

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA
DESTILADA A PARTIR DE CARAMBOLA (*Averrhoa
carambola L.*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autores: Bach. KEWIN ANGULO ISUIZA

Bach. EDSON TROYES MEGO

Asesores: Mg. WAGNER COLMENARES MAYANGA

Ing. JEIMIS ROYLER YALTA MEZA

JAÉN-PERÚ, SETIEMBRE, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 16 de SEPTIEMBRE del año 2019, siendo las 11:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dra. IRMA RUMELA AGUIRRE ZAGUINALA

Secretario: Mg. SEGUNDO ALIPIO CRUZ HOYOS

Vocal: Mg. POLITO MICHAEL HUAYLAMA SOPA, para evaluar la

Sustentación del Informe Final:

- Trabajo de Investigación
- Tesis
- Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHOLICA DESTILADA A PARTIR DE CARAMBOLA (Aveirhda Carambola L.)

presentado por estudiante/egresado o Bachiller KENIN ANGULO TAVIRA y EDSON TROYES MERO de la Carrera Profesional de INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- Aprobar
- Desaprobar
- Unanimidad
- Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|--|------------|-------------------------------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | <input type="checkbox"/> |
| b) Muy bueno | 16, 17 | <input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> c) Bueno | 14, 15 | <input type="checkbox"/> |
| d) Regular | 13 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | <input type="checkbox"/> |

Siendo las 12:55 PM horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Presidente


Secretario


Vocal

ÍNDICE

Contenido	Pág.
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1 Lugar de ejecución.....	5
3.2 Metodología.....	7
IV. RESULTADOS	15
4.1 Análisis morfológico y fisicoquímico del fruto de carambola (Averrhoa carambola L.).....	
4.2 Condiciones del proceso de fermentación	15
4.3 Análisis fisicoquímico de la bebida alcohólica.	16
4.4 Análisis estadístico	26
4.5 Análisis fisicoquímico y organoléptico de la bebida alcohólica destilada.	37
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES	45
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
AGRADECIMIENTO	50
ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Pág.
Tabla 1. Descripción de los 12 tratamientos y sus variables.	14
Tabla 2. Características fisicoquímicas del fruto de carambola	15
Tabla 3. Condiciones de operación del proceso de fermentación	15
Tabla 4. Tiempo de fermentación del mosto de carambola en los 24 tratamientos.	16
Tabla 5. Medición del pH durante la fermentación de los 24 tratamientos.....	17
Tabla 6. Medición de la acidez titulable durante la fermentación de los tratamientos.....	20
Tabla 7. Medición de los sólidos solubles (°Brix) del proceso de fermentación de los 24 tratamientos.	23
Tabla 8. ANOVA de la media del pH al final de la fermentación.....	26
Tabla 9. Prueba Tukey de la medida del pH al final de la fermentación.....	27
Tabla 10. ANOVA de la media de la acidez titulable al final de la fermentación.	28
Tabla 11. Prueba Tukey de la medida de acidez titulable al final de la fermentación.	28
Tabla 12. ANOVA de la medida de sólidos solubles al final de la fermentación.	29
Tabla 13. Prueba Tukey de la medida de sólidos solubles al final de la fermentación.	30
Tabla 14. Resultados de las concentraciones de azúcares reductores al inicio y final de la fermentación.	31
Tabla 15. Resultados de las concentraciones de azúcares reductores al inicio y final de la fermentación.	32
Tabla 16 ANOVA de azúcares reductores al inicio de la fermentación.....	34
Tabla 17. Prueba Tukey de la medida de azúcares reductores al inicio de la fermentación	34
Tabla 18. ANOVA de azúcares reductores al final de la fermentación.	35
Tabla 19. Prueba Tukey de azúcares reductores al final de la fermentación.....	36
Tabla 20. Características fisicoquímicas de la bebida alcohólica destilada	37
Tabla 21. Características organolépticas de la bebida alcohólica destilada	37
Tabla 22. Volumen destilado de la bebida alcohólica de los 24 tratamientos.....	38
Tabla 23. Carta de colores propuesta para el estado tres de desarrollo del fruto de carambola ácida del piedemonte amazónico.	51
Tabla 24. Composición nutricional en 100 gramos del fruto de carambola.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Flujograma para obtener la bebida alcohólica destilada de carambola.....	11
Figura 2. Control de pH durante la fermentación de los tratamientos.....	18
Figura 3. Control de pH durante la fermentación de los tratamientos.....	19
Figura 4. Control de Acidez titulable durante la fermentación de los tratamientos.	21
Figura 5. Control de Acidez titulable durante la fermentación de los tratamientos.	22
Figura 6. Control de sólidos solubles durante la fermentación de los tratamientos.	24
Figura 7. Control de sólidos solubles durante la fermentación de los tratamientos.	25
Figura 8. Control de azúcares reductores al inicio de la fermentación.....	33
Figura 9. Control de azúcares reductores al final de la fermentación.	33

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue elaborar una bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2Ax3Bx2C, con 12 tratamientos y dos repeticiones; considerando las siguientes variables: dilución pulpa-agua (1:2 y 1:3); levadura 0.2, 0.3 y 0.4 g/L; pH 3.5 y 4. Luego de realizar la recepción, selección, pesado, lavado, desinfección, escaldado, pelado, pulpeado, acondicionamiento, fermentación, pasteurización, clarificación, trasiego y destilación, se realizó los análisis fisicoquímicos de la pulpa, de la bebida alcohólica y del alcohol destilado. Para el proceso de fermentación, el mosto se ajustó a 20 °Brix y fermentó en biorreactores de 20 °C hasta 28 °C. El tratamiento T12 (Dilución pulpa-agua 1:3 + levadura 0.4 g/L + pH 4.0) tuvo mejores características al obtener la bebida alcohólica, arrojando en 18 días de fermentación: acidez titulable de 4.28, pH de 2.904 y 13 °Brix. Los análisis fisicoquímicos de la bebida alcohólica destilada fue 45 °Gay-Lussac, pH de 4.501 y 0.12 g/L de ácido acético y 0,4 g/L de extracto seco. Se concluyó que la bebida alcohólica destilada cumple con los requisitos fisicoquímicos y organolépticos de la Norma Técnica Peruana 211.001.

Palabras claves: carambola, destilación, fermentación, levadura.

ABSTRACT

The objective of the research was to produce an alcoholic beverage distilled from carambola (*Averrhoa carambola* L.). The completely randomized statistical design (DCA) was used, with a factorial arrangement of 2Ax3Bx2C, with 12 treatments and two repetitions; considering the following variables: pulp-water dilution (1:2 and 1:3); 0.2, 0.3 and 0.4 g / L yeast; pH 3.5 and 4. After the reception, selection, weighing, washing, disinfection, scalding, peeling, pulping, conditioning, fermentation, pasteurization, clarification, transfer and distillation, the physicochemical analysis of the pulp, of the alcoholic beverage was carried out and distilled alcohol. For the fermentation process, the must was adjusted to 20 °Brix and fermented in bioreactors from 20 °C to 28 °C. The T12 treatment (1:3 pulp-water dilution + 0.4 g/L yeast + pH 4.0) had better characteristics when obtaining the alcoholic beverage, yielding in 18 days of fermentation: titratable acidity of 4.28, pH of 2,904 and 13 °Brix. The physicochemical analysis of the distilled alcoholic beverage was 45 °Gay-Lussac, pH 4,501 and 0.12 g/L acetic acid and 0.4 g/L dry extract. It was concluded that the distilled alcoholic beverage meets the physicochemical and organoleptic requirements of Peruvian Technical Standard 211.001.

Keywords: carambola, distillation, fermentation, yeast.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la producción de carambola (*Averrhoa carambola L.*) es una de las actividades agrícolas que genera sustento para los agricultores, que dependen de esta fruta para generar ingresos económicos. Según el MINAGRI (2014), en el año 2014 el Perú tuvo una producción de 3491 Tn de carambola, siendo la superficie cosechada 301 Ha, el rendimiento fue de 11,6 Tn por Ha, lo que significa un aumento de la producción de esta fruta en los últimos años. Por otro lado, el problema principal de esta fruta para el agricultor es el precio en la chacra, que es aproximadamente S/ 0.70 por kg, esto afecta a los agricultores dedicados a la producción de esta fruta generando menor ingresos y el desperdicio de la misma.

En la provincia de Jaén no se tiene datos estadísticos de producción de carambola (*A. carambola L.*), esta es cultivada en cercos vivos y huertos familiares como planta ornamental, conllevando a la existencia de escasas hectáreas de producción extensiva, calificándose como cultivo alternativo marginal. La forma de cultivo ocasiona un bajo nivel producción, siendo aprovechado de forma doméstica como fruta fresca para la preparación de jugos, néctares y mermeladas. El excedente de producción es comercializado en mercados locales y aledaños a la provincia, además es desperdiciado por putrefacción. Por ello es importante aprovechar esta fruta dándole valor agregado, al crear alternativas en un nuevo mercado como la elaboración de una bebida alcohólica destilada para generar mejores ingresos económicos; además Jaén es una de las provincias con mayor consumo de bebidas alcohólicas en la Región Cajamarca.

La carambola, es una fruta originaria de Indonesia y Malasia. Su cultivo se ha extendido a otros países tropicales de Asia y América, incluyendo Puerto Rico. Los principales países productores son Tailandia, Brasil, Colombia y Bolivia. (Hernández & Fernández, 2013)

La carambola de buena calidad se reconoce por su firmeza y color amarillo definido, sin manchas verdes. Ligeros visos de color café en los bordes son normales y no se consideran defectos. El fruto de carambola es una baya carnosa de 10 a 15 cm de longitud y peso de 80 a 150 g, formado por 4 a 8 costillas longitudinales con forma de estrella cuando se corta transversalmente. La piel es lisa, cerosa y delgada, de un color que varía de amarillo claro a naranja. La pulpa tiene color similar a la piel, es translúcida, crujiente y jugosa. (ICIA, 2013)

En su investigación Lima (2017), obtuvo una bebida alcohólica destilada de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, trabajando con 24 tratamientos de mosto de tuna, considerando 4 variables de estudio: el tipo de materia prima, la dilución, la concentración de levadura y el pH. Los resultados de la fermentación con mayor rendimiento fueron pH 4,0, dilución 1:2 (pulpa: agua) y levadura 0,4 g/L. Además, realizó análisis estadísticos de ANOVA y Tukey, usando el software estadístico MINITAB versión 16. La bebida alcohólica destilada de tuna tuvo: graduación alcohólica de 48,00 %v/v; 0,05 g/L de extracto seco; 11,10 de metanol; 0,00 de furfural; 367,32 de alcoholes superiores totales; 79,24 de acidez volátil; 13,73 de acetato de etilo y 52,75 de acetaldehído, cumpliendo con los requisitos fisicoquímicos de la NTP 211. 001.Pisco.

En su investigación Vallejo (2011), obtuvo vino de carambola (*Averrhoa carambola* L.), trabajando con tres variables de estudio: 4 estados de madurez del fruto, acondicionamiento del mosto con contenido de sólidos solubles de 21 y 25 °Brix y a temperaturas de fermentación 20 y 25 °C. Al vino de carambola se realizaron los análisis químicos requeridos por la norma INEN 374: “Vino de fruta” y los cuales fueron: grado alcohólico, metanol, acidez total y anhídrido sulfuroso.

En su investigación Vargas (2014), para la clarificación de vino de carambola (*Averrhoa carambola*), trabajó con 4 tratamientos, la concentración de enzimas pectolíticas de 0.01, 0.03 y 0.05 g/L, pH 3.3 y 3.7, acondicionando a 20 °Brix el mosto de carambola. La fermentación duró 8 días, además en los análisis fisicoquímicos se obtuvo: sólidos solubles (7.1 °Brix); Acidez total (0.91g de ácido/100mL); Absorbancia de 2.09; Turbidez de 14.10 NTU y 13.4 °GL.

La bebida alcohólica es un producto obtenido por procesos de fermentación principalmente alcohólica, utilizando levaduras del género *Saccharomyces*, sometida o no a destilación, rectificación, redestilación, infusión maceración o cocción y con una graduación alcohólica de 2 a 55 %. Se clasifican en: bebidas alcohólicas fermentadas, bebidas alcohólicas destiladas, bebidas alcohólicas preparadas y licores (NTP 210.09, 2003)

La fermentación alcohólica, es un proceso anaeróbico realizado por levaduras y algunas clases de bacterias. Donde el sustrato celular; mono y disacáridos en su mayoría, son transformados principalmente en alcohol etílico y dióxido de carbono; con la generación de equivalentes de reducción de los compuestos NADH/NAD⁺ y NADHP/NADP⁺ y enlaces de alta energía de fosfato, ATP. La energía se sintetiza como ATP a partir de un proceso de glicólisis al que sigue el metabolismo del piruvato. De este modo la fermentación complementa la glucólisis y hace posible producir energía en ausencia de oxígeno.(Villadsen et al., 2011)

La destilación de productos que han tenido un proceso de fermentación similar al proceso de fermentación de los vinos constituye una etapa decisiva para la producción de los aguardientes. El objetivo principal de la destilación es separar del medio fermentado, el producto base, los materiales volátiles que proporcionan a los alcoholes el sabor y aroma agradable de los no volátiles aprovechando sus distintas volatilidades en el producto final. (Sotelo, 2012)

El objetivo de la investigación fue obtener una bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*A. carambola L.*), realizando análisis fisicoquímicos, organolépticos de la bebida alcohólica destilada y estableciendo una secuencia de trabajo. Se desarrolló el diseño completamente al azar (DCA), trabajando 12 tratamientos con repetición. Se consideró las siguientes variables: dilución (1:2 y 1:3); levadura 0.2, 0.3 y 0.4 g/L; pH 3.5 y 4, para determinar el mejor tratamiento. Las variables que se evaluaron en la bebida alcohólica fueron: el pH, acidez titulable, sólidos solubles y azúcares reductores, que fueron analizados con el software IBM SPSS Statistics 25. Finalmente, se destiló por columnas de fraccionamiento los tratamientos para determinar los análisis fisicoquímicos y organolépticos de acuerdo a la NTP 211.001. (elaboración de pisco).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Elaborar una bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*A. carambola L.*)

2.2 Objetivos específicos

- Realizar análisis fisicoquímicos de la bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*A. carambola L.*)
- Realizar análisis organoléptico de la bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*A. carambola L.*) para determinar la calidad.
- Establecer una secuencia de trabajo para obtener la bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*A. carambola L.*)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

Esta investigación se realizó en el laboratorio del Taller de Tecnología de Alimentos de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

3.2 Materia prima

- Fruto de carambola (*A. carambola L.*) madura, procedente del caserío La Granja de la Provincia de Jaén, Región Cajamarca.

3.3 Materiales, equipos, aditivos y reactivos

3.3.1 Materiales

- Colador genérico de acero inoxidable 8 mm de diámetro.
- Desecador de vidrio.
- Embudo Buchner.
- Manguera de látex.
- Matraz de Erlenmeyer Pírex 500 ml.
- Matraz Kitasato de 1L.
- Probeta de 100 y 25 ml \pm 1ml.
- Soporte universal.
- Fiolas de 100 ml
- Pipetas volumétricas de 10 y 20 ml.
- Vasos de precipitación 100 ml, 250 ml
- Botellas de vidrio transparente.
- Tela organza.
- Espátula de metal.

- Bandejas de acero inoxidable.
- Tazones de acero inoxidable.
- Cuchillos.
- Jarras de plástico.
- Cinta de embalaje.
- Papel filtro genérico.
- Pizetas.
- Cinta masking.
- Ollas de acero inoxidable.
- Tapones color negro.
- Rejillas
- Trípode
- Envases de plástico de 100 ml.

3.3.2 Equipos

- Biorreactor de 4 L.
- Alcoholímetro de 0-100% v/v.
- Equipo de destilación fraccionada: Matraz Erlenmeyer 500 ml, Balón 500 ml, tubo refrigerante Liebig o recto.
- Balanza analítica Electrónica, capacidad 100 g. sensibilidad 0,01 g.
- Manto calefactor.
- Licuadora industrial.
- pH metro de 0.00-14.00 pH.
- Refractómetro de 0-85 °Brix.
- Termómetro, de rango de 0-100 °C, sensibilidad 1 °C.
- Espectrofotómetro modelo 1205.
- Estufa de circulación forzada modelo ODHG-9053.
- Cocina industrial

3.3.3 Aditivos

- Azúcar blanca.
- Ácido cítrico.
- Metabisulfito de sodio.
- Bentonita
- Levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*)

3.3.4 Reactivos

- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Solución de fenolftaleína 0.1%.
- Hipoclorito de sodio al 5%.
- Agua destilada
- Tartrato de sodio y potasio
- Reactivo DNS

3.4 Metodología

3.4.1 Recepción

Los frutos de carambola se recolectaron del caserío La Granja de la Provincia Jaén y se adquirieron 30 kg de carambola.

3.4.2 Selección

Se seleccionaron los frutos de carambola para producir la bebida alcohólica destilada de acuerdo a las siguientes características:

- Tamaño uniforme.
- Estado de madurez media: color amarillo en un 70%, opaco intenso.
- Longitud aproximada de 12 cm.
- Se separaron los frutos malogrados.

3.4.3 Pesado

Se pesaron 28 kg de frutos seleccionados y utilizados para el proceso de fermentación, para lo cual se utilizó una balanza electrónica.

3.4.4 Lavado, desinfección y escaldado

Se lavaron manualmente con agua, fueron escobillados para eliminar polvo y materiales extraños que causen contaminación durante la fermentación. Después se desinfectaron los frutos seleccionados con Hipoclorito de Sodio al 5% mezclado con agua.

Luego, se procedió a realizar el escaldado de los mismos, sumergiéndolos en agua hervida durante 60 segundos, con la finalidad de inactivar enzimas y matar microorganismos externos que puedan afectar el proceso de fermentación. Para el escaldado se utilizó una cocina industrial.

3.4.5 Pelado y trozado

Se realizó el pelado utilizando cuchillos de acero inoxidable. Se trozaron los frutos de carambola para que facilite un mejor pulpeado, separando las pepas.

3.4.6 Pulpeado

Se colocó la fruta trozada en una licuadora con el objetivo de obtener pulpa. Luego se filtró el jugo de carambola obteniendo un volumen total de 25 L.

3.4.7 Acondicionamiento del mosto

Al determinar los sólidos solubles del mosto se calculó la cantidad de azúcar blanca para ajustar en 20 °Brix al volumen total del mosto. Para los 12 tratamientos y la repetición; en la dilución 1:2, se utilizó 4 kg de azúcar y para la dilución 1:3, se utilizó 5.5 kg de azúcar. Finalmente, a cada uno de los Airloc, correspondiente a su respectivo bioreactor, se agregó 0.23 g de metabisulfito de sodio por litro de mosto.

3.4.8 Dilución de la pulpa

La pulpa se diluyó con agua fría hervida. La dilución 1:2 fue una parte de pulpa y dos partes de agua, teniendo un volumen de 36 L de jugo diluido llenado en 6 biorreactores con 3 L por cada biorreactor y la dilución 1:3 fue una parte de pulpa y tres partes de agua, teniendo un volumen de 48 L de jugo diluido llenándolo en 6 biorreactores con 3 L por cada biorreactor. Para los 24 tratamientos se utilizó 24 L de pulpa de carambola y 60 L de agua.

3.4.9 Regulación del pH

Se agregó 3 g de ácido cítrico por litro de mosto para regular el pH 3.5 del mosto de los tratamientos con este pH. Para el pH 4 se reguló con bicarbonato de sodio.

3.4.10 Inoculación de la levadura

Se pesó y preparó la cantidad de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) con 0.2, 0.3 y 0.4 gramos por litro de mosto y luego se llevó a baño María (35°C) para su activación, dejándolo reposar 15 minutos a temperatura ambiente. Después se agregó a cada biorreactor según el tratamiento que se trabajó.

3.4.11 Fermentación

Se realizó a temperaturas de 20 °C hasta 28 °C durante 22 días, utilizando biorreactores. Se utilizó 3 L de mosto por cada biorreactor. Se realizó la medición diaria de °Brix hasta alcanzar 13 °Brix, para el pH y la acidez la medición fue cada tres días.

3.4.12 Trasiego

Se separó los sedimentos y las partículas de la bebida alcohólica. Se realizó el trasiego de la bebida alcohólica, utilizando manguera estéril y tela organza para el colado. Luego, se cortó la fermentación mediante la pasteurización a temperatura de 60 °C por 2 minutos.

3.4.13 Clarificación

Se clarificó con bentonita, agregando 1g/L a la bebida alcohólica por cada tratamiento, lo cual permitió eliminar proteínas insolubles, desarrolladas durante la fermentación. Después de la fermentación, la bebida alcohólica se mostró turbia compuesto por sedimentos y al agregar la bentonita, las partículas floccularon y aceleraron su caída al fondo del envase. Se dejó reposar por 5 días a temperatura de refrigeración (7 °C).

3.4.14 Destilación

Se destiló la bebida alcohólica mediante el destilador de columnas por fraccionamiento. Para la destilación de alcohol, específicamente etanol se trabajó a una temperatura de vapor en 78 °C a 85 °C indicadas por el termómetro; este tipo de destilación nos permitió obtener el mayor rendimiento en cuanto a la producción de alcohol. El equipo de destilación estuvo conformado por un balón de destilación con volumen de 500 mililitros; tubo refrigerante Liebig permitió el enfriamiento y condensación del vapor, se utilizó líquido refrigerante como el agua que circula por el conducto exterior del refringente; el manto calefactor realizó el calentamiento de la bebida alcohólica y el termómetro de mercurio indicó la temperatura del vapor que genera el calentamiento de la muestra.

3.4.15 Envasado

La bebida alcohólica destilada se envasó en botellas de vidrio transparentes de 750 mililitros, limpios y previamente esterilizadas a una temperatura de 95°C por 10 minutos. para garantizar la inocuidad de la bebida destilada. Luego, se taponó con un corcho.

3.4.16 Flujograma para la obtención de la bebida alcohólica destilada

(Ver siguiente página)

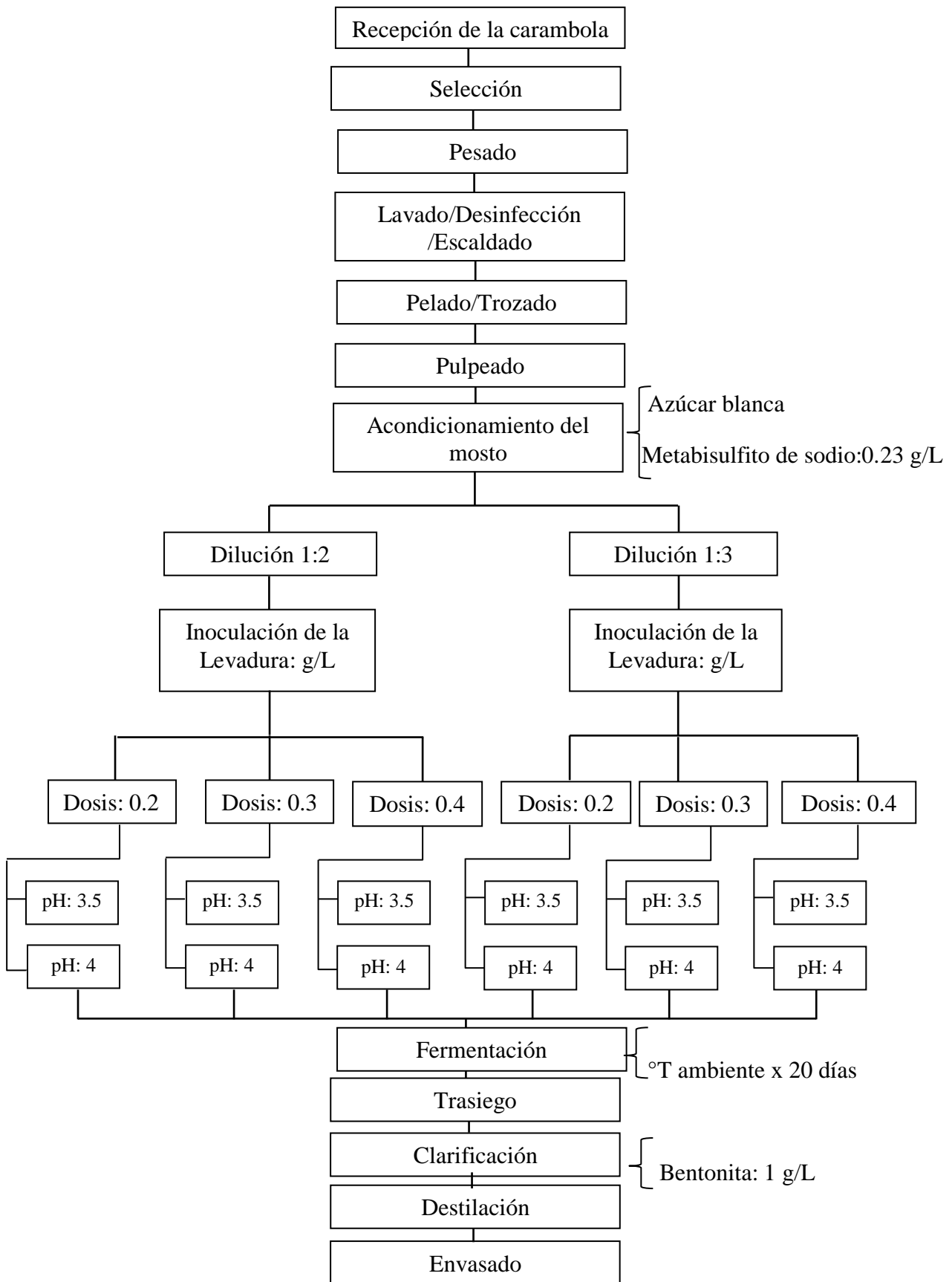


Figura 1. Flujograma para obtener la bebida alcohólica destilada de carambola (Elaboración Propia)

3.4.17 Análisis fisicoquímico de la bebida alcohólica

- **Determinación del pH**

- Método: Potenciométrico (AOAC 981.12, 2005)
- Fundamento: Medición electrométrica de la actividad de los iones hidrogeno presentes en la muestra mediante un aparato medidor de pH previamente calibrado con Buffer de pH 4, 7 y 10.

- **Determinación de acidez total**

- Método: Titulación (A.O.A.C. 11.042/84.962.12/90)
- Fundamento: Los ácidos presentes en la muestra son neutralizados con una solución alcalina estandarizada (NaOH) y utilizando un indicador como la fenolftaleína.

- **Determinación de sólidos solubles.**

- Método: Refractométrico (ISO 2173:2003)
- Fundamento: Medición de sólidos solubles con el cambio de dirección de los rayos de luz mediante un refractómetro o brixómetro.

- **Determinación de azúcares reductores**

- Método: (DNS) técnica Miller mediante espectrofotometría.
- Fundamento: Medición del cambio de dirección de los rayos de luz mediante un espectrofotómetro con longitud de onda de 525 nm, que mide la absorbancia realizando una curva de calibración.

- **Determinación de grado alcohólico.**

- Método: Destilación. (AOAC 920.59, 2005)
- Fundamento: Destilar la muestra mediante un destilador por columnas de fraccionamiento y medir el grado alcohólico con un alcoholímetro Gay-Lussac a 20°C, con 100 ml de alcohol aforado en una probeta.

- **Determinación del extracto seco**

- Método: Secado por estufa (ASSAL, 2010)
- Fundamento: Medir 10 ml de la bebida alcohólica destilada, colocarlos en un cristizador de vidrio. Colocar el cristizador en un baño maría durante 80 minutos, y llevarlo enseguida a estufa a 100-105 °C, dejándolo 60 minutos. Dejar enfriar en un desecador y pesar.

3.4.18 Evaluación de la calidad en la bebida destilada

- **Análisis organoléptico.**
 - Método: NTP 211.001 – requisitos organolépticos
- Fundamento: Valoración cualitativa basada en la percepción de los sentidos.
 - * Aspecto: claro, límpido y brillante.
 - * Color: incoloro.
 - * Pisco acholado
 - * Olor: ligeramente alcoholizado y otros.
 - * Sabor: ligeramente alcoholizado y otros

3.4.19 Diseño estadístico

Se utilizó el diseño estadístico Completamente al Azar (DCA), las variables estudiadas son las siguientes (ver Tabla 1):

- Variables independientes.
 - Concentración de levadura: 0,2; 0,3 y 0,4 g/L de mosto.
 - Dilución: 1:2 y 1:3.
 - pH inicial: 3,5 y 4.
- Variables dependientes.
 - Calidad de la bebida alcohólica destilada.

3.4.20 Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño Estadístico Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial de $2A \times 3B \times 2C$, con 12 tratamientos y 2 repeticiones. Se realizó el ANOVA y Tukey para la media de los valores de pH, sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix), acidez total, azúcares reductores al inicio y al final de la fermentación, usando el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

3.4.21 Muestreo

El muestreo de sólidos solubles se realizó diariamente, el pH y la acidez cada tres días hasta el final del proceso de fermentación para obtener la bebida alcohólica.

Tabla 1
Descripción de los 12 tratamientos y sus variables.

Variables		
D1 = Pulpa de carambola: agua (1:2)		
D2 = Pulpa de carambola: agua (1:3)		
L1 = 0,2g/L (Concentración de Levadura)		
L2 = 0,3g/L (Concentración de Levadura)		
L3 = 0,4g/L (Concentración de Levadura)		
P1 = pH 3,5		
P2 = pH 4		
Tratamientos		
T1	D1L1P1	Pulpa de carambola: agua (1:2) + Levadura 0,2 g/L + pH 3,5
T2	D1L1P2	Pulpa de carambola: agua (1:2) + Levadura 0,2 g/L + pH 4
T3	D1L2P1	Pulpa de carambola: agua (1:2) + Levadura 0,3 g/L + pH 3,5
T4	D1L2P2	Pulpa de carambola: agua (1:2) + Levadura 0,3 g/L + pH 4
T5	D1L3P1	Pulpa de carambola: agua (1:2) + Levadura 0,4 g/L + pH 3,5
T6	D1L3P2	Pulpa de carambola: agua (1:2) + Levadura 0,4 g/L + pH 4
T7	D2L1P1	Pulpa de carambola: agua (1:3) + Levadura 0,2 g/L + pH 3,5
T8	D2L1P2	Pulpa de carambola: agua (1:3) + Levadura 0,2 g/L + pH 4
T9	D2L2P1	Pulpa de carambola: agua (1:3) + Levadura 0,3 g/L + pH 3,5
T10	D2L2P2	Pulpa de carambola: agua (1:3) + Levadura 0,3 g/L + pH 4
T11	D2L3P1	Pulpa de carambola: agua (1:3) + Levadura 0,4 g/L + pH 3,5
T12	D2L3P2	Pulpa de carambola: agua (1:3) + Levadura 0,4 g/L + pH 4

Fuente: Elaboración Propia

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis morfológico y fisicoquímico de la carambola (*Averrhoa carambola L*)

Los análisis de 15 frutos de carambola, arrojaron los siguientes resultados, (ver Tabla 2):

Tabla 2

Características fisicoquímicas del fruto de carambola

	Longitud (cm)	Peso (g)	pH	Acidez (g ácido cítrico)	Sólidos Solubles (°Brix)
Media (\bar{X})	10.4	110	3.88	0196	4.2

4.2 Condiciones del proceso de fermentación

Tabla 3

Condiciones de operación del proceso de fermentación.

Condiciones de operación del proceso de fermentación	
Sólidos solubles iniciales	20 °Brix
Temperatura ambiente	24 °C
Fruta de carambola	30 Kg
Volumen total del mosto inicial	72 L
Pulpa de carambola	25 L
Agua blanda	60 L
Azúcar	10 Kg
Ácido cítrico	36 g
Levadura	7.5 g
Bentonita	25 g
Volumen total de la bebida alcohólica obtenida	60 L
Sólidos solubles de la bebida alcohólica	13 °Brix

4.3 Análisis fisicoquímico de la bebida alcohólica.

Se observa los resultados obtenidos de la bebida alcohólica durante el proceso de fermentación: tiempo de fermentación (ver Tabla 4), el pH (ver Tabla 5), la acidez titulable (ver Tabla 6) y los sólidos solubles (°Brix) (ver Tabla 7).

4.3.1 Tiempo de fermentación

Se observa los resultados del tiempo transcurrido de fermentación para obtener una bebida alcohólica (ver Tabla 4),

Tabla 4

Tiempo de fermentación del mosto de carambola en los 24 tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de fermentación (días)
T1	23
T2	23
T3	24
T4	25
T5	20
T6	25
T7	21
T8	19
T9	20
T10	20
T11	23
T12	18
T13	26
T14	23
T15	23
T16	23
T17	20
T18	22
T19	22
T20	22
T21	20
T22	22
T23	21
T24	19

4.3.2 Análisis de pH

Tabla 5
Medición del pH durante la fermentación de los 24 tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de fermentación (días)								
	0	1	4	7	10	13	16	19	22
T1	3.501	3.493	3.458	3.404	3.386	3.202	3.158	2.993	2.975
T2	4.021	3.904	3.736	3.682	3.571	3.345	3.237	3.086	2.983
T3	3.510	3.486	3.404	3.338	3.245	3.133	3.057	2.904	2.877
T4	4.010	3.913	3.780	3.671	3.525	3.377	3.294	3.095	2.924
T5	3.505	3.480	3.412	3.394	3.275	3.183	2.978	2.901	2.823
T6	4.005	3.925	3.786	3.685	3.529	3.385	3.290	3.108	2.956
T7	3.512	3.473	3.408	3.380	3.246	3.190	3.137	3.056	2.977
T8	4.013	3.928	3.782	3.693	3.507	3.391	3.300	3.125	2.939
T9	3.500	3.477	3.415	3.376	3.255	3.158	3.080	2.972	2.906
T10	4.002	3.930	3.775	3.677	3.572	3.414	3.307	3.105	2.918
T11	3.520	3.484	3.428	3.390	3.281	3.188	3.095	2.917	2.851
T12	4.033	3.920	3.795	3.687	3.501	3.420	3.315	3.118	2.904
T13	3.505	3.479	3.431	3.395	3.290	3.180	3.128	2.913	2.823
T14	4.025	3.916	3.748	3.675	3.570	3.401	3.259	2.908	2.767
T15	3.503	3.475	3.412	3.385	3.268	3.157	3.079	2.895	2.782
T16	4.022	3.926	3.745	3.631	3.530	3.409	3.305	3.128	2.826
T17	3.510	3.466	3.419	3.396	3.270	3.196	3.087	2.930	2.869
T18	4.030	3.935	3.786	3.690	3.578	3.412	3.295	3.005	2.803
T19	3.526	3.469	3.420	3.402	3.288	3.208	3.103	2.985	2.924
T20	4.041	3.938	3.777	3.609	3.560	3.430	3.246	3.018	2.893
T21	3.502	3.470	3.425	3.418	3.286	3.200	3.112	2.902	2.871
T22	4.007	3.941	3.750	3.655	3.568	3.447	3.250	2.990	2.895
T23	3.501	3.483	3.438	3.409	3.297	3.204	3.127	2.957	2.824
T24	4.015	3.950	3.769	3.666	3.566	3.423	3.258	3.135	2.857

A continuación, se presentan las gráficas de los datos de la Tabla 5. Se observa que, el pH disminuye constantemente conforme aumenta el tiempo de fermentación. Los tratamientos con pH 4.0 (T1, T10 y T12) disminuyen más rápidamente, en comparación a los demás tratamientos. (Ver Figura 2 y Figura 3).

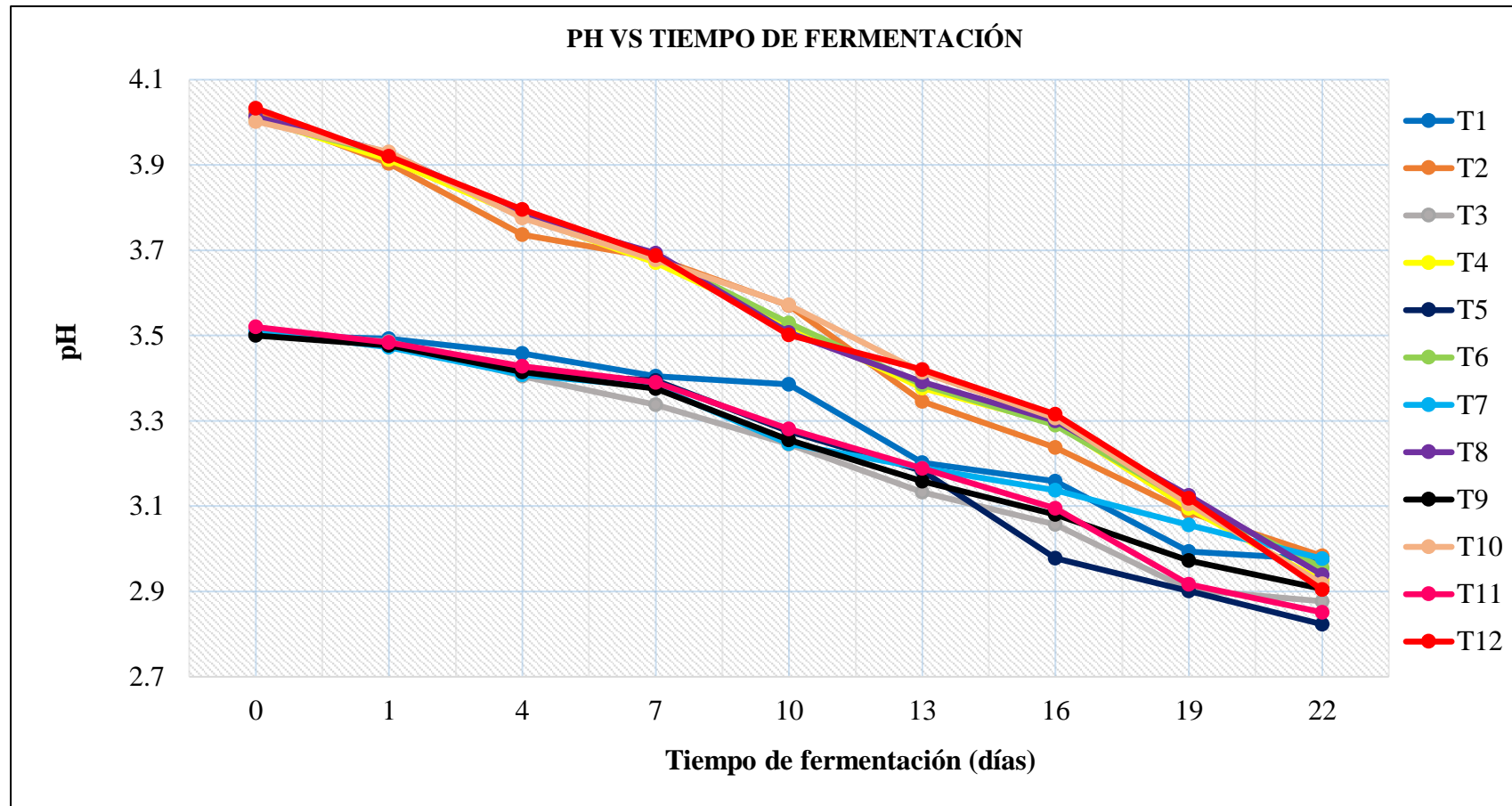


Figura 2. Control de pH durante la fermentación de los tratamientos.

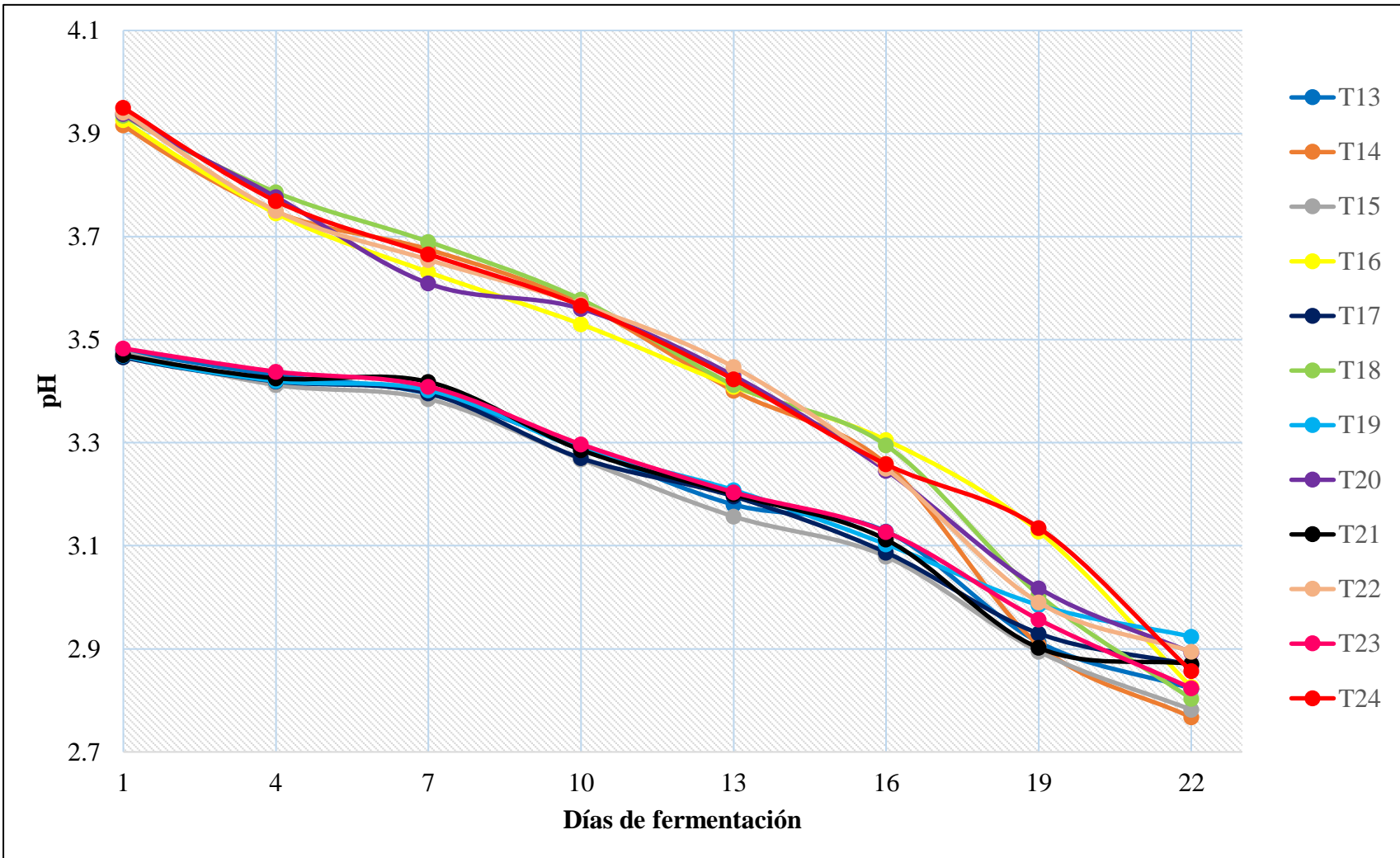


Figura 3. Control de pH durante la fermentación de los tratamientos

4.3.3 Análisis de acidez

Tabla 6

Medición de la acidez titulable durante la fermentación de los tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de fermentación (días)								
	0	1	4	7	10	13	16	19	22
T1	1.93	2.38	2.81	3.18	3.65	3.96	4.28	4.67	4.90
T2	1.25	1.86	2.25	2.85	3.15	3.54	3.83	4.10	4.36
T3	1.95	2.51	2.92	3.21	3.70	4.01	4.33	4.69	4.96
T4	1.22	1.90	2.28	2.88	3.18	3.60	3.87	4.13	4.40
T5	1.94	2.47	2.86	3.19	3.67	3.98	4.30	4.71	4.98
T6	1.23	1.95	2.31	2.90	3.21	3.65	3.91	4.15	4.43
T7	1.51	2.18	2.70	3.10	3.55	3.85	4.18	4.45	4.74
T8	1.18	1.81	2.22	2.75	3.10	3.43	3.71	4.00	4.18
T9	1.48	2.16	2.68	3.07	3.52	3.80	4.15	4.38	4.70
T10	1.15	1.73	2.15	2.67	3.05	3.37	3.69	3.94	4.11
T11	1.55	2.20	2.73	3.12	3.58	3.90	4.21	4.49	4.80
T12	1.12	1.85	2.23	2.82	3.12	3.46	3.78	4.07	4.28
T13	2.45	3.22	3.56	4.05	4.30	4.67	4.80	4.91	5.03
T14	1.40	2.54	3.01	3.55	3.81	4.09	4.31	4.58	4.92
T15	2.74	3.27	3.59	4.08	4.35	4.70	4.83	4.99	5.12
T16	1.57	2.46	2.95	3.47	3.75	4.02	4.23	4.47	4.75
T17	2.82	3.31	3.61	4.12	4.40	4.73	4.88	5.02	5.18
T18	1.66	2.38	2.43	2.88	3.27	3.60	3.88	4.18	4.44
T19	2.55	3.18	3.45	4.01	4.28	4.61	4.75	4.87	5.00
T20	1.40	2.40	2.88	3.42	3.68	3.99	4.31	4.73	4.91
T21	2.67	3.26	3.55	4.06	4.32	4.68	4.82	4.95	5.12
T22	1.49	2.42	2.90	3.48	3.77	4.05	4.33	4.78	4.95
T23	2.69	3.29	3.58	4.07	4.33	4.69	4.85	4.98	5.18
T24	1.55	2.50	3.00	3.52	3.79	4.07	4.35	4.81	5.01

A continuación, se presentan las gráficas de los datos de la Tabla 6. Se Observa, que el aumento de acidez de los tratamientos es constante con el tiempo transcurrido de fermentación (Ver Figura 4 y Figura 5).

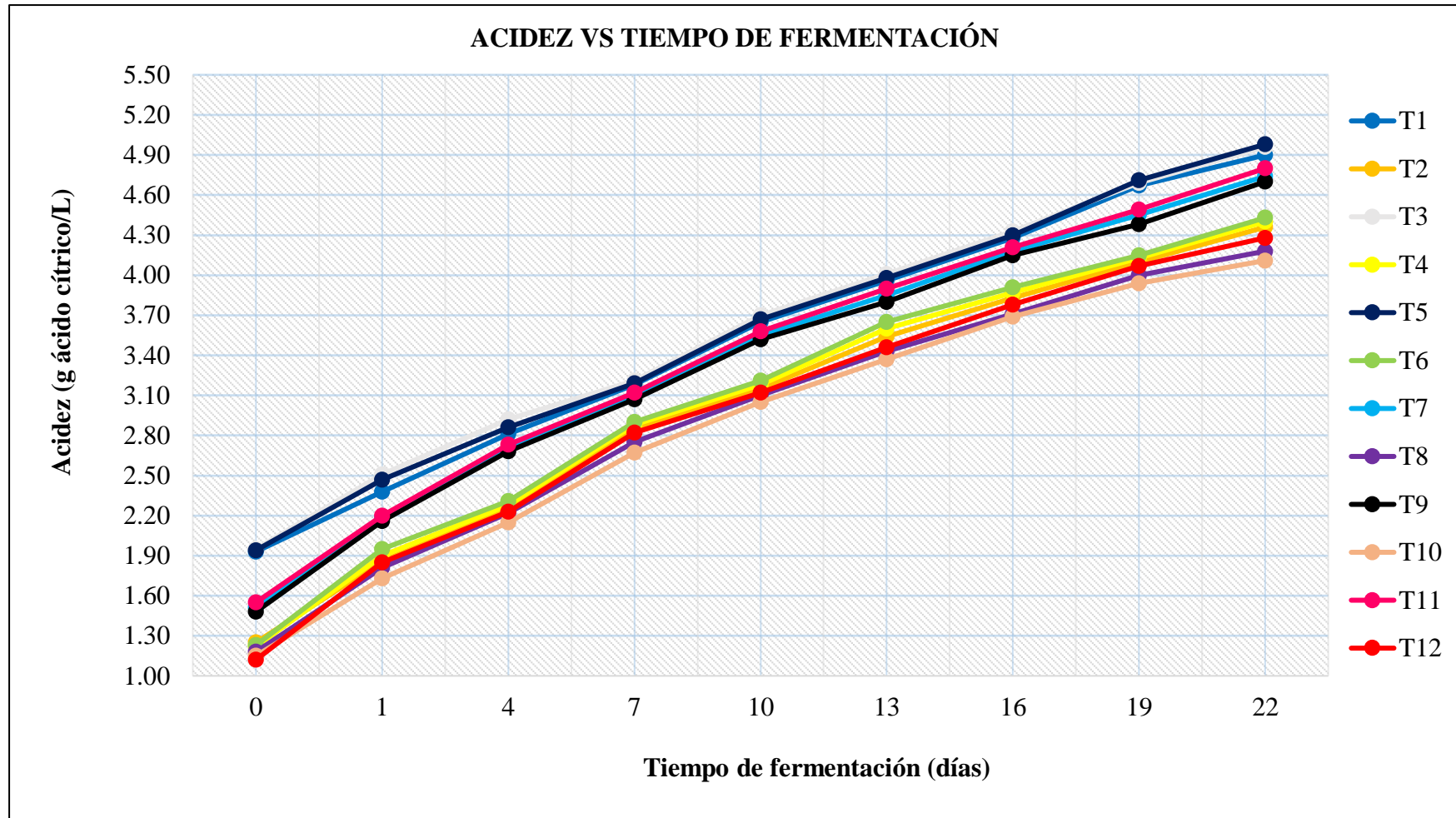


Figura 4. Control de Acidez titulable durante la fermentación de los tratamientos.

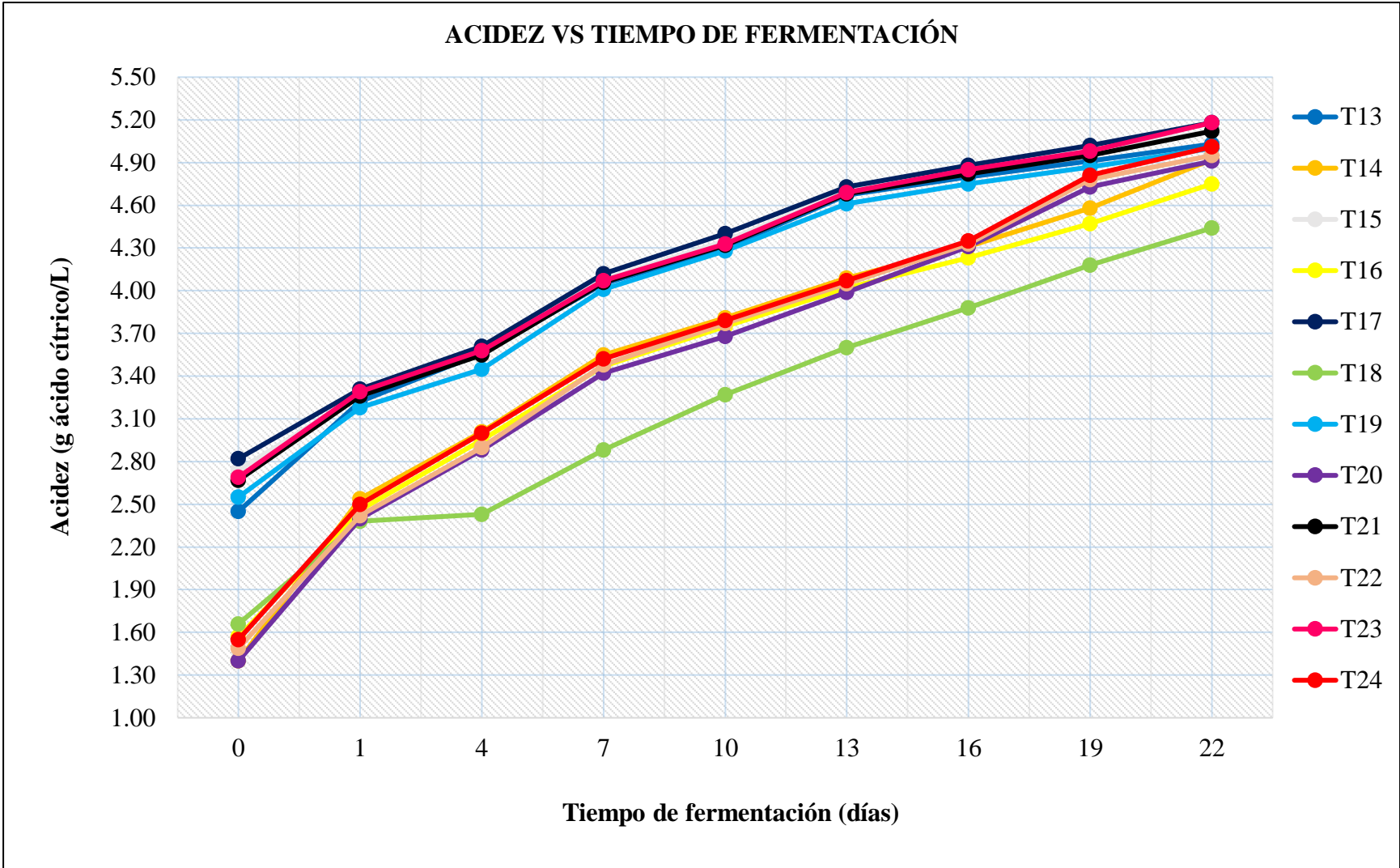


Figura 5. Control de Acidez titulable durante la fermentación de los tratamientos.

4.3.4 Análisis de sólidos solubles

Tabla 7

Medición de los sólidos solubles (°Brix) del proceso de fermentación de los 24 tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de fermentación (días)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
T1	20	20	19.7	19.4	19.2	19	18.9	18.7	18.4	18.2	17.9	17.8	17.6	17.6	17.5	17	16.9	16.6	16.3	15.9	15.7	15.4	15.2
T2	20	19	19	18.9	18.8	18.8	18.8	18.7	18.5	18.1	17.9	17.7	17.6	17.5	17.4	16.9	16.6	16.4	16	15.8	15.5	15.2	15
T3	20	20	20	19.7	19.3	19	18.7	18.5	18.2	18	17.7	17.3	17	16.8	16.3	16	15.9	15.7	15.6	15.4	15.3	14.9	14.7
T4	20	20	20	19.9	19.4	19.1	19	18.9	18.5	18.1	17.5	17.3	17	16.9	16.9	16.5	16.3	16	15.8	15.5	15.2	15	14.9
T5	20	20	20	19.8	19.5	19	18.9	18.7	18.3	18	17.8	17.5	17.1	16.8	16.7	16	15.6	14.9	14.1	13.5	12.9	12.5	12
T6	20	20	19.6	19.3	19	18.9	18.6	18.5	18.1	17.8	17.5	17.2	16.9	16.6	16	16	15.9	15.7	15.5	15.2	14.9	14.6	14
T7	20	19	18.5	18.2	18	17.8	17.8	17.6	17.2	16.9	16	15.7	15.2	15	15	14.9	14.6	14.4	13.9	13.6	13.2	12.9	12.4
T8	20	18.7	18.3	17.5	17	16.5	16.3	16.2	16	15.8	15.4	15	14.7	14.2	14	13.8	13.7	13.5	13.2	13	12.7	12.3	12
T9	20	19	17.8	17.2	16.7	16.1	16	15.9	15.8	15.7	15.5	15.2	15	14.9	14.8	14	13.9	13.7	13.4	13.2	12.9	12.5	12.2
T10	20	18.8	18	17.1	16.5	16	16	15.8	15.6	15.5	15.2	15	14.9	14.8	14.8	14	13.8	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7	12.6
T11	20	18.5	17.9	17.5	17.2	16.9	16.8	16.8	16.6	16.2	15.9	15.5	15.2	15	14.9	14.9	14.7	14.4	14.2	14	13.9	13.5	13.3
T12	20	18.8	18.3	17.9	17.3	16.8	16.6	16.4	16.3	16.1	15.9	15.6	15.1	14.9	14.2	13.8	13.5	13.3	13	12.8	12.5	12.2	12
T13	20	19.2	19.1	19.1	19	19	18.7	18.5	18.3	18.2	18	17.9	17.7	17.5	17.2	17	16.8	16.6	16.3	16	15.8	15.3	15.1
T14	20	19.9	19.5	19	18.6	18	17.9	17.6	17.3	17.2	16.9	16.5	16.2	16	15.9	15.9	15.6	15.3	14.9	14.5	14.2	14	13.8
T15	20	18	17.6	17	16.9	16.6	16.4	16.2	16.2	16.1	16	16	15.9	15.9	15.2	15	14.8	14.6	14.5	14.3	14.1	13.9	13.7
T16	20	18.8	18.5	18	17.6	17.1	17	16.8	16.7	16.6	16.6	16.5	16.2	16.1	15.8	15.3	15	14.9	14.7	14.4	14	13.8	13.6
T17	20	19	18.6	18.1	17.7	17.3	17.2	17	16.9	16.7	16.3	15.9	15.3	15	15	14.7	14.3	13.9	13.5	13.1	12.7	12.4	12
T18	20	20	19.3	18.8	18.5	18.1	17.9	17.8	17.5	17.3	16.9	16.6	16.2	16	15	15	14.8	14.5	14.3	14	13.8	13.3	13
T19	20	18	17.8	17.5	17.2	17	16.8	16.7	16.5	16.2	16	15.8	15.3	15	14.9	14.8	14.5	14.4	14.1	13.9	13.5	13.2	12.9
T20	20	18.8	18.2	17.9	17.3	16.9	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	16	15.8	15.5	15	14.5	14.4	14.3	14.1	14	13.7	13.4	13
T21	20	18	17.7	17.2	16.7	16.4	16	16	15.9	15.7	15.6	15.3	15.1	14.9	14.8	14.7	14.3	14	13.7	13.3	13	12.7	12.4
T22	20	18	17.1	16.5	15.6	15.3	15.3	15.2	15.1	15	15	14.9	14.7	14.6	14.5	14.4	14.2	14.1	13.9	13.8	13.5	13.3	13
T23	20	18.5	17.9	17.1	16.5	16.2	16.2	16.1	15.9	15.8	15.7	15.3	14.9	14.7	14.7	14.6	14.3	14.2	14	13.7	13.4	13	12.8
T24	20	17.9	17.2	16.2	15.5	15.2	15.1	15	14.9	14.8	14.7	14.7	14.6	14.6	14.5	14.2	13.9	13.7	13.3	13	12.8	12.5	12.2

A continuación, se presentan las gráficas de los datos de la Tabla 7. Se Observa la disminución de los sólidos solubles con el tiempo transcurrido de fermentación de los tratamientos ajustados a 20 °Brix inicial, pues el T12 transformó en mayor cantidad los azúcares en alcohol, en 18 días transcurridos de fermentación. (Ver Figura 6 y Figura 7).

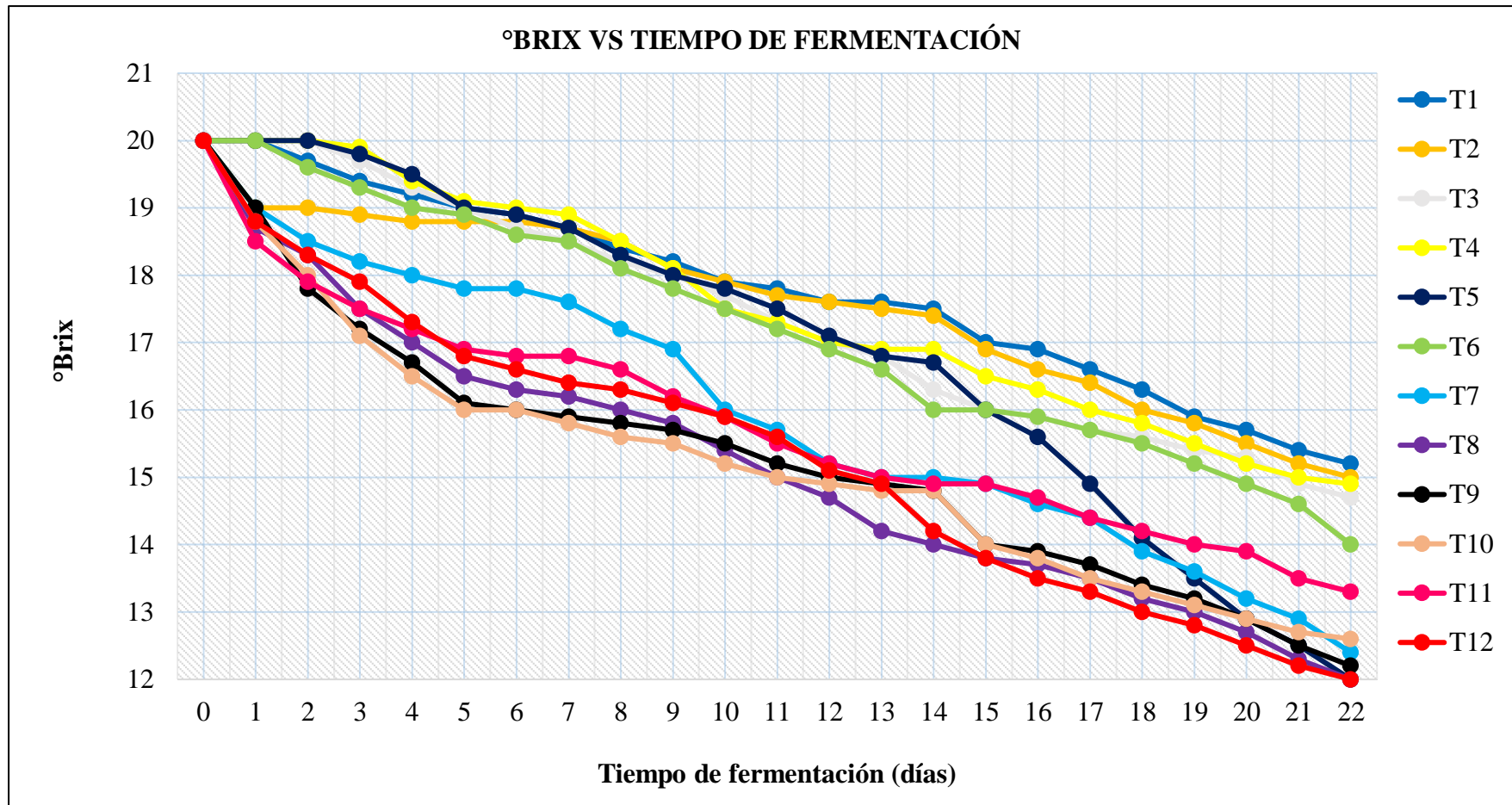


Figura 6. Control de sólidos solubles durante la fermentación de los tratamientos.

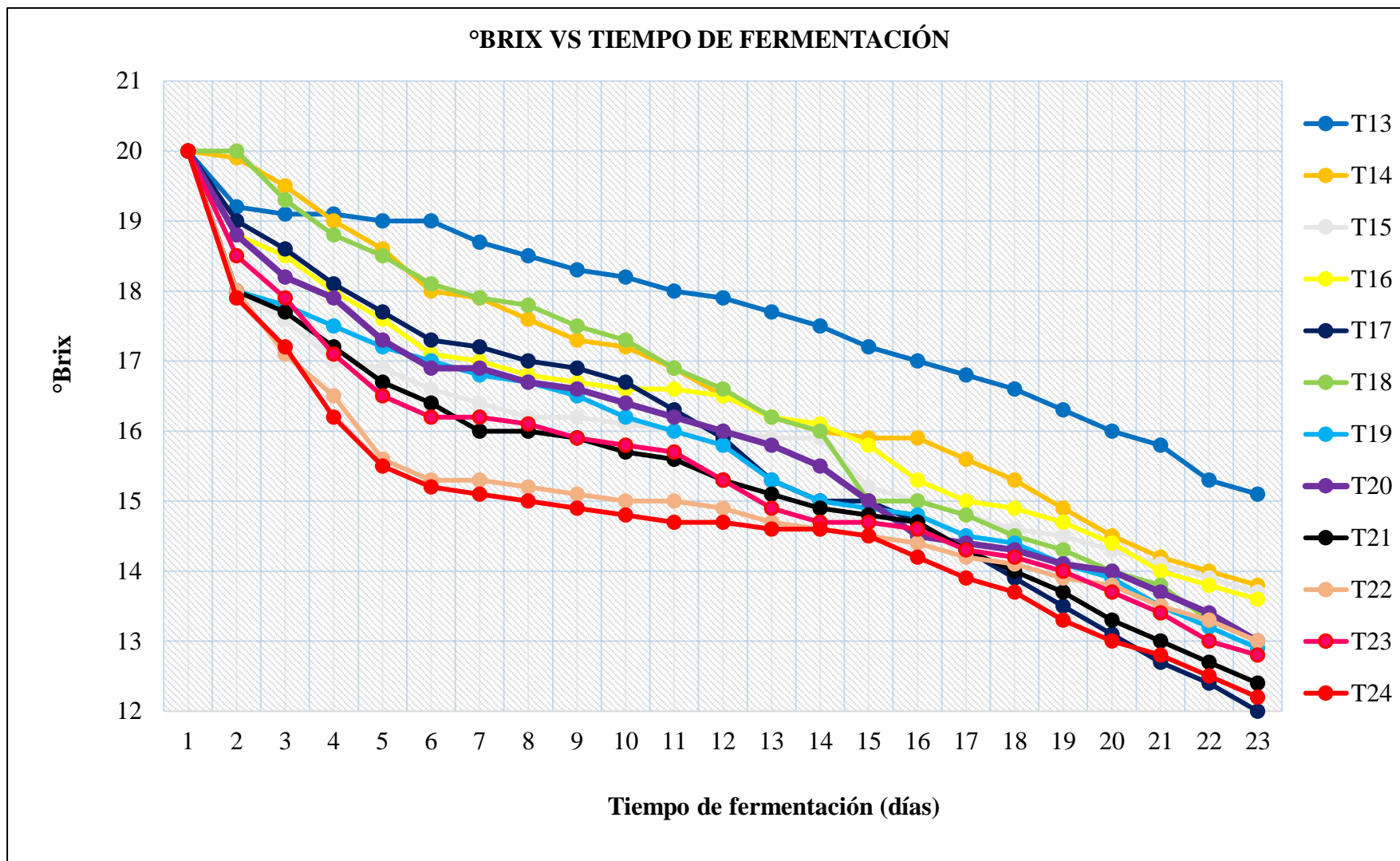


Figura 7. Control de sólidos solubles durante la fermentación de los tratamientos.

4.4 Análisis estadístico (ANOVA y Tukey)

4.4.1 Análisis estadístico del pH

Hipótesis Nula (H_0): La media de las concentraciones de pH al final de la fermentación en los 24 tratamientos son iguales, con un 95% de confiabilidad.

Hipótesis Alternativa (H_1): Al menos en un tratamiento la media de las concentraciones de pH al final de la fermentación difiere de los 24 tratamientos, con 95% de confiabilidad.

Tabla 8
ANOVA de la media del pH al final de la fermentación.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Fc	Sig.
Tratamiento	2.702	11	0.246	43.834	0.000
Error	0.969	173	0.006		
Total	2142.322	192			
Total corregido	17.680	191			

a. $R^2 = 0.945$ (R^2 ajustada = 0.939)

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 9
Prueba Tukey de la medida del pH al final de la fermentación.

Tratamiento	N	Grupos Tukey	
		1	2
Trat3	16	3.181	
Trat5	16	3.192	
Trat9	16	3.207	
Trat11	16	3.210	
Trat7	16	3.229	
Trat1	16	3.231	
Trat2	16		3.424
Trat4	16		3.442
Trat8	16		3.446
Trat6	16		3.448
Trat10	16		3.449
Trat12	16		3.455
Sig.		0.748	0.990

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.006.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16.0; b. $\alpha = 0.05$.

Se determinó que el pH de los 24 tratamientos disminuye con el tiempo de fermentación.

4.4.2 Análisis estadístico de la acidez titulable

Hipótesis Nula (H_0): La media de las concentraciones de la acidez titulable al final de la fermentación en los 24 tratamientos son iguales, con un 95% de confiabilidad.

Hipótesis Alterna (H_i): Al menos en un tratamiento la media de las concentraciones de acidez titulable al final de la fermentación difiere de los 24 tratamientos, con 95% de confiabilidad.

Tabla 10

ANOVA de la media de la acidez titulable al final de la fermentación.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Fc	Sig.
Tratamiento	18.056	11	1.641	13.035	0.000
Error	24.682	196	0.126		
Total	2924.112	216			
Total corregido	236.722	215			

a. $R^2=0.896$ (R^2 ajustada =0.886)

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 11

Prueba Tukey de la medida de acidez titulable al final de la fermentación.

Tratamiento	N	Grupos Tukey	
		1	2
Trat6	18	3.136	
Trat10	18	3.223	
Trat8	18	3.227	
Trat4	18	3.285	
Trat12	18	3.296	
Trat2	18	3.300	
Trat7	18		3.720
Trat9	18		3.742
Trat11	18		3.791
Trat1	18		3.819
Trat3	18		3.886
Trat5	18		3.898
Sig.		0.966	0.937

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.006.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18.0; b. $\alpha = 0.05$.

Se determinó que la medición de la acidez titulable de los 24 tratamientos aumenta con el tiempo de fermentación.

4.4.3 Análisis estadístico de sólidos solubles (°Brix)

Hipótesis Nula (H₀): La media de las concentraciones de sólidos solubles al final de la fermentación en los 24 tratamientos son iguales, con un 95% de confiabilidad.

Hipótesis Alternativa (H_i): Al menos en un tratamiento la media de las concentraciones de sólidos solubles al final de la fermentación difiere de los 24 tratamientos, con 95% de confiabilidad.

Tabla 12

ANOVA de la medida de sólidos solubles al final de la fermentación.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Fc	Sig.
Tratamiento	395.215	11	35.929	101.077	0.000
Error	175.951	495	0.355		
Total	137257.210	528			
Total corregido	1945.172	527			

a. $R^2 = 0.910$ (R^2 ajustada = 0.904)

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 13

Prueba Tukey de la medida de sólidos solubles al final de la fermentación.

Tratamiento	N	Grupos Tukey						
		1	2	3	4	5	6	7
Trat12	44	14.859						
Trat10	44	14.929						
Trat9	44	15.104	15.104					
Trat8	44		15.361	15.361				
Trat11	44		15.438	15.438				
Trat7	44			15.677				
Trat5	44				16.186			
Trat3	44				16.475	16.475		
Trat6	44					16.690	16.690	
Trat4	44					16.765	16.765	
Trat2	44						17.018	
Trat1	44							17.595
Sig.		0.739	0.267	0.352	0.499	0.486	0.297	1.000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.355

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 44.0; b. $\alpha = 0.05$.

4.4.4 Análisis de azúcares reductores

En la Tabla 14 y Tabla 15 se observa los resultados obtenidos de las concentraciones de azúcares reductores tomados al inicio y final de la fermentación mediante el método (DNS) Miller por espectrofotometría.

(Ver siguiente página)

Tabla 14

Resultados de las concentraciones de azúcares reductores al inicio y final de la fermentación.

	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
\bar{x}	82.390	6.745	81.915	6.540	82.025	6.085	81.465	6.035	81.385	6.020	82.820	6.115
S	1.358	0.276	0.544	0.099	0.629	0.092	1.181	0.163	0.629	0.085	0.608	0.092
CV%	1.648	4.089	0.665	1.514	0.767	1.511	1.450	2.695	0.773	1.410	0.734	1.503

	T7		T8		T9		T10		T11		T12	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
\bar{x}	70.875	3.090	68.935	3.015	68.170	2.975	66.980	3.055	67.025	2.995	70.805	2.965
S	0.672	0.014	0.304	0.064	0.184	0.049	1.584	0.134	0.106	0.035	0.912	0.021
CV%	0.948	0.458	0.441	2.111	0.270	1.664	2.365	4.398	0.158	1.180	1.345	0.715

(Unidad: g/L. \bar{x} = Media; S = Desviación Estándar; CV% = Coeficiente de variación porcentual; T = Tratamiento)

Tabla 15

Resultados de las concentraciones de azúcares reductores al inicio y final de la fermentación.

	T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
\bar{x}	82.035	6.76	82.69	6.55	82.075	6.075	81.51	6.09	81.48	6.07	82.555	6.165
S	1.464	0.198	1.089	0.042	0.672	0.148	1.089	0.156	0.891	0.071	1.153	0.049
CV%	1.784	2.929	1.317	0.648	0.818	2.444	1.336	2.554	1.093	1.165	1.396	0.803
	T19		T20		T21		T22		T23		T24	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
\bar{x}	70.63	3.1	68.85	3.035	68.135	2.93	67.245	3.005	66.905	2.885	67.535	2.865
S	0.764	0.071	0.467	0.120	0.205	0.071	2.072	0.163	0.134	0.120	0.474	0.049
CV%	1.081	2.281	0.678	3.961	0.301	2.413	3.081	5.412	0.201	4.167	0.702	1.728

(Unidad: g/L. \bar{x} = Media; S = Desviación Estándar; CV% = Coeficiente de variación porcentual; T = Tratamiento)

A continuación, se presentan las gráficas de los datos de la Tabla 14 y Tabla 15. Se observa los azúcares reductores al inicio y al final de la fermentación. el T6 tiene mayor cantidad de azúcares reductores al inicio de la fermentación (ver Figura 9) y el T12 tiene menor cantidad de azúcares reductores al final de la fermentación que en los demás tratamientos (ver Figura 9).

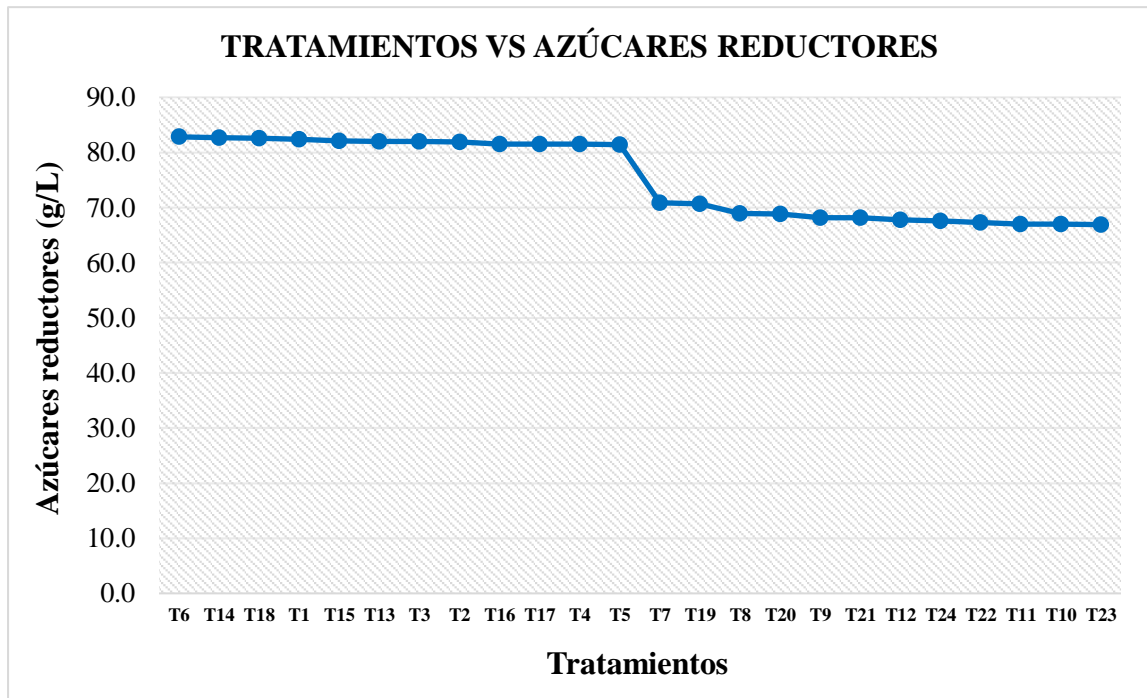


Figura 8. Control de azúcares reductores al inicio de la fermentación.

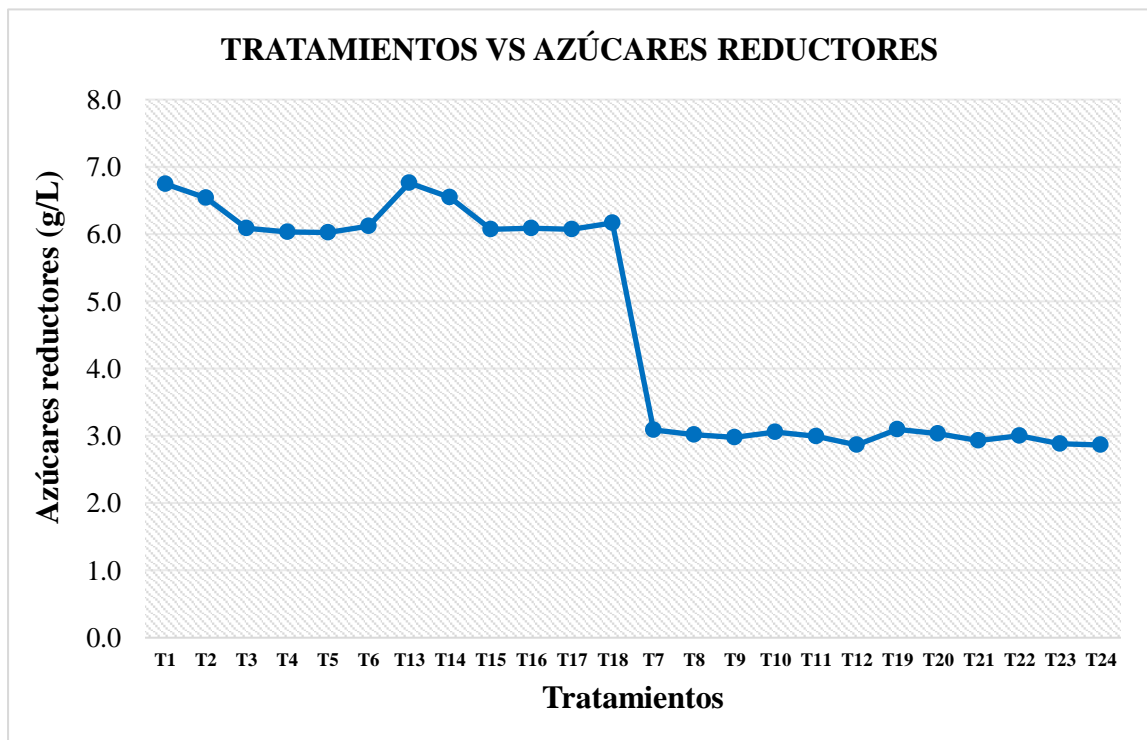


Figura 9. Control de azúcares reductores al final de la fermentación.

4.4.5 Análisis estadístico de azúcares reductores

Hipótesis Nula (H₀): La media de las concentraciones de azúcares reductores directos al final de la fermentación en los 24 tratamientos son iguales, con 95% de confiabilidad.

Hipótesis Alternativa (H₁): En al menos un tratamiento la media de las concentraciones de azúcares reductores directos al final de la fermentación en los 24 tratamientos es distinta, con 95% de confiabilidad.

Tabla 16

ANOVA de azúcares reductores al inicio de la fermentación.

Origen	suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Fc	Sig.
Tratamiento	1160.199	11	105.473	2442.380	0.000
Error	0.518	12	0.043		
Total	136676.459	24			
Total corregido	1160.717	23			

$R^2 = 1.00$ (R^2 ajustada = 0.999)

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 17

Prueba Tukey de la medida de azúcares reductores al inicio de la fermentación.

(ver siguiente página)

		Grupos Tukey						
Tratamiento	N	1	2	3	4	5	6	7
trat11	2	66.965						
trat10	2	67.112						
trat12	2	67.670	67.670					
trat9	2		68.152	68.152				
trat8	2			68.892				
trat7	2				70.752			
trat5	2					81.432		
trat4	2					81.487	81.487	
trat3	2					82.050	82.050	82.050
trat1	2					82.212	82.212	82.212
trat2	2						82.302	82.302
trat6	2							82.687
Sig.		0.122	0.509	0.095	1.000	0.070	0.054	0.198

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 0.043

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.0; b. $\alpha = 0.05$.

La concentración de azúcares reductores al inicio del proceso de fermentación es mayor con respecto a la medición de concentración al final de la fermentación.

Tabla 18
ANOVA de azúcares reductores al final de la fermentación.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Fc	Sig.
Tratamiento	65.773	11	5.979	5611.155	0.000
Error	0.013	12	0.001		
Total	579.762	24			
Total corregido	65.786	23			

a. $R^2 = 1.00$ (R^2 ajustada = 1.00)

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 19
Prueba Tukey de azúcares reductores al final de la fermentación.

Tratamiento	N	Grupos Tukey					
		1	2	3	4	5	6
trat12	2	2.865					
trat11	2	2.940	2.940				
trat9	2	2.952	2.952				
trat8	2		3.025	3.025			
trat10	2		3.030	3.030			
trat7	2			3.095			
trat5	2				6.045		
trat4	2				6.062		
trat3	2				6.080		
trat6	2				6.140		
trat2	2					6.545	
trat1	2						6.752
Sig.		0.334	0.303	0.607	0.247	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 0.001

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.0; b. $\alpha = 0.05$.

Se determinó que los azúcares reductores disminuyen al final del proceso de fermentación.

4.5 Análisis fisicoquímico y organoléptico de la bebida alcohólica destilada.

4.5.1 Análisis fisicoquímico

En la Tabla 20 muestra que, el tratamiento (T12) es el que cumplió con los estándares de calidad, que indica la NTP 211.001; siendo este tratamiento, el seleccionado por arrojar mejores resultados en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 20
Características fisicoquímicas de la bebida alcohólica destilada.

Características	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	NTP 211.001
Grado alcohólico a 20 °C (%)	36	41	38	40	39	43	44	47	40	43	41	45	38 - 48
Acidez titulable (ácido acético g/L)	0.105	0.110	0.09	0.118	0.09	0.115	0.119	0.122	0.116	0.113	0.115	0.12	<=2
pH	4.493	4.512	4.498	4.483	4.488	4.503	4.510	4.505	4.490	4.500	4.495	4.501	-
Extracto seco a 100 °C (g/L)	0.46	0.37	0.4	0.48	0.39	0.42	0.45	0.62	0.44	0.53	0.51	0.4	<=0.6

4.5.2 Análisis organoléptico

Se observa los resultados obtenidos del análisis organoléptico realizado al mejor tratamiento (T12) (ver Tabla 21).

Tabla 21
Características organolépticas de la bebida alcohólica destilada.

(ver siguiente página)

Características organolépticas	
Resultados	NTP 211.001.Pisco
Aspecto	
Claro, brillante y libre de impurezas	Claro, límpido y brillante
Color	
Incoloro	Incoloro
Olor	
Intenso alcoholizado y característico de la carambola.	Ligeramente alcoholizado, intenso, recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, muy fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.
Sabor	
Ligeramente alcoholizado característico de la carambola, intenso y muy fino	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor que recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, intenso, muy fino, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño

4.5.3 Grado alcohólico y volumen de destilación

En la Tabla 22 se muestran los resultados del volumen total destilado de cada tratamiento, que tuvo un volumen resultante de 2.5 L de bebida alcohólica. El T12 tuvo mayor volumen de alcohol.

Tabla 22

Volumen destilado de la bebida alcohólica de los 24 tratamientos.

	Tratamiento											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Volumen (ml)	120	121	118	100	140	105	146	152	142	142	130	160
	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24
Volumen (ml)	90	135	139	141	140	150	145	136	148	142	145	152

V. DISCUSIÓN

En el fruto de carambola tuvo estado de madurez media, con coloración amarilla en 70%, opaco intenso, obteniendo menor cantidad de sólidos solubles y por ello se ajustó a 20 °Brix, por lo tanto, el color opaco intenso se observó en la bebida alcohólica. Según Arozarena (2010), refiere que, para obtener la bebida alcohólica de carambola con excelente calidad, el fruto debe tener una coloración 100% amarilla, opaco muy intenso y con mayor contenido de sólidos solubles.

De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímico mostrados en la Tabla 2, la carambola utilizada para obtener la bebida alcohólica presentó: 4.2 °Brix, pH de 3.88 y acidez de 1.96 g de ácido cítrico, Winchonlong (2008); describe que, el resultado del análisis fisicoquímico realizado a la carambola utilizada en su estudio presentó una concentración de sólidos solubles de 11 °Brix y pH 3. Además, Uniamazonia-SINCHI (2000) obtuvo en su investigación el resultado de la acidez (1.90 g de ácido cítrico) de la carambola en estado de madurez pintón. Por lo tanto, existe similitud entre los resultados obtenidos con la información citada.

Los resultados del tiempo de fermentación mostrados en la Tabla 4 se observa que el tratamiento (T12: dilución 1:3, levadura 0.4 g/L y pH 4), fermentó en 18 días a temperaturas de 20°C a 28°C. Según Zavala (2000), en su investigación concluyó que los parámetros óptimos de fermentación para la elaboración de vino de carambola (*Averroha carambola L.*) son: dilución 1:3, pH 3.5, 24 °Brix y fermentó en 15 días. Según Arias (2013) afirma que: “La actividad de las levaduras es intensa entre 20°C y 25°C, máxima a 30°C y por encima de los 40°C disminuye. Por tal razón nunca se debe permitir que un mosto fermente por encima de los 40° C.

En los resultados del análisis de pH mostrados en la Tabla 5, se determinó que los valores del pH de los 24 tratamientos disminuyen con el tiempo de fermentación. Se observa en las Figuras 2 y 3, que el pH 4 de los tratamientos (T2, T4, T6, T8, T10, T12, T14, T16, T18, T20, T22 y T24), tienen mayores valores que con pH 3,5 de los tratamientos (T1, T3, T5, T7, T9, T11, T13, T15, T17, T19, T21 y T23). Se observa que las curvas trazadas de los tratamientos con pH 3.5 tienden a semejarse con los valores de pH 4 al final del tiempo transcurrido de fermentación. El resultado del mejor tratamiento (T12) fue ajustado a pH 4 y se obtuvo mayor rendimiento de alcohol que en otros tratamientos y fermentó en menos tiempo. Según Beltran (2002) la fermentación del mosto de frutas produce más alcohol a pH 4 que a pH 3.5, el consumo de sustrato para este valor de pH 4 es significativamente más alto. Además, describe que las levaduras tienen la ventaja de soportar, medios más ácidos, que otros microorganismos.

En los resultados del análisis de acidez mostrados en la Tabla 6, se determinó que los valores de la acidez de los 24 tratamientos aumentan con el tiempo de fermentación. En las Figuras 4 y 5, se observa que los datos de las curvas trazadas en las gráficas de la acidez inicial de los tratamientos (T2, T4, T6, T8, T10, T12, T14, T16, T18, T20, T22 y T24), son menores que los tratamientos (T1, T3, T5, T7, T9, T11, T13, T15, T17, T19, T21 y T23). Al respecto Di Giacomo (2018) sostiene que, mientras mayor es el pH menor es la acidez, y mientras menor sea el pH de la solución mayor será su acidez en la fermentación de los mostos de frutas. En los mostos y en los vinos, el pH varía dependiendo de la maduración de las uvas, de la concentración de ácidos orgánicos al momento de la cosecha.

En los resultados del análisis de sólidos solubles mostrados en la Tabla 7, se determinó que los sólidos solubles de los 24 tratamientos disminuyen con el tiempo de fermentación. En la Figuras 6, se observa la curva trazada en la gráfica del mejor tratamiento (T12) que alcanzó el contenido de sólidos solubles de 13 °Brix en 18 días de fermentación y en la Figura 7, se observa la curva trazada en la gráfica del tratamiento (T13) que difiere del resto de tratamientos porque requiere de más tiempo de fermentación. Arias (2013) determinó que los azúcares son la materia prima para las levaduras y la concentración de sólidos solubles del mosto debe estar entre 21 a 24°Brix, para obtener una la bebida alcohólica de 13 y

16°Brix. Por lo tanto, existe semejanza entre los resultados obtenidos del análisis de sólidos solubles con los resultados citados.

Los resultados del análisis de los azúcares reductores de la bebida alcohólica mostrados en la Tabla 14 demuestran que los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T13, T14, T15, T16, T17 y T18) tienen mayor concentración de azúcares reductores al inicio y al final de la fermentación que en los tratamientos (T7, T8, T9, T10, T11, T12, T19, T20, T21, T22, T23 y T24) observados la Tabla 15. La concentración de los azúcares reductores al final del proceso de fermentación disminuye. En la figura 8 se observa que en la curva trazada de la gráfica el tratamiento (T6) es ser mayor la cantidad de azúcares reductores y los tratamientos (T10 y T23) tienen la menor cantidad de azúcares reductores al inicio de la fermentación. En la figura 9 se observa que en la curva trazada de la gráfica los tratamientos (T1 y T13) tienen mayor cantidad de azúcares reductores y el tratamiento (T12) tiene la menor cantidad de azúcares reductores al final de la fermentación, es decir que tuvo mayor consumo de azúcares reductores que en los demás tratamientos.

Los resultados del análisis estadístico del pH mostrado en la Tabla 8 del ANOVA se determinó que la diferencia significativa es menor ($p < 0.05$) entre los tratamientos, por lo que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Nula (H_0), permitiendo aceptar la Hipótesis Alterna (H_i). Es decir que, en al menos un tratamiento la media de las concentraciones de pH al final de la fermentación fue diferente de los 24 tratamientos. Los resultados mostrados en la Tabla 9 del método Tukey indicaron que existen 2 grupos que son significantes entre sí. Por lo tanto, la media para el grupo con subconjuntos homogéneos de los tratamientos con pH inicial 3.5 (T1, T3, T5, T7, T9, T11, T13, T15, T17, T19, T21, T23), durante el proceso de fermentación tuvieron menor disminución de pH que de los tratamientos con pH inicial 4 (T2, T4, T6, T8, T10, T12, T14, T16, T18, T20, T22, T24). Los tratamientos T3 y T5 tuvieron más bajos el pH durante el proceso de fermentación con respecto a los demás tratamientos.

Los resultados del análisis estadístico de acidez titulable mostrados en la Tabla 10 del ANOVA se determinó que la diferencia significativa es menor ($p < 0.05$) entre los tratamientos, por lo que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Nula (H_0), permitiendo aceptar la Hipótesis Alternativa (H_i). Es decir que, en al menos un tratamiento la media de las concentraciones de Acidez al final de la fermentación fue diferente de los 24 tratamientos. Los resultados mostrados en la Tabla 11 del método Tukey indicaron que existen 2 grupos que son significantes entre sí. Por lo tanto, la media para el grupo con subconjuntos homogéneos de los tratamientos (T1, T3, T5, T7, T9, T11, T13, T15, T17, T19, T21, T23), durante la fermentación tuvieron mayor acidez que en los tratamientos (T2, T4, T6, T8, T10, T12, T14, T16, T18, T20, T22, T24). Los tratamientos (T3 y T5) tuvieron valores más altos de acidez durante el proceso de fermentación con respecto a los demás tratamientos.

Los resultados del análisis estadístico de los sólidos solubles mostrados en la Tabla 12 del ANOVA se determinó que la diferencia significativa es menor ($p < 0.05$) entre los tratamientos, por lo que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Nula (H_0), permitiendo aceptar la Hipótesis Alternativa (H_i). Es decir que, en al menos un tratamiento la media de las concentraciones de sólidos solubles al final de la fermentación fue diferente de los 24 tratamientos. Los resultados mostrados en la Tabla 13 del método Tukey indicaron que existen 7 grupos que son significantes entre sí, donde los tratamientos (T12 y T10) tuvieron mayor consumo de azúcares durante el proceso de fermentación.

Los resultados del análisis estadístico de los azúcares reductores medidos al inicio de la fermentación mostrados en la Tabla 16 del ANOVA se determinó que la diferencia significativa es menor ($p < 0.05$) entre los tratamientos, por lo que existe suficiente evidencia estadística para rechazar (H_0), permitiendo aceptar (H_i), es decir que, en al menos un tratamiento la media de las concentraciones azúcares reductores al inicio de la fermentación fue diferente de los 24 tratamientos. Los resultados mostrados en la Tabla 17 del método Tukey indicaron que existen 7 grupos que son significantes entre sí, pues los tratamientos (T6 y T2) tuvieron mayor cantidad de azúcares reductores con respecto a los tratamientos (T12, T10 y T9) que tuvieron menor cantidad de azúcares reductores determinados al inicio del proceso de fermentación.

Los resultados del análisis estadístico de los azúcares reductores medidos al final de la fermentación mostrados en la Tabla 18 del ANOVA se determinó que la diferencia significativa es menor ($p < 0.05$) entre los tratamientos, por lo que existe suficiente evidencia estadística para rechazar (H_0) y aceptando (H_i), es decir que, en al menos un tratamiento la media de las concentraciones de azúcares reductores al final de la fermentación fue diferente de los 24 tratamientos. Los resultados de la Tabla 19 del método Tukey indicaron que existen 7 grupos que son significantes entre sí, pues el (T12) tuvo mayor consumo de azúcares reductores al final de la fermentación.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos descritos en la Tabla 20 presentan al mejor tratamiento (T12) con graduación alcohólica de 45 °GL, acidez titulable 0,12 g de ácido acético, pH 4.501 y 0.4 g/L de extracto seco; según la NTP.211.001. (2012), los requisitos fisicoquímicos son: el grado alcohólico debe tener como mínimo 38% y máximo 48% en volumen con una tolerancia de +/- 1, el extracto seco debe tener como máximo 0.6 g/L, el contenido de acidez debe tener como máximo 200 mg/100ml. Estos análisis determinados cumplen con los requisitos de la NTP 211.001:2012 (elaboración de pisco).

Los resultados de los análisis organolépticos descritos en la Tabla 21 son: aspecto claro y brillante, es incoloro, tuvo un olor intenso y característico a la carambola, su sabor fue ligeramente alcoholizado característico de la carambola e intenso muy fino y exento de cualquier elemento extraño. Estos análisis cumplen con los requisitos de la NTP 211.001:2012 (elaboración de pisco).

Los resultados obtenidos del volumen de la bebida alcohólica destilada mostrados en la Tabla 22 se observa que los tratamientos (T8 y T12) tuvieron mayor volumen de alcohol, dicha bebida se destiló con temperaturas de 78 °C a 85 °C medidas en el termómetro en un tiempo aproximado de 3 horas por tratamiento. Se consideró la parte intermedia del destilado llamado “cuerpo”, que es el alcohol puro de la bebida alcohólica. Según Ibraz y Barbosa-Cánovas (2011), sostiene que, para aumentar la concentración del componente más volátil en fase vapor, se pone en contacto con una corriente descendente de líquido hirviente. Los componentes menos volátiles se concentran en la fase líquida. La destilación se llama rectificación por columnas de fraccionamiento.

VI. CONCLUSIONES

Se realizaron los análisis fisicoquímicos de la bebida alcohólica destilada, los cuales son: graduación alcohólica de 45 °GL medida con el alcoholímetro, acidez titulable 0,12 g de ácido acético, pH 4.501 y 0.4 g/L de extracto seco El tiempo de destilación fue 3 horas en promedio, teniendo en cuenta la temperatura de calentamiento dadas mediante el manto calefactor.

Se realizaron los análisis organolépticos de la bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*Averrhoa carambola L.*). El destilado es un tipo de pisco acholado, porque el mosto se fermentó completamente. Además, el pisco tiene un aspecto claro y brillante, es incoloro, tuvo un olor intenso y característico a la carambola, su sabor fue ligeramente alcoholizado característico de la carambola e intenso muy fino y exento de cualquier elemento extraño. Estos análisis cumplen con los requisitos organolépticos para la elaboración de pisco; según la NTP 211.001

En esta investigación se estableció una secuencia de trabajo para obtener la bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*Averrhoa carambola L.*), como: Recepción, selección, pesado, lavado, desinfección, escaldado, pelado, pulpeado, acondicionamiento del mosto, inoculación de la levadura, fermentación, pasteurización, clarificación, trasiego, destilación y envasado.

VII. RECOMENDACIONES

Para obtener una bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*Averrhoa carambola L.*) con excelentes características fisicoquímicas y organolépticas determinadas en la investigación, se recomienda trabajar con el tratamiento (T12: dilución 1:3, concentración de levadura 0.4 g/L y pH 4).

Optimizar proyectos agroindustriales con la elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) impulsando aún más la producción de carambola en nuestra provincia de Jaén.

Se recomienda realizar análisis microbiológicos a la bebida alcohólica destilada.

Realizar estudios para determinar el tiempo de vida útil de la bebida alcohólica destilada de carambola.

Para destilar la bebida alcohólica se recomienda controlar la temperatura de calentamiento mediante curvas de calibración.

Se recomienda tener un control estricto durante la fermentación, además de la activación de la levadura. También se debe evaluar la temperatura del mosto en el proceso de fermentación y trabajar en condiciones asépticas para asegurar la calidad de la bebida alcohólica destilada.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. C. (2012). Evaluación de la fermentación alcohólica para la producción de hidromiel. Recuperado en abril de 2019, Repositorio Institucional: <http://bdigital.unal.edu.co/9933/1/300060.2012.pdf>
- Actividades Estadísticas Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. (s. f.). Recuperado 30 de abril de 2019, de Ministerio de Agricultura y Riego website: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-agricola>
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist; Official Methods of Analysis, USA, 2012.
http://members.aoac.org/aoac_prod_imis/AOAC_Docs/AOAC_Presentation/AOAC_2014_PRESENTATION.pdf
- Arias, B. L. M. (2013). “Elaboración de una bebida alcohólica utilizando dos variedades de agave; negro Agave americano y blanco Furcraea andina empleando *Saccharomyces cerevisiae* en dos presentaciones (liofilizada y en pasta) en el sector de Cristo Rey Parroquia Once de Noviembre Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi”. (Tesis de grado) Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2656/1/T-UTC-00192.pdf>.
- Beltrán, G. (2002). Análisis de las poblaciones de levadura durante la fermentación alcohólica: un estudio de seguimiento de seis años. Obtenido de ScieDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0723202004701149?via%3Dihub>
- Barbosa-Cánovas, I. y. (2011). Rectificación continua de mezclas binarias. En A. Ibraz, & G. V. Barboza-Cánovas, Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos (pág. 684). Madrid: Mundi-Prensa.

- Chin L.-H., Lazan, H., & Ali, Z. Mohd. (1999). Cell wall modifications, degrading enzymes and softening of carambola fruit during ripening. *Journal of Experimental Botany*, 50(335), 767-775. <https://doi.org/10.1093/jxb/50.335.767>
- Dickinson, J. R. (1998). *Metabolism and Molecular Physiology of Saccharomyces Cerevisiae*. <https://doi.org/10.1201/9781482295405>
- Di Giacomo, D. (2018). La importancia de la acidez y del pH en el vino. Obtenido de Asociación Mundial de Periodistas y Escritores de Vinos y Licores.
- Hernández G., M. S., & Barrera G., J. A. (2004). Bases técnicas para el aprovechamiento agroindustrial de especies nativas de la Amazonia (1. ed). Bogotá: Inst. Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI.
- Hernández, D. P. M & Fernández, G. D (2013). La carambola. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Recuperado de <http://www.icia.es/icia/download/Publicaciones/carambola6.pdf>.
- Hernández G, & María Soledad. (2004). Aspectos biológicos y conservación de frutas promisorias de la Amazonia Colombiana. Bogotá, Colombia: SINCHI, Instituto Amazónica de Investigaciones Científicas.
- ICIA. (2013). La carambola. Obtenido de Instituto Canario de Investigaciones Agrarias: <https://www.icia.es/icia/download/Publicaciones/carambola.pdf>
- Lima, J. R. (2017). Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller procedente del distrito de San Bartolomé, Huarochirí Lima. Obtenido de Cybertesis: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/5715/Lima_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Machín, C., Antonio, N., Carralero, G., Amarilys, C., & Rodríguez, G. (2016). Levadura *saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA*, 50, 20-29.

- Mateus-Cagua, D., Arias C., M. E., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2015). Growing starfruit (*Averrhoa carambola*L.) and its behavior in the piedmont of Meta (Colombia). A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 135-148.
- Ministerio de Agricultura y Riego. MINAGRI (2018). Anuario estadístico de producción agrícola. Recuperado el abril de 2019, de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-agricola>
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI (2014). Anuario estadístico de producción agrícola. Producción, superficie cosechada, rendimiento y precio en chacra de la carambola por región. página 187. Recuperado de <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=produccion-agricola>.
- Norma Técnica Peruana NTP 211.001. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI. Bebidas Alcohólicas, Pisco, Requisitos. Lima; 2006.
- Plants Profile for *Averrhoa carambola* (carambola). (s. f.). Recuperado 25 de abril de 2019, de <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=AVCA>
- Romero, C. A. (2012). EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDROMIEL.
- Sotelo, J. A. A. (2012). Optimización de variables en la destilación discontinua del pisco (Universidad Nacional de Ingeniería). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3728>
- Vallejo, R. J. (Julio de 2011). Estudio tecnológico para la elaboración de vino de carambola averrhoa carambola. Obtenido de Universidad Universidad Tecnológica de Equinoccial (UTE): <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/4918>
- Vargas, M. E. (junio de 2014). Efecto de la concentración de enzimas pectolíticas (lallyzyme c-max) en la clarificación de vino de carambola (*Averrhoa carambola*)". Obtenido de Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza (UNTRM): <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/550>

- Villadsen, J., Nielsen, J., & Lidén, G. (2011). *Bioreaction Engineering Principles*. Springer Science & Business Media.
- Winchonlong, R. E. (2018). "Evaluación de los factores relación pulpa-agua, corrección de °Brix y corte de fermentación, para la obtención de una bebida alcohólica fermentada organolepticamente aceptable a partir de (*Averrhoa carambola* L.) carambola en Chulucanas. Recuperado el 15 de agosto de 2019, de Tesis Completa - Universidad Católica Sedes Sapientiae: http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/534/Winchonlong_Reyna_tesis_bachiller_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Zela, S. L. Y., & Quiliche, A. A. B. (2012). Producción de etanol a partir de la fermentación del camote (UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3722>
- Zurita, P. W. M. (2011). Elaboración de vino de frutas (*pitahaya hylocereus triangularis* y carambola *averrhoa* l.) en 3 diferentes concentraciones de mosto y con 2 tipos de levaduras del género *saccharomices* (*s. cereviceae* y *s. ellipsoideus*) (UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI). Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/907>

AGRADECIMIENTO

- A nuestro asesor de tesis, Mg. Wagner Colmenares Mayanga, por orientarnos y asesorarnos durante el desarrollo de esta investigación.
- A nuestro asesor, Ing. Royler Jeimis Yalta Meza por dedicar su tiempo para asesorarnos y orientarnos en el desarrollo de esta investigación.
- A la Universidad Nacional de Jaén por habernos brindado y facilitado el uso del laboratorio de Taller de Tecnología de Alimentos y el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental; así como el uso de equipos, materiales.
- Al estudiante Pool Díaz Ruíz del VII ciclo de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias por brindarnos el apoyo necesario en la elaboración de la bebida alcohólica destilada.

ANEXOS

ANEXO 1: Descripción de color del fruto de carambola según su estado de madurez.

Tabla 23

Carta de colores propuesta para el estado tres de desarrollo del fruto de carambola ácida del piedemonte amazónico.

Índice	Color	Descripción
1	Amarillo-verde 1	Color verde claro algo amarillo
2	Amarillo-verde 2	Color amarillo verdoso
3	Pardo-naranja 1	Color amarillo opaco
4	Pardo-naranja 2	Color naranja opaco poco intenso
5	Pardo-naranja 3	Color naranja opaco intenso, fruto completamente coloreado

Fuente: Aspectos Biológicos y Conservación de Frutas Promisorias de La Amazonia Colombiana. (Hernández G & María Soledad, 2004)

ANEXO 2: Cambios de color en el fruto de carambola (*Averrhoa carambola L.*)



ANEXO 3: Planta de carambola (*Averrhoa carambola L.*)



ANEXO 4: Composición nutricional del fruto de carambola.

Tabla 24

Composición nutricional en 100 gramos del fruto de carambola.

Compuesto	Cantidad
Calorías	35.7 cal
Agua	89 – 91 g
Carbohidratos	9.38 g
Grasas	0.08 g
Proteínas	0.38 g
Fibra	0.8 – 0.9 g
Cenizas	0.26 – 0.4 g
Calcio	4.4 – 6.0 mg
Fósforo	15.5 – 21.0 mg
Hierro	0.32 – 1.65 mg
Tiamina	0.03 – 0.038 mg
Riboflavina	0.019 – 0.03 mg
Niacina	0.294 – 0.38 mg
Ácido ascórbico	26.0 – 53.1 mg

Fuente: Purdue University

ANEXO 5: Recepción y selección de los frutos de carambola.



ANEXO 6: Pesado de los frutos de carambola.



ANEXO 7: Lavado de los frutos de carambola.



ANEXO 8: Desinfección de los frutos de carambola.



ANEXO 9: Escaldado de los frutos de carambola.



ANEXO 10: Pulpeado de la carambola.



ANEXO 11: Acondicionamiento del mosto (20 °Brix) y volumen de dilución (1:2 y 1:3).



ANEXO 12: Inoculación de levadura (0.2; 0.3, 0.4 g/L) para los tratamientos.



ANEXO 13: Fermentación en biorreactores con 3 L de mosto para obtener vino de carambola de los 24 tratamientos.



ANEXO 14: Destilación del vino de carambola mediante el destilador por columnas de fraccionamiento.



ANEXO 15: Medición de los sólidos solubles y pH durante el proceso de fermentación.



ANEXO 16: Medición azúcares reductores por espectrofometría.



ANEXO 17: Determinación de Acidez Titulable. A.O.A.C. 2012.

En una probeta graduada se midió 25 ml de muestra, luego se trasvasó a una fiola de 100 ml y se aforó con agua destilada. En un matraz de 250 ml se colocó 25 ml de la muestra diluida, al cual se añadió 3 gotas de fenolftaleína como indicador para el viraje. Luego se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N hasta que se produzca el cambio de color a rosado insipiente. Se realizaron tres repeticiones para determinar el porcentaje de acidez.

El resultado se expresa en % de acidez cítrica mediante la siguiente formula:

$$\% \text{Acidez Titulable} = \frac{\text{Gasto} \times \text{N} \times \text{PE} \times 100}{\text{Vol. muestra (ml)}}$$

Donde:

N = Normalidad del NAOH (0.1 N)

Gasto = Volumen gastado del NAOH (ml).

PE: Peso equivalente del ácido predominante (g/mol).



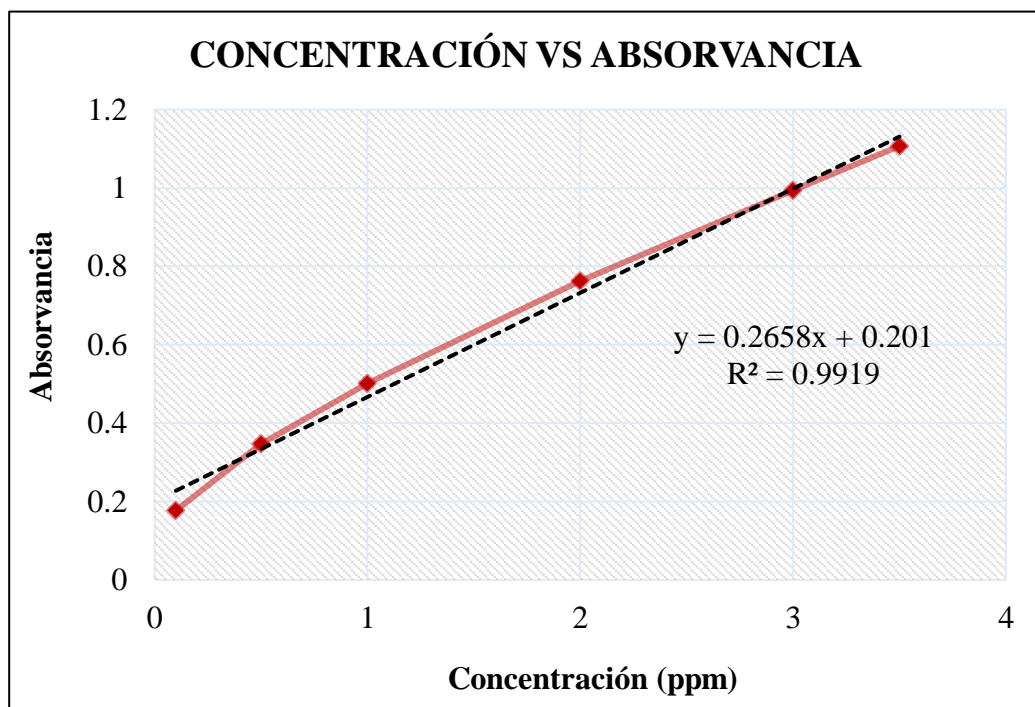
ANEXO 18: Determinación de azúcares reductores por el método DNS (técnica miller) mediante espectrofotometría.

Se utilizó el espectrofotómetro UV marca ÚNICO 1025, la medición se realizó a longitud de onda de 525 nm, para luego se determinase la máxima absorbancia de cada solución preparada y se grafique construcción de los azúcares reductores mediante una curva patrón.

Se preparó una solución estándar de 2 mg/mL de glucosa. Luego se realizó las diluciones hasta obtener muestras con concentraciones de 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 3.5 mg/mL.

Se tomó 1 ml de cada muestra patrón trasvasado a un tubo de ensayo, después se agregó 1 ml de solución de DNS para luego ser llevado a temperatura de ebullición por un tiempo de 10 minutos. Se agregó 10 ml de agua destilada

Se realizó la medición de la absorbancia de cada tubo de ensayo, extrayendo un volumen para llenar la cubeta y luego construyó la curva patrón mediante una gráfica.



ANEXO 19: Norma Técnica Peruana (NTP) 211.001. Para bebidas alcohólicas. Pisco.

NORMA TÉCNICA

NTP 211.001

PERUANA

1 de 9

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Pisco. Requisitos

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que debe cumplir el Pisco.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1. Normas Técnicas Peruanas

2.1.1 NTP 210.001:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Extracción de muestras

2.1.2 NTP 210.027:2004 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Rotulado

2.1.3 NTP 209.038:2003 ALIMENTOS ENVASADOS. Etiquetado

2.1.4 NTP 210.003:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Determinación del grado alcohólico volumétrico. Método por picnometría.

2.1.5 NTP 210.022:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación del metanol.

2.1.6 NTP 210.025:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo. Determinación de furfural.

2.1.7 NTP 211.035:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo.

Determinación de metanol y de congéneres en bebidas alcohólicas y en alcohol etílico empleado en su elaboración, mediante cromatografía de gases.

2.1.8 NTP 211.038:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo.

Determinación de aldehídos

2.1.9 NTP 211.040:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo.

Determinación de acidez.

2.1.10 NTP 211.041:2003 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Método de ensayo.

Determinación de extracto seco total.

2.2. Norma Metrológica Peruana

NMP 001:1995 PRODUCTOS ENVASADOS. Rotulado

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a los tipos de Piscos indicados en el Capítulo 5 CLASIFICACIÓN.

4. DEFINICIÓN

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplica la siguiente definición:

Pisco: Es el aguardiente obtenido exclusivamente por destilación de mostos frescos de “uvas pisqueras” recientemente fermentados, utilizando métodos que mantengan el principio tradicional de calidad establecidas en las zonas de producción reconocidas¹.

¹ D.S. N° 001-91-ICTI/IND

5. CLASIFICACIÓN

5.1. **Pisco puro:** Es el pisco obtenido exclusivamente de una sola variedad de uva pisquera.

5.2. **Pisco mosto verde:** Es el pisco obtenido de la destilación de mostos frescos de uvas pisqueras con fermentación interrumpida.

5.3. **Pisco acholado:** Es el pisco obtenido de la mezcla de:

- Uvas pisqueras, aromáticas y/o no aromáticas.
- Mostos de uvas pisqueras aromáticas y/o no aromáticas.
- Mostos completamente fermentados (vinos frescos) de uvas aromáticas y/o no aromáticas.
- Piscos provenientes de uvas pisqueras aromáticas y/o no aromáticas.

6. ELABORACIÓN Y EQUIPOS

6.1. Elaboración

6.1.1. **Variedades de uvas pisqueras:** El pisco debe ser elaborado exclusivamente utilizando las variedades de uva de la especie *Vitis Vinifera L.*, denominadas “uvas pisqueras” y cultivadas en zonas de producción reconocidas. Estas son:

- 6.1.1.1 Quebranta
- 6.1.1.2 Negra Criolla
- 6.1.1.3 Mollar
- 6.1.1.4 Italia
- 6.1.1.5 Moscatel
- 6.1.1.6 Albilla
- 6.1.1.7 Torontel
- 6.1.1.8 Uvina²

6.1.2. Son uvas no aromáticas las uvas Quebranta, Negra Criolla, Mollar y Uvina; y uvas aromáticas las uvas Italia, Moscatel, Albilla y Torontel.

6.1.3. Los equipos, máquinas, envases y otros materiales utilizados en la elaboración de Pisco, así como la instalación o área de proceso deben cumplir con los requisitos sanitarios establecidos por la entidad competente para asegurar la calidad del producto.

² Variedad aceptada para elaborar pisco, hasta obtener la opinión favorable de la OIV (la misma que deberá ser obtenida en un plazo no mayor de 3 años), cuyo cultivo y producción se circunscribe únicamente a los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga (zona de producción reconocida con D.S. 001-91-ICTI/IND)

-
- 6.1.4.** El proceso de fermentación puede realizarse sin maceración o con maceración parcial o completa de orujos de uvas pisqueras, controlando la temperatura y el proceso de degradación de los azúcares del mosto.
- 6.1.5.** El inicio de la destilación de los mostos fermentados debe realizarse inmediatamente después de concluida su fermentación, a excepción del Pisco mosto verde.
- 6.1.6.** El Pisco debe tener un reposo mínimo de tres (03) meses en recipientes de vidrio, acero inoxidable o cualquier otro material que no altere sus características físicas, químicas y organolépticas antes de su envasado y comercialización con el fin de promover la evolución de los componentes alcohólicos y mejora de las propiedades del producto final.
- 6.1.7.** El Pisco debe estar exento de coloraciones, olores y sabores extraños causados por agentes contaminantes o artificiales que no sean propios de la materia prima utilizada.
- 6.1.8.** El Pisco no debe contener impurezas de metales tóxicos o sustancias que causen daño al consumidor.
- 6.2.** Equipos: La elaboración de Pisco será por destilación directa y discontinua, separando las cabezas y colas para seleccionar únicamente la fracción central del producto llamado cuerpo o corazón. Los equipos serán fabricados de cobre o estaño; se puede utilizar pailas de acero inoxidable. A continuación, se describen estos equipo
- 6.2.1.** Falca: Consta de una olla, paila o caldero donde se calienta el mosto recientemente fermentado y, por un largo tubo llamado "Cañón" por donde recorre el destilado, que va angostándose e inclinándose a medida que se aleja de la paila y pasa por un medio frío, generalmente agua que actúa como refrigerante. A nivel de su base está conectado un caño o llave para descargar las vinazas o residuos de la destilación. Véase Figura
- Se permite también el uso de un serpentín sumergido en la misma alberca o un segundo tanque con agua de renovación continúa conectando con el extremo del "Cañón".

6.2.2. Alambique: Consta de una olla, paila o caldero donde se calienta el mosto recientemente fermentado, los vapores se elevan a un capitel, cachimba o sombrero de moro para luego pasar a través de un conducto llamado "Cuello de cisne" llegando finalmente a un serpentín o condensador cubierto por un medio refrigerante, generalmente agua. Véase Figura 2.

6.2.3. Alambique con calienta vinos: Además de las partes que constituyen el alambique, lleva un recipiente de la capacidad de la paila, conocido como "Calentador", instalado entre ésta y el serpentín. Calienta previamente al mosto con el calor de los vapores que vienen de la paila y que pasan por el calentador a través de un serpentín instalado en su interior por donde circulan los vapores provenientes del cuello de cisne intercambiando calor con el mosto allí depositado y continúan al serpentín de condensación. Véase Figura 3.

7. REQUISITOS

7.1. Requisitos organolépticos

El Pisco debe presentar los requisitos organolépticos indicados en la Tabla 1

REQUISITOS ORGANOLÉPTICOS	PISCO			
	PISCO PURO: DE UVAS NO AROMÁTICAS	PISCO PURO: DE UVAS AROMÁTICAS	PISCO ACHOLADO	PISCO MOSTO VERDE
DESCRIPCIÓN				
ASPECTO	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante	Claro, límpido y brillante
COLOR	Incoloro	Incoloro	Incoloro	Incoloro
OLOR	Ligeramente alcoholizado, no predomina el aroma a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, recuerda a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, intenso, amplio, perfume fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, muy fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, no predomina el aroma a la materia prima de la cual procede o puede recordar ligeramente a la materia prima de la cual procede, ligeras frutas maduras o sobre maduras, muy fino, delicado, con estructura y equilibrio.
SABOR	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño	Ligeramente alcoholizado, sabor que recuerda a la materia prima de la cual procede, intenso, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor que recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, intenso, muy fino, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño	Ligeramente alcoholizado, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede o puede recordar ligeramente a la materia prima de la cual procede, muy fino y delicado, aterciopelado, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño

REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS	Mínimo	Máximo	Tolerancia al valor declarado	Método de ensayo
Grado alcohólico volumétrico a 20/20	38,0	48,0	+/- 1,0	NTP 210.003:2003
Extracto seco a 100 °C (g/l)	-	0,6		NTP 211.041:2003
COMPONENTES VOLÁTILES Y CONGÉNERES (mg/100 ml A.A.) ⁽²⁾				
Esteres, como acetato de etilo	10,0	330,0		NTP 211.035:2003
Formiato de etilo ⁽³⁾	-	-		
Furfural	-	5,0		NTP 210.025:2003
Aldehídos, como acetaldehído	3,0	60,0		NTP 211.038:2003
Alcoholes superiores, como alcoholes superiores totales	60,0	350,0		NTP 211.035:2003
Iso-Propanol ⁽⁴⁾	-	-		
Propanol ⁽⁵⁾	-	-		
Butanol ⁽⁵⁾	-	-		
Acidez volátil (como ácido acético)	-	200,0		NTP 211.040:2003
Alcohol metílico				NTP 210.022:2003
Pisco Puro y Mosto Verde de uvas no aromáticas	4,0	100,0		NTP 211.035:2003
TOTAL COMPONENTES VOLÁTILES Y CONGÉNERES	150,0	750,0		

7.1.1. El Pisco no debe presentar olores y sabores o elementos extraños que recuerden a aromas y sabores de sustancias químicas y sintéticos que recuerden al barniz, pintura, acetona, plástico y otros similares; sustancias combustibles que recuerden a kerosene, gasolina y otros similares; sustancias en descomposición que recuerden a abombado; sustancias empireumáticas que recuerden a quemado, leña, humo, ahumado o cocido y otros similares así como otros semejantes a las grasas, leche fermentada y caucho.

7.1.2. Los olores y sabores enunciados líneas arriba son referenciales y no limitados.

7.2. Requisitos fisicoquímicos

7.2.1. El pisco debe presentar los requisitos físicos y químicos indicados en la tabla 2.

Notas adicionales al cuadro N° 2

- 1) Esta tolerancia se aplica al valor declarado en la etiqueta, pero de ninguna manera deberá permitirse valores de grado alcohólico menores a 38 ni mayores a 48.
- 2) Se consideran componentes volátiles y congéneres del pisco, las siguientes sustancias: esteres, furfural, ácido acético, aldehídos, alcoholes superiores y alcohol metílico.
- 3) Es posible que no estén presentes, pero de estarlos la suma con el acetato de etilo no debe sobrepasar 300 mg/100 ml.
- 4) Es posible que no esté presente.
- 5) Deben estar presentes sin precisar exigencias de máximos y mínimos.

8. MUESTREO

Las muestras se deberán extraer de conformidad con la NTP 210.001.

9. MÉTODOS DE ENSAYO

Los métodos de ensayo a seguir serán los establecidos en el capítulo 2 de esta NTP.

10. ROTULADO

El rotulado debe de estar de acuerdo con la NTP 210.027, NTP 209.038.

En la etiqueta se debe presentar el nombre de la uva pisquera y el valle de ubicación de la bodega elaboradora.

El uso de la denominación de la “zona de producción” está reservado exclusivamente al pisco que se elabore y envase en la misma zona de donde proceden las uvas pisqueras utilizadas en su elaboración.

11. ENVASE

11.1. El recipiente utilizado para conservar, trasladar y envasar el Pisco debe ser sellado, no deformable y de vidrio neutro u otro material que no modifique el color natural del mismo y no transmita olores, sabores y sustancias extrañas que alteren las características propias del producto.

11.2. El envase utilizado para comercializar el Pisco debe ser sellado y sólo de vidrio o cerámica.

11.3. El envase debe proteger al Pisco de la contaminación.

12. ANTECEDENTE

12.1. NTP 211.001:2002 Bebidas Alcohólicas. Pisco. Requisito.

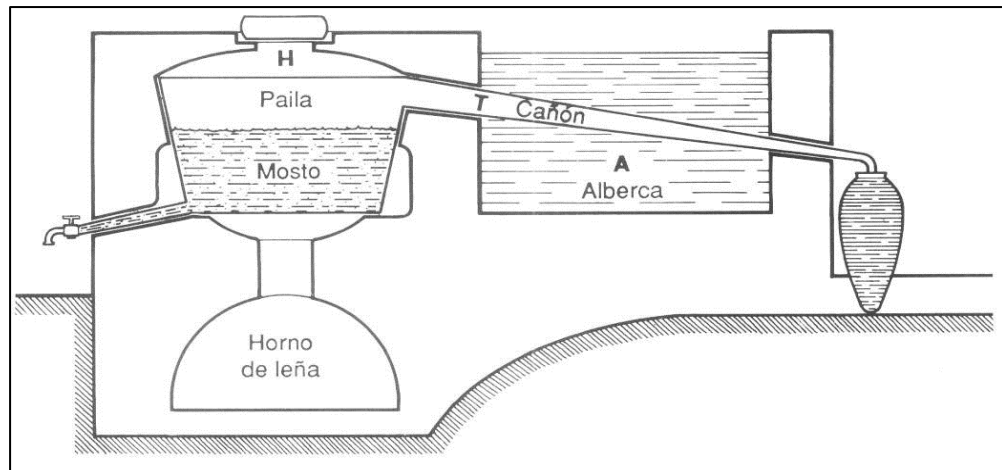


Figura 1: Falca

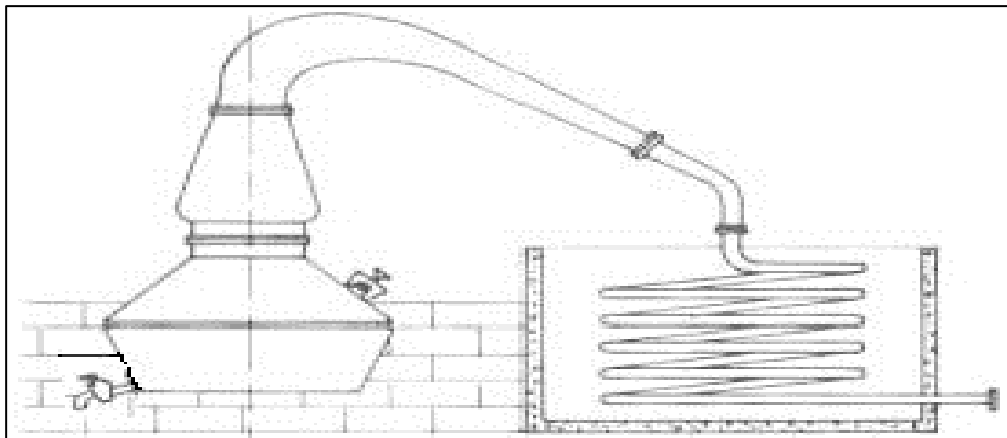


Figura 2: Alambique

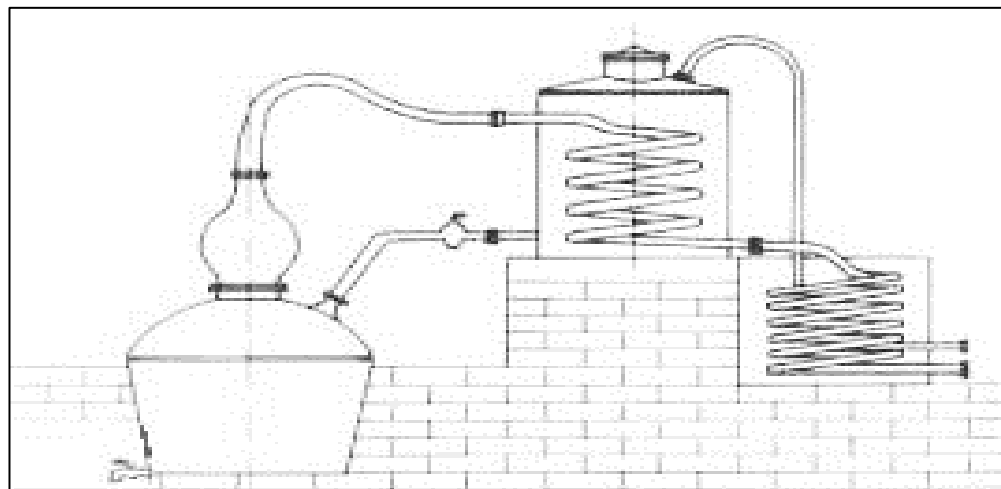


Figura 3: Alambique con calentavinos

ANEXO 20: Obtención de la bebida alcohólica destilada de la carambola.



ANEXO 21: Graduación alcohólica del destilado medido con el alcoholímetro BOECO.

