrial, sustentados en análisis estadísticos y normativa técnica vigente, asegurando la repetibilidad y calidad del producto. Además, se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles 2, 8, 9 y 12 (ODS, 2015).

12.4. Económico

Desde una perspectiva económica, la producción de bebidas fermentadas artesanales derivadas del achotillo y la guayaba representa una alternativa de valor agregado para los pequeños productores locales, al transformar materias primas subutilizadas en productos con potencial de mercado. Este tipo de iniciativas abre la posibilidad de generar nuevas fuentes de ingresos para los agricultores de la zona, fortaleciendo la economía rural y promoviendo la diversificación productiva.

La elaboración de estas bebidas no implica grandes inversiones tecnológicas, lo que facilita su implementación y mejora progresiva en comunidades con recursos limitados. Además, la creación de un producto innovador y funcional con aceptación sensorial favorable amplía las oportunidades de comercialización en zonas fijas del mismo recinto, impulsando el desarrollo económico regional a través de la innovación agroindustrial.

13.1. Costos de la bebida artesanal a base de achotillo y guayaba

Los costos asociados a la elaboración del vino artesanal a base de guayaba y achotillo fueron determinados a partir del presupuesto total de insumos, materiales, equipos y análisis

microbiológicos necesarios para el proceso productivo. El costo total del proyecto fue de USD 376,11, valor que incluye un 5 % destinado a imprevistos. Al considerar una producción por lote de 30 valdes, se obtuvo una amortización por lote de USD 12,54. En relación con los costos por lote, el valor correspondiente a la amortización del proyecto fue de USD 12,54, lo que representa el costo total por lote, dado que los insumos y materiales fueron contemplados dentro del presupuesto general del proceso productivo. Respecto a la producción por lote, cada valde presentó una capacidad de 2 litros, y al producirse 30 unidades, se obtuvo un volumen total de 60 litros por lote.

Con base en estos valores, el costo unitario de producción se determinó dividiendo el costo total por lote (USD 12,54) entre la producción obtenida (60 litros), resultando en un costo unitario de USD 0,21 por litro. En cuanto a los ingresos por lote, se consideró un precio de venta de USD 3,50 por litro, valor referencial del mercado para bebidas artesanales fermentadas. Bajo estas condiciones, la producción de 60 litros por lote generó ingresos totales de USD 210,00.

El beneficio neto se obtuvo al restar el costo total por lote (USD 12,54) de los ingresos generados (USD 210,00), alcanzando un valor de USD 197,46 por lote. Finalmente, el índice beneficio–costo (B/C) fue de 16,75, lo que indica que por cada dólar invertido se obtiene un retorno de USD 16,75, evidenciando una alta rentabilidad económica del proceso de elaboración del vino artesanal a base de guayaba y achotillo.

13. PRESUPUESTO

Tabla 59: Presupuesto para la elaboración de la bebida

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Materia Prima (Achotillo) (lb)	15.70	\$1,00	\$15,00
Materia Prima (Guayaba) (lb)	15.57	\$1.20	\$18,00
Azúcar blanca (kg)	7	\$1,01	\$ 7,06
Panela (kg)	7	\$1,00	\$ 7,00
Agua potable (Galones de 4 L)	16	\$1,00	\$16,00
Levadura seca activa (gr)	20	\$0,08	\$1,60
paquete de vaso 6 onz	4	\$1,05	\$4,20
Papel filtro (pliego)	4	\$0,65	\$2,60
Biorreactores plásticos con llave (4 L)	24	\$3,75	\$ 90
Mangueras (m)	24	\$0.25	\$ 6
Papel toalla (rollo)	1	\$1,64	\$1,64
Agua destilada (4L)	4	\$3,90	\$15,60
Botellas de vidrio con corchos (1L)	38	\$1,25	\$47,50
Placas Compact dry análisis microbiológicos E. Coli	12	\$6	\$72,00
Placas Compact dry análisis microbiológicos Mohos y Levaduras	12	\$4.50	\$54,00
Subtotal			\$18,90
Imprevistos (5%)			\$15,99
Total			\$376.11

Elaborado por: Chacón C & Ulloa E (2025)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. CONCLUSIONES

- Se logró desarrollar una *bebida fermentada a base de achotillo* (*Nephelium lappaceum*) y guayaba (*Psidium guajava L.*), aprovechando materias primas de bajo valor comercial y con altas pérdidas en la etapa de postcosecha. Este proceso permitió revalorizar frutas tropicales subutilizadas, transformándolas en un producto con potencial funcional y sensorial competitivo.
- Las bebidas fermentadas elaboradas con achotillo y guayaba cumplieron con los parámetros físico-químicos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 374 (2016) e INEN 372 (2016), lo que evidencia su conformidad normativa y garantiza su calidad. En el parámetro de acidez titulable, el valor mínimo normativo es de 3,5%, mientras que los tratamientos y controles mostraron valores superiores. El Tratamiento T2 (achotillo + panela + 0,2 g/L de levadura) alcanzó 8,33%, y el Control Q2 (guayaba + azúcar + 0,2 g/L de levadura) registró 7,73%, siendo los de mayor influencia.
- En cuanto a los sólidos solubles, los valores obtenidos para las distintas combinaciones de frutas y endulzantes se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 2337, 2008), que fija un intervalo de 5,0 a 15,0 °Brix. Los tratamientos más sobresalientes fueron el T1 (achotillo + azúcar + 0,4 g/L de levadura), con 14,3 °Brix, y el Q1 (achotillo + azúcar + 0,2 g/L de levadura), con 14,1 °Brix.
- Respecto al pH, los resultados se ajustaron a los rangos mínimos de 2,8 a 4,0 establecidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC 708, 2000), En este parámetro destacaron los tratamientos T6 (guayaba + panela + 0,4 g/L de levadura), con un valor de 3,6, y T3 (achotillo + panela + 0,4 g/L de levadura), con 3,5.
- El contenido de grados alcohólicos, se consideraron los criterios de la Norma Técnica Nicaragüense (ICS 03 008, 2013), que establece un rango de 5,0 a 18,0 % v/v. En este caso, los tratamientos más representativos fueron el T1 (achotillo + azúcar + 0,4 g/L de levadura), con 7,9 % v/v, y el Q2 (guayaba + azúcar + 0,2 g/L de levadura) con 7,8 % v/v, confirmando la viabilidad de ambas formulaciones dentro de los límites normativos.
- Se evaluaron los polifenoles al inicio de la maduración y al final de la post maduración, donde los tratamientos y controles, que más sobresalieron fueron los T2 y T3 (achotillo + panela + 0,4g/L levadura), y en la guayaba fue el Q2 (guayaba + azúcar + 0,2g/L levadura)

con los valores de 34.84, 36.68 y 53.64 mg GAE/100 ML, respectivamente, resaltando la influencia del tipo de endulzante y las concentraciones de levadura.

- Todos los tratamientos evaluados cumplieron con los criterios microbiológicos establecidos para mohos y levaduras (INEN 1529 -10, 1993), *Escherichia coli* y *coliformes totales*, (INEN 1529 - 7, 2012) de acuerdo con la Normas Técnicas Ecuatorianas. Estos resultados confirman que el proceso de elaboración y manipulación del producto se realizó bajo condiciones higiénico sanitarias adecuadas, garantizando su inocuidad para el consumo humano.
- Los tratamientos que tuvieron mayor aceptabilidad por los 100 consumidores, fueron T1 (achotillo + azúcar + 0,2g/L de levadura) con una puntuación de $(6,02 \pm 0,137^\circ)$ y el tratamiento T4 (guayaba + azúcar + 0,4 g/L de levadura) con una puntuación de $(6,04 \pm 0,137^\circ)$, y que también fueron calificadas con el mejor perfil sensorial, por parte de los 10 panelistas.

14.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar otras fuentes endulzantes naturales y concentraciones con el objetivo de optimizar el perfil sensorial y ampliar la aceptación del consumidor hacia la bebida tomando en cuenta parámetros y requisitos que estén regularizados en las normas alimentarias nacionales e internacionales.
- Realizar más pruebas envase al diseño experimental con frutas tropicales aprovechables, que puedan aportar interés en la industria alimentaria especialmente en las industrias de bebidas fermentadas, para su respectivo aporte en análisis fisicoquímico y contenidos de polifenoles totales, de cómo éstas pueden desarrollarse en el transcurso de la elaboración.
- Se recomienda promover la elaboración de bebidas fermentadas a base de frutas tropicales, bajo un enfoque de economía circular incentivando el aprovechamiento integral de las materias primas y la reutilización de subproductos, generados durante el proceso como cáscaras y residuos orgánicos. Para la elaboración de abonos o insumos agroecológicos, de esta manera contribuyendo a la reducción del impacto ambiental a la minimización de residuos y el uso eficiente de los recursos naturales.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afzaal, Saeed, Bibi, Ejaz, Shah, Faisal, Ateeq, Asghar, & Shah. (2023). Nutritional, pharmaceutical, and functional aspects of rambutan in industrial perspective: An updated review. En *Food Science and Nutrition* (Vol. 11, Número 7). <https://doi.org/10.1002/fsn3.3379>
- Aguiar, S., Enríquez Estrella, M., & Uvidia Cabadiana, H. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *AXIOMA*, 1(27), 5–11. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Alvarado, Jaime Vera Chang, Diego Tuarez García, & Frank Intriago Flor. (2022). *Fermentación de cacao(Theobroma cacao L.) con adición de levadura (Saccharomyces cerevisiae) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados.*
- Álvarez-Sala Walther, L. A., Slowing Barillas, K., Gómez-Serranillos Cuadrado, P., Torres Segovia, F., Valderrama Rojas, M., & Núñez-Cortés, J. M. (2021). Variabilidad del contenido de polifenoles de distintos tipos de vino y su potencial aplicación al conocimiento de sus efectos biológicos. *Medicina Clínica*, 114(9).
- Anaya-Villalpanda, M. I., Caridad Cobo-Almaguer, H. I., María Guzmán-Armenteros, T. I., Mesa-Mariño III, Y., & Manuel Acea-Fiallo, C. I. (2017). Efecto del tratamiento magnético sobre la fermentación de vino base de azúcar crudo. *Tecnología Química*, 37(3).
- Anzaldúa. (1998, julio 21). *La evaluación sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Practica*.<https://es.scribd.com/document/110969862/Libro-completo-Evaluacion-sensorial-Anzaldua>

- Ávila-Palma, A., Contreras-Martínez, C. S., Gutiérrez-Hernández, R., Ramos-Muñoz, L. G., García-González, J. M., Carranza-Téllez, J., & Carranza-Concha, J. (2023). Caracterización fisicoquímica, polifenoles totales y capacidad antioxidante en tres variedades de guayaba de la región de Santiago el Chique, Zacatecas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1). <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.28>
- Ayala Niño, A., & Jaimez Ordaz, J. (2017). Aceptabilidad de bebidas fermentadas no alcohólicas preparadas a base de cereales-revisión. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 4(8). <https://doi.org/10.29057/icbi.v5i8.2046>
- Ayala Ramírez, S., Reinoso González, W. A., Calderón Rivera, D. S., Jaramillo Londoño, Á. M., & Mesa Fernández, D. J. (2019). Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos. *Avances Investigación en Ingeniería*, 16(1 (Enero-Junio)). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5191>
- Basic Farm. (2021). *Qué son los análisis microbiológicos y qué tipos existen*. Basic Farm.
- Becerril, E. J. (2015). Efecto de la Temperatura en la Clarificación de Vinos Tintos con Proteína De Patata. *Universidad Pública de Navarra*.
- Bedoya Edgar. (2017). *Influencia del tiempo de fermentación con orujos del mosto de uva cabernet sauvignon (vitis vinifera l.) En influence of the time of fermentation with the origins of the mug of uva cabernet sauvignon (vitis vinifera l.) In the extraction of total anthocanes* (vol. 3, número 6).
- Bulgarin Katherine, & Loor Israel. (2018, junio 15). *Estudio Preliminar Fitoquímico y Farmacognóstico de la Corteza del Fruto y del Compuesto Graso de la Semilla*

Amargade Achotillo (Nephelium lappaceum L). UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS MODALIDAD: (INVESTIGACIÓN). <https://1library.co/document/zgwmn1e7-universidad-guayaquil-facultad-ciencias-qu%C3%ADmicas-modalidad-investigaci%C3%B3n-tema.html>

Cabrera Diaz, F. (2012). Bebidas Fermentadas. *UNAD*, (14).

Caceres Liz. (2020). "EFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y SENSORIALES DEL VINO DE *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (COPOAZÚ).

Caiza-Chicaiza, R. C. (2019). *Inducción de floración y cosecha en la guayaba (Psidium guajava), mediante la aplicación de nitrato de potasio (KNO₃).*

Cajamarca Huayllazaca Henry Marcelo. (2017). "ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA BAJA EN CALORÍAS A PARTIR DEL SUERO DULCE OBTENIDO COMO SUBPRODUCTO EN LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO CON *BIFIDUM BACTERIUM* SABORIZADA CON DURAZNO".

Calderón. (2023). *Escuela superior politécnica de Chimborazo sede orellana facultad de recursos naturales.*

Calderón Robles, Feliciano Muñoz, O., & Chirre Flores, J. H. (2016). Estudio del consumo de azúcares reductores durante la fermentación alcohólica del mosto de uva Italia para la obtención de vino blanco. *Industrial Data*, 19(2). <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12842>

Cáñez, G., García, A., Bernal, A., Federico, R., & Wicochea, J. (2015). Conductimetría y titulaciones, ¿cuándo, por qué y para qué? *Educación Química*, 22(2).

- Caridad Suárez-Machín*, N. A. G.-C. C. A. G.-R. (2016). *Levadura Saccharomyces cerevisiae y la producción de alcohol*.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>
- Cartaya Reynaldo. (2001, mayo 14). *Flavonoides: Características Químicas y Aplicaciones*. Cultivos Tropicales, vol 22, núm..2.
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215009001.pdf>
- Castellano, G., & Ramirez, R. (2005). Comportamiento pos cosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) tratados con cloruro de calcio y agua caliente a dos temperaturas de almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2).
- Castillo-Ruiz, R., Castillo-Archila, J. A., Alemán-Castillo, S. E., Castillo-Ruiz, O., & Trejo-Díaz, G. N. (2022). Alternativas para el aprovechamiento del cuajilote (*Parmentiera edulis*): una especie agroindustrial subutilizada. *CienciaUAT*.
<https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i1.1635>
- Celis, Castaño, I. (2019). Fundamentos y metodologías básicas de evaluación sensorial , en el entrenamiento de un panel sensorial (caso práctico : cerveza artesanal). *Tesis Postgrado. Medellin, Colombia*.
- Cevallos-Mendoza, M. J., Chompoy-Salazar, S. M., & Barre-Zambrano, R. (2022). Propiedades fisicoquímicas y sensoriales del vino del pseudofruto de marañón (*anacardium occidentale*). *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 5(9). <https://doi.org/10.46296/ig.v5i9.0043>
- Chávez-Sánchez, H., Grefa-Alvarado, E. L., Villarroel-Núñez, A. F., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2022). Implementación de producción más limpia en una fábrica de dulces de guayaba en Baños de Agua Santa, Ecuador. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 5(1). <https://doi.org/10.22206/cac.2022.v5i1.pp97-112>

- Chivite, L. J. (2005). Gestión de pH en el vino de calidad. *Ministerio de agricultura, pesca y alimentación*.
- Colchen Gil, Sela David, & Nolden Alisa. (2023). *Effect of sugar concentration and fermentation time on secang kombucha drink - IOPscience*.
- Contreras Morales, C. A., & del Campo, M. C. (2014). Productos de la fermentación alcohólica; un beneficio para la salud. *Diplomado en Procesos Químicos*.
- Cristhian Macias. (2025). *Revisión sistemática de los compuestos bioactivos presentes en la cáscara del ahotillo (Nephelium Lappaceum L.) y su aplicación como aditivo alimentario natural*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30895/1/UPS-GT006513.pdf>
- Cruz Sebastian, Olvera Uriel, & Ninahualpa Brandon. (2025, marzo 31). *Cinética enzimática de la fermentación alcohólica en levaduras: producción de CO2 a diferentes concentraciones de glucosa*. <https://es.scribd.com/document/844993836/Documentación-Sensorial-Vinícola>. (2016).
- Enriquez-Valencia, S., Salazar-López, N., Robles-Sanchez, M., González-Aguilar, G., Ayala-Zavala, J., & Lopez-Martinez, L. (2020). Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3). <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.006>
- Fabricio, c. B. C. (2019). Efecto Fermentativo De Cuatro Tipos De Levadura En Un Vino a Base De Grosella Y Carambola Trabajo Experimental. *Universidad Agraria Del Ecuador Facultad*.
- FAO. (2020). LAS PRINCIPALES FRUTAS TROPICALES ANÁLISIS DEL MERCADO 2018. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.

- Federico-Pérez, R. A., Cáñez-Carrasco, M. G., Wicochea-Rodríguez, J. D., Bernal-Mercado, A. T., & García-Alegría, A. M. (2018). Conductimetría y titulaciones, ¿cuándo, por qué y para qué? *Educación Química*, 22(2).
- Fernández Muñoz, R. del P., Mori Culqui, P. L., & Chavez Quintana, S. G. (2022). Efecto del tipo de azúcar en la aceptación y capacidad antioxidante de los chocolates oscuros. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(3). <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i3.810>
- Flores, C. M., Del Angel, E., Frías, D. M., & Gómez, A. L. (2018). Evaluation of physicochemical parameters and heavy metals in water and surface sediment in the ilusiones Lagoon, Tabasco, Mexico. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(2), 39–57. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-02-02>
- Flores Salmon, O. (2015). Mohos y levaduras. *Sanipes*.
- Furtado, M. M., Silva, B. S., Faviero, C., Alvarenga, V. O., & Sant'Ana, A. S. (2020). Impact of carrier agents and temperature during storage of dry inocula of *Salmonella enterica*: A contribution to the validation of low water activity foods processing interventions. *LWT*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109705>
- Galeano Luisa, & Aguirre Sergio. (2021). *Análisis de calidad del vino por medio de técnicas de inteligencia artificial*.
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2001). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu Apellidos, nombre*.
- Genoma, E., Acidez, H., & Ph, Y. (2005). *Acidez y pH (potencial hidrogeno)*.
- Gordillo-Vinueza, G. G., Gordillo-Vinueza, G. G., Narváez-García, A., Aguilar-Carrera, J. O., & Ferriol-Sánchez, F. (2022). Desarrollo, producción y análisis de bebidas

alcohólicas destiladas empleando diez tipos de frutas autóctonas ecuatorianas. *Polo del Conocimiento*, 7(6).

Gutiérrez Abelardo. (2025, febrero 18). *Estructura y Clasificación de los Polifenoles*.

<https://uniclanet.unicla.edu.mx/assets/tareas/6912520250215153058.pdf>

Gutiérrez, J. (2018). El papel de la selección de levaduras en la elaboración del vino.

Primera, 10.

Hernández-Hernández, C., Aguilar, C., Rodríguez-Herrera, R., Flores-Gallegos, A., Morlett-

Chávez, J., Govea-Salas, M., & Ascacio-Váldez, J. (2019). Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.): A General Review. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de*

Coahuila, 11.

Hoyos, J. L., Urbano, F. E., Villada Castillo, Héc. S., Mosquera, S. A., & Navia, D. P. (2010).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FERMENTATIVOS PARA LA FORMULACIÓN Y OBTENCIÓN DE VINO DE NARANJA (*Citrus Cinesis*).

Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 8(1).

Huilcapi, S. I., & Gallegos, D. N. (2020). Importancia del diagnóstico situacional de la

empresa. *Revista Espacios*, 41(40).

Huynh, H. D., Nargotra, P., Wang, H. M. D., Shieh, C. J., Liu, Y. C., & Kuo, C. H. (2025).

Bioactive Compounds from Guava Leaves (*Psidium guajava* L.): Characterization, Biological Activity, Synergistic Effects, and Technological Applications. En

Molecules (Vol. 30, Número 6). <https://doi.org/10.3390/molecules30061278>

ICS 03 008. (2013). *NORMA TÉCNICA NICARAGÜENSE*.

<https://www.minsa.gob.ni/sites/default/files/2022->

10/NTN%2003%20008%2013%20Bebidas%20Alcoh%C3%B3licas%20Fermentadas.%20Vinos%20de%20frutas%20y%20o%20plantas%20tropicales.pdf

Igea. (2017). *Determinación de algunos parámetros físicoquímicos y seguimiento multivariante de la fermentación maloláctica en vinos.* <http://hdl.handle.net/10259/4607>

INEN 374. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana.*

INEN 1529-8. (1990). *INEN 1529-8: Control Microbiológico de Alimentos Determinación de Coliformes Fecales y E.coli.* <https://studylib.es/doc/6850184/nte-inen-1529-8--control-microbiol%C3%B3gico-de-los>

INEN 2337 (2008). <https://es.scribd.com/document/395550377/nte-inen-2337-pdf>

INIAP. (2020). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Latimer Jorge. (2023, enero 4). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL.* Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>

Lucero, P. D., Escuela, M., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2015b). *Efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características físicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel.* <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>

Marquina, V., Araujo, L., Ruíz, J., Rodríguez-Malaver, A., & Vit, P. (1966). Archivos latinoamericanos de nutrición. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 98–102. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Maya Meraz, I. O., & Pérez Leal, R. (2019). ¿Qué relación existe entre la calidad aromática del vino y la bioquímica de la vid? *TECNOCENCIA Chihuahua*, 12(3). <https://doi.org/10.54167/tch.v12i3.187>
- Maybeth Aguilar, M., de Panamá, U., Juan Rodríguez, P., Yángüez, J., Rodríguez, L., Rosa Gutiérrez, P., & Solís, M. (2019). *Determinación de la viscosidad de un almidón modificado comercial a diferentes concentraciones utilizando el viscosímetro de Brookfield modelo DV-II*.
- Méndez, J., Molina, E., Valdiviezo, R., Armendáriz, C., & Portilla, A. (2022). Estudio de las propiedades enológicas de la naranjilla con fines gastronómicos en Pacto-Pichincha. *La Granja*, 35(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.10>
- Mesia Hidalgo, A. M. (2024). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de caña de azúcar para la obtención de aguardiente y licores macerados a base de frutas. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/29359>.
- Montana Enriques. (2016). *Cerveza Artesanal*.
- Morales Chicaiza Lorena Elizabeth. (2014). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA.
- Moyon Quinche, S. Á., Romero Andrade, J. E., & Arellano Huerta, J. A. (2025). Caracterización de una bebida fermentada de jirón (*Sicana odorífera*) y arazá (*Eugenia stipitata*). *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E1). <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/ne1/783>

- Nemo, R., & Bacha, K. (2020). Microbial, physicochemical and proximate analysis of selected Ethiopian traditional fermented beverages. *LWT*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109713>
- NTC 708. (2000). Bebidas alcohólicas: vinos de frutas. En *Norma Técnica Colombiana*.
- NTE INEN 372. (2015).
- NTE INEN 372. (2016). Bebidas Alcohólicas. Vino. Requisitos. *Ecuador*.
- NTE INEN 374: *Requisitos para Vino de Frutas en Ecuador*. (2016).
- NTE INEN 1529 - 7. (2012, diciembre 3). *Control Microbiológico de los Alimentos Determinación de Organismos Coliformes por la Técnica de Recuento de Colonias* . <https://es.scribd.com/document/488093056/1529-7-RECUESTO-DE-COLIFORMES-TOTALES-2013>
- NTE INEN 1529 -10. (1999, mayo 31). *Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y Levaduras. Recuento en Placa por Siembra en Profundidad*. <https://es.scribd.com/document/584650354/1529-10#page=7>
- NTE INEN 1751: *Frutas frescas. Definición y Clasificación*. (2012).
- NTE INEN 1837: *requisitos para los licores en el Ecuador*. (2022).
- NTE INEN 1911. *Frutas frescas. Guayaba requisitos*. (2016).
- Ocaña. (2017). *Obtención de un vino a partir de la pitahaya roja(hylocereus undatus), con tres tipos de endulzantes* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/OCA%C3%91A%20LARA%20EVELYN%20JADIRA.pdf>
- ODS #12. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

- Ortega, C. (2023). *Anova: Qué es y cómo hacer un análisis de la varianza*. QuestionPro.
- Ortiz Vásquez, R., & Olivares Muñoz, S. V. (2022). Bebida alcohólica a partir de la fermentación de *Rubus fruticosus* con levadura y sacarosa. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(3), 50–56. <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i3.808>
- Palacios Vallejos, K., Alcivar Alcivar, Lady, Pico, C., Posligua Laz, G., Romero Mendoza, M., & Rosero Delgado, E. (2020). Diseño de un biorreactor para la obtención de ácido acético a partir del vino de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 1(1).
- PanaChlor. (2010). Sólidos Disueltos Totales (TDS) & Electroconductividad (EC). *Panachlor*, (096).
- Pérez, V. D. F., Sánchez, F. J. M., Ramos, J. A. Y., Espinoza, J. R. Y., & Gómez, T. F. (2025). Uso de residuo solido en un ingenio azucarero. *South Florida Journal of Development*, 6(4). <https://doi.org/10.46932/sfjdv6n4-010>
- Pezo, M. (2023). Análisis de la variabilidad de características bioactivas durante el proceso fermentativo de la chicha de guiñapo, bebida tradicional de la ciudad de Arequipa, obtenida en condiciones controladas. *Universidad Católica de Santa María*.
- Ps. Cl. Rubén Darío Arias Cisneros. (2022). *"PROPUESTA DE INTERVENCIÓN COGNITIVA CONDUCTUAL PARA REDUCIR*.
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76–89.

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-

[16112012000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=)

- Ramasamy, S., C, S. E., & B, U. B. D. (2021). Producción, optimización y caracterización de vino de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y papaya (*Carica papaya*) utilizando *Saccharomyces cerevisiae* Pallavi S. Patil a,b. *Tecnología e innovación ambiental*.
- Ramirez, A., & Pacheco de Delahaye, E. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 36(1).
- Ramírez Miguel. (2006). *CARACTERIZACIÓN DE VINOS DE PIÑA (VARIEDAD ESPAÑOLA ROJA) PASTEURIZADOS Y SIN PASTEURIZAR ELABORADOS CON DIFERENTES CEPAS DE Saccharomyces cerevisiae*.
- Requena, T., Tabasco, R., Monagas, M., Ángeles Pozo-Bayón, M., Sánchez-Patán, F., Martín-Álvarez, P. J., Bartolomé, B., Del Campo, R., Martínez-Cuesta, M., Peláez, C., & Moreno-Arribas, V. (2017). Polifenoles del vino y microbiota humana: Modulación y metabolismo. *Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación*.
- Reyes-Moreno, M., García-Villanueva, E., Chávez-Franco, S., Muratalla-Luna, A., Reyes-Moreno, J., & Aguilar-Luna, J. M. E. (2020). Fertilización en rambután (*Nephelium lappaceum* L.) para mejorar la calidad de frutos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(1). <https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2412>
- Rodríguez, F. (2022). *Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas de una Bebida Fermentada Utilizando Lactosuero Comercial y Harina de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) Cultivada en Cundinamarca*.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/48681/dfcanonr.pdf?sequence=1>

- Rodríguez-Arzave, J. A., Florido-Aguilar, A. L., & Hernández-Torres, M. A. (2020). *Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas* (Vol. 5).
- Rosales-López, C. (2019). Los bioprocesos en la biotecnología: uso de biorreactores para la producción y el escalamiento de productos de interés comercial. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i9.4626>
- Salazar, M., Villafuerte, G., Mariuxi, H., Quito, M., Víctor, I., González, H., & Fernanda, M. (2010). *PROYECTO PARA LA EXPORTACION DE RAMBUTAN (ACHOTILLO) A LA COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA*.
- Salgado-Tello, I. P., Sánchez-Herrera, T. E., Oleas-López, J. M., & Vaca-Cardenas, M. L. (2024). Economía circular para el desarrollo agroindustrial y social en Ecuador. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 26(1), 297–322. <https://doi.org/10.36390/telos261.19>
- Santamaría, P., Tenorio, C., Sota, C., Garijo, P., Gutiérrez, A. R., & López, R. (2012). Influencia del pH de la uva en la calidad del vino y en la formación de aminas biógenas. *Zubia. Monografías*, (16–17).
- Savedra Isabel. (2020). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Académico Profesional de Ingeniería en CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE UN VINO BLANCO SEMISECO A BASE DE UVA (Vitis vinifera L. var. Gross Colman) CON PRESENCIA Y AUSENCIA DE SEMILLAS Y HOLLEJOS FERMENTADO AL NATURAL*.
- SEFO. (2012). Pruebas Post Hoc. *Scientific-European-federation Of Osteopaths*.

- Sosa-Aguirre, C. R., Campos-García, J., Mejía-Barajas, J. A., García-Hernández, D., & Santiago-Barajas, C. I. (2024a). Fermentación alcohólica de guayaba (*Psidium guajava* L.) por *Kluyveromyces marxianus*. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 12(23), 104–110. <https://doi.org/10.29057/icbi.v12i23.12017>
- Soto mora, J. E., Amorocho Cruz, C. M., & Charry Roa, S. (2022). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de vino de curuba (*Passiflora mollissima* var. Bailey). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2). <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1562>
- Stacy Paz. (2020). *La guayaba*. <https://es.scribd.com/document/474715166/proyecto-exportacion-de-guayaba>
- Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1).
- Valdez López, L. L., Chóez Guaranda, I. A., Carrillo Lavid, G. A., & Martínez, M. M. (2020). Pharmacognostic study and evaluation of the antioxidant capacity of the fruit of two varieties of *Nephelium lappaceum* L. (Sapindaceae), (rambutan). *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*, 8(1). https://doi.org/10.56499/jppres19.701_8.1.64
- Valenzuela. (2023, febrero). *Caracterización fisicoquímica y sensorial de una bebida clarificada de Tuna amarilla (Opuntia Ficus indica) por microfiltración, edulcorada con sacarosa y stevia, incorporando trozos de Aloe Vera*. 094- VALENZUELA LLAMATUMBI JENNIFER PAOLA.pdf (2 MB). <https://repositorio.upec.edu.ec/items/53aeeb77-f09e-4eef-bcc7-fec82ad9d8b2>

- Van Nieuwenhove. (2020). *Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas. Alimentos fermentados: microbiología, nutrición salud y cultura*. Van Nieuwenhove, C. (2020). Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas. Alimentos Fermentados: Microbiología, Nutrición, Salud y Cultura.
- Vanrell Juan. (2025, octubre 17). *La Química del Vino*.
- Vargas. (2016). *Universidad de la Habana Instituto de farmacia y alimentos departamento de alimentos tesis presentada en opción al título académico de máster en ciencia y tecnología de los alimentos desarrollo de vinos de carambola (averrhoa carambola)*. [https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2129665/TMOrlando_Vargas_Blanco_\[2016\].pdf](https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2129665/TMOrlando_Vargas_Blanco_[2016].pdf)
- Velazco Arango, v. A., Bernal Martínez, a. A., Ordóñez santos, l. E., & hleap zapata, j. I. (2020). Caracterización del epicarpio de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa natural para uso en productos alimenticios procesados. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2). [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)26-36](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)26-36)
- Villacis Hugo. (2011). *Composición y producción de panela en Ecuador*.
- Villan Fabrice. (s/f). *INIAP-Estación Experimental Santa Catalina*.
- Yam, J. A., Villaseñor, C. A., Romantchik Eugenio, Escobar, M., & Peña, M. Á. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4).

Yan, Y. Y., Zhang, Q. A., Li, E. C., & Zhang, Y. F. (2017). Ions in wine and their relation to electrical conductivity under ultrasound irradiation. *Journal of AOAC International*, 100(5). <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0024>

Zambrano Judith. (2013). “*Obtención de Vino de Grosella, (Ribes Grosseulacia) mediante fermentación anaerobia. Cantón Mocache, Ecuador 2013.*” .