

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**OBTENCIÓN Y ESTUDIO DE ACEPTABILIDAD DE UNA
BEBIDA ALCOHÓLICA POR FERMENTACIÓN A
PARTIR DE CAPULÍ (*Prunus serotina*).**

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

Autores: Bach. Yoisi Anaceli Pérez Gonzáles

Bach. Yerson Ivan More Fonseca

Asesor: Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos

JAÉN-PERÚ, AGOSTO, 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-Sunedu/Cd
“Año de la Universalización de la Salud”



FORMATO 3: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 18 de setiembre del año 2020, siendo las 08:05 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente: Ing. Jorge Eugenio Cabrejos Barriga

Secretario: Ing. Ralph Rivera Botonares

Vocal: Ing. Hans Minchán Velayarce, para evaluar la Sustentación del informe final:

- () Trabajo de Investigación
(**X**) Tesis
() Trabajo de insuficiencia profesional

Titulado:

“OBTENCIÓN Y ESTUDIO DE ACEPTABILIDAD DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA POR FERMENTACIÓN A PARTIR DE CAPULI (*prunus serotina*), presentado por los bachilleres Yerson Ivan More Fonseca y Yoisi Anaceli Pérez Gonzáles de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad ()
Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 09:20 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal

ÍNDICE

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. Materiales	5
3.2.1. Materia prima	5
3.2.2. Materiales	5
3.2.3. Equipos	5
3.2.4. Aditivos	6
3.2.5. Reactivos	6
3.3. Metodología	6
3.4. Análisis fisicoquímicos	10
3.5. Análisis sensorial	10
3.6. Determinación del grado alcohólico	11
3.7. Diseño experimental	11
3.8. Análisis de datos	13
IV. RESULTADOS	14
4.1. Análisis de sólidos solubles °Brix	14
4.2. Análisis de pH	15
4.3. Análisis de acidez	16
4.4. Resultados y análisis de datos del porcentaje alcohólico obtenido	17
4.4.1. Diseño factorial	17
4.4.2. Prueba estadística de Shapiro - Wilk	19

4.4.3. Prueba de Kruskal-Wallis	21
4.4.4. Regresión factorial general:.....	24
4.4.5. Comparaciones por parejas de Tukey respecto a la producción de alcohol (°GL).....	28
4.5. Resultados del análisis sensorial.....	32
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los 12 tratamientos y sus variables	12
Tabla 2. Descripción del tiempo de fermentación de los 12 tratamientos.....	12
Tabla 3. Tabla de diseño.....	18
Tabla 4. Resultados obtenidos respecto a la concentración de alcohol (°GL)	19
Tabla 5. Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. Levadura inoculada.....	22
Tabla 6. Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. Diluciones	22
Tabla 7. Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. pH inicial de fermentación.....	23
Tabla 8. Análisis de Varianza de producción de alcohol (°GL) vs Diluciones; % Levadura; pH inicial.	25
Tabla 9. Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.	29
Tabla 10. Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	29
Tabla 11. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencia de las medias	30
Tabla 12. Test de Friedman para los 12 tratamientos de bebida alcohólica en base a capulí. Con un nivel de confianza del 5%	34
Tabla 13. Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Color. Con un nivel de confianza del 5%	35
Tabla 14. Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Aspecto. Con un nivel de confianza del 5%	36
Tabla 15. Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Sabor. Con un nivel de confianza del 5%	36
Tabla 16. Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Olor. Con un nivel de confianza del 5%	37
Tabla 17. Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la puntuación Global de las características organolépticas. Con un nivel de confianza del 5%	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de bebida alcohólica por fermentación a partir de Capulí.....	9
Figura 2. Comportamiento de los grados °Brix respecto a los días de fermentación en la obtención de bebida alcohólica a partir de Capulí.....	14
Figura 3. Comportamiento del pH respecto a los días de fermentación en la obtención de bebida alcohólica de Capulí.....	15
Figura 4. Comportamiento de la Acidez respecto a los días de fermentación en la obtención de bebida alcohólica de Capulí.....	16
Figura 5: Distribución de los residuos, indicando que los datos, de acuerdo al valor p, no tienen distribución normal.	20
Figura 6. Prueba de igualdad de varianzas: °GL vs. Diluciones; % Levadura; pH inicial.	21
Figura 7. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.	26
Figura 8. Gráfica de efectos principales para °GL (Medias ajustadas)	27
Figura 9. Gráfica de interacción para °GL (Medias ajustadas)	28
Figura 10. ICs simultáneos de 95% de Tukey	31
Figura 11. Perfil sensorial de los 12 tratamientos de bebida alcohólica en base a Capulí. Gráfico radial.....	32
Figura 12. Correspondencia entre los 12 tratamientos de bebida alcohólica en base a Capulí y las características organolépticas. Biplot de correspondencia simple.	33

ANEXOS

Anexo 1. Medición de los sólidos solubles (°Brix) durante los 9 días de fermentación.....	48
Anexo 2. Determinación del pH durante el tiempo de fermentación	50
Anexo 3. Medición de la acidez en los 9 días de fermentación	51
Anexo 4. Tabla general con la estructura factorial, las variables independientes, variable respuesta y residuos.	52
Anexo 5. Regresión factorial.....	53
Anexo 6. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.....	56
Anexo 7. Escala hedónica para la evaluación de las características organolépticas para determinar el grado de aceptabilidad del producto.....	56
Anexo 8. Proceso de producción.....	58
Anexo 9. Análisis físico-químico de la bebida.....	60

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue obtener una bebida alcohólica fermentada a partir de capulí (*Prunus serotina*) con aceptación organoléptica, se utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2Ax3Bx2C, con 12 tratamientos y tres repeticiones analizando variables: dilución pulpa-agua (1:2 y 1:3); levadura 0.3, 0.4 y 0.5 g/l; pH 4 y 4.5. Luego de la recepción, selección, pesado, lavado, desinfección, estrujado, acondicionamiento, dilución de la pulpa, inoculación de la levadura, fermentación, trasiego, clarificación, sedimentación y envasado, se realizó los análisis fisicoquímicos de la materia prima, bebida alcohólica y análisis sensorial del producto final. Al iniciar la fermentación, el mosto se ajustó a 20°Brix, fermentó a temperaturas entre 25-30 °C utilizando biorreactores. Los tratamientos T4 (Dilución pulpa-agua 1:2 + levadura 0.4 g/l + pH 4.5) y T7 (Dilución pulpa-agua 1:3 + levadura 0.3 g/l + pH 4.0), resaltaron en color y sabor respectivamente obteniendo: para T4 (acidez titulable de 4.730, pH de 3.590, 8°Brix, 13.2 °Gay-Lussac), y T7 (acidez titulable de 4.477, pH de 3.329, 11 °Brix, 10.8 °Gay-Lussac). Se concluyó que la bebida alcohólica fermentada cumple los requisitos fisicoquímicos y organolépticos de la Norma Técnica Peruana 212.014. (NTP 212.014, 2011)

Palabras claves: capulí, levadura, fermentación, Gay Lussac

ABSTRAC

The objective of the present investigation was to obtain an alcoholic beverage fermented from cocoon (*Prunus serotina*) with organoleptic acceptance, the completely randomized statistical design (DCA) was achieved, with factorial arrangement $2A \times 3B \times 2C$, with 12 treatments and three repetitions analyzing variables: pulp-water dilution (1: 2 and 1: 3); yeast 0.3, 0.4 and 0.5 g / L; pH 4 and 4.5. After the reception, selection, weighing, washing, disinfection, crushing, conditioning, dilution of the pulp, inoculation of the yeast, fermentation, racking, clarification, sedimentation and packaging, the physicochemical analyzes of the raw material, alcoholic beverage and sensory analysis of the final product. At the start of the fermentation, the must was adjusted to 20 ° Brix, the ferment at temperatures between 25-30 ° C using bioreactors. The treatments T4 (Dilution pulp-water 1: 2 + yeast 0.4 g / L + pH 4.5) and T7 (Dilution pulp-water 1: 3 + yeast 0.3 g / L + pH 4.0), highlighted in color and flavor respectively obtaining: for T4 (titratable acidity of 4,730, pH of 3,590, 8 ° Brix, 13.2 ° Gay-Lussac) and T7 (titratable acidity of 4,477, pH of 3,329, 11 ° Brix, 10.8 ° Gay-Lussac). It was concluded that the fermented alcoholic beverage meets the physicochemical and organoleptic requirements of the Peruvian Technical Standard 212.014

Key words: cocoon, yeast, fermentation, Gay-Lussac.

I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cajamarca se cuenta con una producción considerable de capulí, es una de las especies más humildes que nadie cuida, pero que todos cosechan, en la ordenanza municipal N° 262 la cual en su código 209 prohíbe utilizar al árbol de capulí en actividades recreativas, como unshas. La Municipalidad Provincial de Cajamarca multará con 50% de la Unidad Impositiva Tributaria (UIT) a quienes sean sorprendidos usando árboles para dichas actividades. (SIAL Cajamarca , 2012)

El capulí se encuentra a partir de 1550 m.s.n.m. hasta los 3700 m.s.n.m. y llega de forma arbustiva (sin flores) hasta los 3900 m.s.n.m. es un árbol que crece en forma silvestre. (Villaroel , 2008). Para la elaboración de la bebida alcohólica se utilizó Capulí proveniente del Distrito de Namora – Cajamarca, está ubicado a 2733 m.s.n.m. actualmente no se le da un valor agregado, acostumbándose así a ser consumido por los pobladores como fruta fresca.

Su aprovechamiento del Capulí a nivel industrial es escaso siendo su destino final los mercados locales, donde es aprovechado sin ser procesado; no le brindan mucho interés en industrializarlo como néctar, mermelada, jugo y así mismo como bebida alcohólica u otros derivados.

Según el INEI (2018) la producción de capulí a nivel nacional en el año 2017 fue de 478 toneladas. Teniendo en cuenta que hay una producción considerable de capulí, se debe procesar en derivados y aprovecharlo como una idea de negocio por parte del agricultor como también de los empresarios.

En su investigación Vicuña (2019), de la elaboración de una bebida artesanal de baja graduación alcohólica a base de miel de abeja (*Apis mellífera*) y fruta de capulí (*Prunus salicifolia*). Se determinó los porcentajes idóneos de miel con un 23.30 %, agua 46.61 %, pulpa de capulí 30.02 % y levadura 0.07 % mediante tratamientos control, obteniendo como resultado una bebida artesanal de baja graduación alcohólica con características organolépticas positivas.

En su investigación Angulo & Troyes (2019) 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). Los análisis fisicoquímicos de la bebida alcohólica destilada, fueron 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 de 3 horas promedio, teniendo en cuenta la temperatura de calentamiento dadas mediante el manto calefactor.

En su investigación Rojas (2015) de la elaboración de una bebida destilada a partir de *Prunus persiaca* (Durazno Huaycott) procedente del distrito de Atavillos Bajos – Huaura. La bebida alcohólica destilada obtenida tuvo una graduación alcohólica de 43,04 v/v y 0,11 g/l de extracto seco. Además, presentó los siguientes resultados expresados en mg/100 ml de etanol anhidrido: 11,75 de metanol; 284,81 de alcoholes superiores totales; 103,54 de acidez total; y una cantidad nula de furfural. Estos valores se encuentran dentro de los valores permitidos por la NTP 211.001. Por otro lado, la bebida alcohólica destilada presentó los siguientes resultados expresados en mg/100 ml de etanol: 6.56 de acetato de etilo y 195,37 de aldehídos. Estos valores se encuentran fuera de los límites permitidos por la NTP 211.001.

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias. Estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono. La fermentación alcohólica, comienza después de que la glucosa se degrada en un ácido pirúvico. Este ácido pirúvico se convierte luego en CO₂ y etanol. Los seres humanos han aprovechado este proceso para hacer pan, cerveza y vino. En estos tres productos se emplea el mismo microorganismo que es: la levadura común o la *Saccharomyces cereviceae*. (Benavides & Pozo, 2008, pág. 23).

El objetivo de esta investigación fue obtener una bebida alcohólica fermentada a partir de capulí (*Prunus serotina*) con aceptación organoléptica, así mismo determinar la dilución, pH y concentración de levadura adecuados en la elaboración del producto, evaluar los resultados fisicoquímicos de la bebida alcohólica y determinar la aceptación organoléptica. Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2Ax3Bx2C, con 12 tratamientos y tres repeticiones teniendo en cuenta las siguientes variables: dilución pulpa-

agua (1:2 y 1:3); levadura 0.3, 0.4 y 0.5 g/l; pH 4 y pH 4.5. Las variables que se evaluaron en la bebida alcohólica fueron: °Brix, Acidez titulable, grado alcohólico y pH. Finalmente, la bebida alcohólica fermentada se sometió a un análisis sensorial utilizando la escala hedónica para la evaluación de las características organolépticas y determinar el mejor tratamiento, contrastando con la norma técnica peruana para elaboración de vinos (NTP 212.014, 2011)

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Obtener una bebida alcohólica fermentada a partir de capulí (*Prunus serotina*) con aceptación organoléptica.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la dilución, pH y concentración de levadura adecuadas en la elaboración de una bebida alcohólica fermentada a partir de capulí.
- Evaluar los resultados fisicoquímicos de la bebida alcohólica fermentada.
- Determinar la aceptabilidad organoléptica de una bebida alcohólica fermentada a partir de capulí

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

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

3.2. Materiales

3.2.1. Materia prima

Capulí proveniente del distrito de Namora, provincia de Cajamarca, departamento Cajamarca.

3.2.2. Materiales

- Biorreactores de 2.5 litros
- Matraz Erlenmeyer Pírex 250 ml
- Papel filtro (grado 1)
- Soporte universal
- Probeta de 100ml y 1000ml
- Pipetas 10 ml y 50 ml
- Vasos de precipitación 50 ml, 100ml y 500ml
- Varilla de agitación
- Colador genérico de acero inoxidable de diámetro 8"

3.2.3. Equipos

- Balanza analítica Electrónica KCC, capacidad 15kg. sensibilidad 0,01 g
- Cocina industrial AISI 304
- Refractómetro digital HHTEC, rango de 0-90 °Brix, resolución 0,1 °Brix, precisión $\pm 0,2$
- Alcoholímetro BOECO S/T, rango de 10-100% v/v
- pH-metro METROHM 914 pH /conductometer, rango de 0.00-14.00, precisión $\pm 0,2$
- Soporte universal

3.2.4. Aditivos

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

3.2.5. Reactivos

- Hidróxido de sodio 0.08 N
- Solución de fenolftaleína 0.1%

3.3. Metodología

- ✓ Para llevar a cabo el proceso de producción se utilizó la indumentaria correcta y limpia (mandil, mascarilla, cofia y guantes), además higiene personal; Uñas recortadas, sin utilizar aros, relojes, pulseras, aretes, maquillaje y perfumes, sin presentar heridas en las manos y algún tipo de resfriado, que pueda contaminar el producto.
- ✓ Evitar el consumo de alimentos dentro del área de proceso, asimismo una correcta desinfección del área de trabajo como también de materiales y equipos, siempre evitando el tipo de contaminación físico, químico y biológico.
- ✓ Los desechos durante el proceso, fueron depositados en los respectivos contenedores alejados del área de producción.
- **Recepción de la materia prima:** la fruta de Capulí se recolectó en el Distrito de Namora provincia de Cajamarca.
Se trasladó a la ciudad de Jaén en baldes herméticamente cerrados para evitar su contaminación, fueron un total de 22.500kg.
- **Selección:** una vez realizada la recepción de la materia prima se separó los frutos en mal estado, que presentaron golpes, picaduras por insectos, etc.
Se seleccionaron los frutos en buen estado de madurez y aptos para ser procesados.
- **Pesado:** La fruta se colocó en la balanza electrónica para determinar los pesos y sus rendimientos a lo largo del proceso. Se obtuvo 21.300kg de fruta de Capulí, merma 1.200kg.

- **Lavado/desinfección:** los frutos frescos fueron lavados con abundante agua potable a 50ppm (1ml de lejía al 5% para 1l de agua).
- **Estrujado:** antes de iniciar el proceso de estrujado se lavó y desinfectó las manos correctamente, una vez lavados los frutos de capulí se machacaron manualmente hasta obtener el mosto.
- **Acondicionamiento del mosto:** se preparó las muestras de acuerdo al diseño experimental con dilución de 1:2 y 1:3.
- **Dilución de la pulpa:** la pulpa fue diluida con agua hervida fría en las proporciones de 1:2 y 1:3 en biorreactores de 2.5l de capacidad lavados y desinfectados. Luego, se agregó azúcar blanca hasta obtener 20 grados °Brix, para la dilución 1:2 se utilizó 4.800 kg. de azúcar, para la dilución 1:3 se utilizó 5 kg de azúcar.
- **Regulación del pH:** en la dilución 1:2 para regular el pH de 4 se agregó 0.8 g/l de Ácido cítrico, para el pH de 4.5 se agregó 0.5 g/l y en la dilución 1:3 para regular el pH 4 se agregó 0.85 g/l de Ácido cítrico, para el pH de 4.5 se agregó 0.79 g/l.
- **Inoculación de la levadura:** se pesó la cantidad de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) con 0.3, 0.4 y 0.5 gramos por litro de mosto luego se llevó al baño María a 35°C para su activación, dejándolo reposar a temperatura ambiente por 15 minutos, se agregó a cada uno de los biorreactores según el tratamiento indicado.
- **Fermentación:** Se llevó a cabo durante 9 días en una incubadora a temperaturas de 25 a 30 °C, totalmente limpia y libre de otros productos para evitar la contaminación cruzada. Se utilizó 2 litros de mosto por cada biorreactor. Se realizó la medición diaria de °Brix, para el pH y la acidez la medición fue cada tres días.
- **Trasiego:** en este proceso se hizo uso de guantes estériles, se separó los sedimentos y partículas de la bebida alcohólica, a un balde esterilizado, esta operación se realizó utilizando tela organza previamente esterilizada. Luego se cortó la fermentación utilizando Metabisulfito 0.23 g/l.
- **Clarificación:** después de la fermentación la bebida alcohólica se mostró turbia compuesta por sedimento. Se clarificó con bentonita, agregando 1g/l a

la bebida alcohólica por cada tratamiento, lo cual permitió eliminar proteínas insolubles desarrolladas durante la fermentación.

- **Sedimentación:** Proceso en el cual las sustancias en suspensión se depositan en el fondo del envase. Se dejó reposar por 5 días a temperatura ambiente, en un área libre de agentes contaminantes.
- **Envasado:** proceso en el cual se tiene que tener mucho cuidado con la contaminación del producto, para ello se utilizó guantes estériles. La bebida alcohólica se envasó en botellas de vidrio transparentes de 750 mililitros, lavadas y previamente esterilizadas a una temperatura de 95°C durante 15 minutos. Luego se tapó con corcho.

A continuación, el diagrama de flujo de la obtención y estudio de aceptabilidad de bebida alcohólica por fermentación a partir de Capulí.

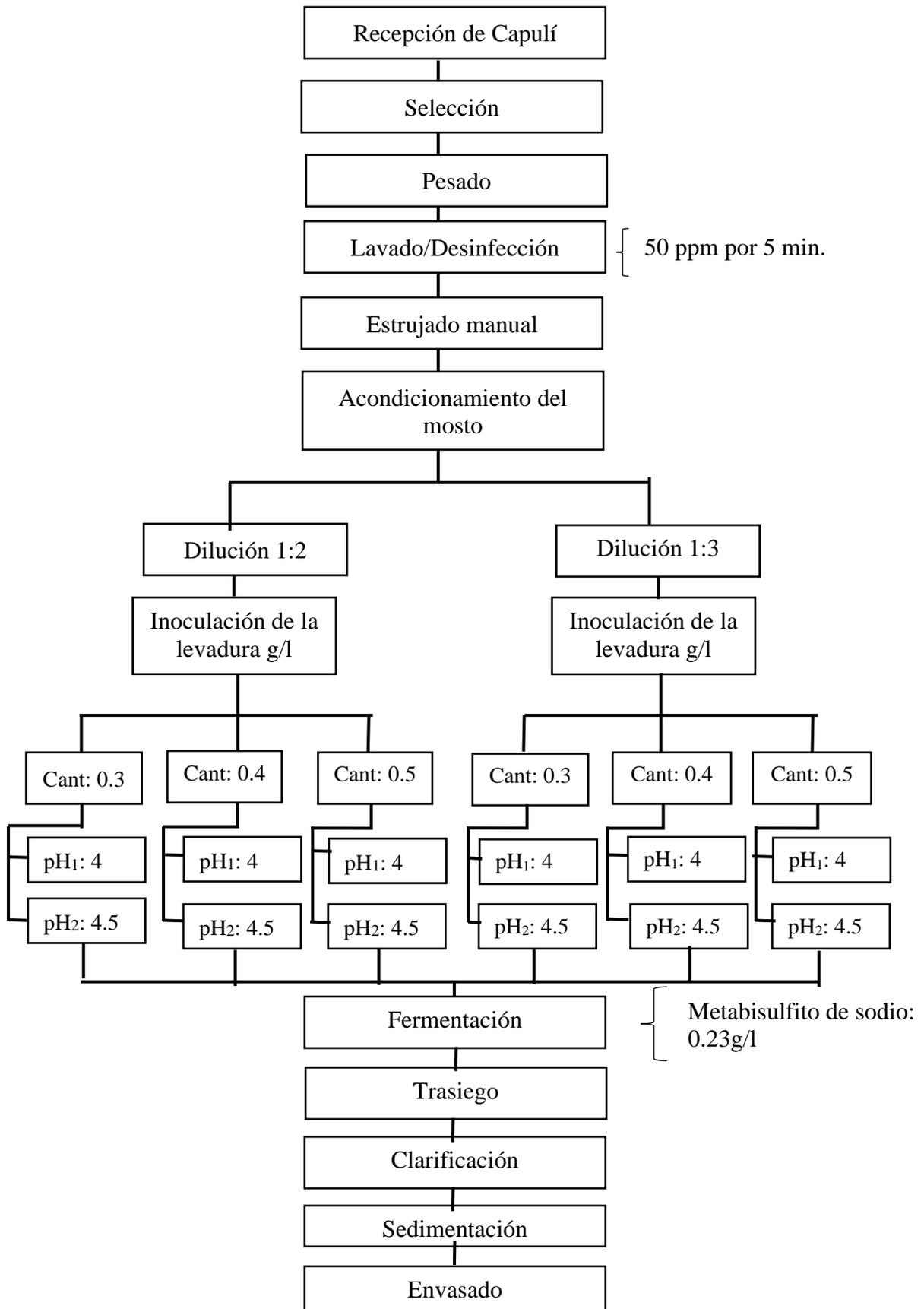


Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de bebida alcohólica por fermentación a partir de Capulí.

3.4. Análisis fisicoquímicos

a) Sólidos solubles o grados °Brix

- Método: Refractométrico (ISO 2173:2003)
- Se colocó 1 a 2 gotas de muestra en el prisma del refractómetro, se cerró la tapa para que la muestra se esparza homogéneamente luego se observó mediante el ocular la escala que marca el °Brix. Anotar la medida.

b) Determinación de pH

- Método: Potenciométrico (A.O.A.C 981.12:2005)
- Se colocó 20 ml de muestras en un vaso de precipitación.
- Se introdujo el potenciómetro en la muestra a medir.
- Se esperó durante 1 minuto hasta asegurar que la lectura se ha estabilizado.
- El valor que marca es la medida.

c) Determinación de la acidez.

- Método: Titulación (A.O.A.C 11.042/84.962.12/90)
- Se extrajo con una pipeta 10 ml de la muestra, en una Fiola de 100 ml.
- Se enrasó la Fiola con agua destilada hasta llegar a los 100ml luego se agitó.
- Con una pipeta se extrajo de la Fiola 25 ml de muestra y se colocó en un matraz de Erlenmeyer, con una probeta se añadió 20 ml de agua destilada y se agregó 3 gotas de fenolftaleína.
- Se realizó la titulación con *NaOH* al 0.0845 N.
- La acidez se determinó con la siguiente fórmula.

$$Acidez\ total = \frac{PE(Ac.\ tartárico) * N(NaOH) * V(NaOH)}{V(muestra)}$$

3.5. Análisis sensorial

- Se realizó con 30 panelistas no entrenados donde se evaluaron las características organolépticas color, olor, sabor y aspecto, aplicando el test hedónico con una escala de 1 a 5. Se distribuyó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.
- Se utilizaron recipientes (vasos) sin color, sin olor de 100 ml cada uno debidamente codificados de acuerdo al número de tratamientos.

- El panelista no mantuvo contacto con otras personas durante el tiempo de evaluación.
- A cada panelista se le entregó una ficha de evaluación especificando cada punto de la escala hedónica, y los 36 tratamientos codificados. (Anexo 7)

Los resultados del análisis sensorial se tabularon y consolidaron debidamente para someterlos a los métodos de análisis estadístico, utilizando el software R para las pruebas de Friedman y sus comparaciones múltiples con un nivel de significancia del 5%, así como para un análisis multivariante mediante correspondencia simple; y el software Excel para obtener el gráfico radial.

3.6. Determinación del grado alcohólico

Se realizó mediante destilación simple y para medir el grado alcohólico se utilizó un alcoholímetro Gay-Lussac a 20 °C, con 60 ml de alcohol aforado en una probeta.

- En un balón de destilación se aforó 200 ml de muestra por cada tratamiento.
- Se puso a destilar a una temperatura de 85° a 90°C. Obteniendo un destilado de 60 ml.
- Luego se procedió a medir la concentración de etanol (% vol.) con el alcoholímetro.

3.7. Diseño experimental

El Diseño experimental corresponde a un Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial de 2A x 3B x 2C de lo cual se obtuvo 12 tratamientos con 3 repeticiones, las variables estudiadas se describen a continuación:

❖ Variable independiente

- Dilución (1:2, 1:3)
- Concentración de levadura (0.3 g/l, 0.4 g/l y 0.5g/l) de mosto
- pH inicial: 4 y 4.5

❖ Variable dependiente

- °Brix
- Acidez titulable
- Grado alcohólico
- Análisis sensorial

Tabla 1.*Descripción de los 12 tratamientos y sus variables*

VARIABLES	
D1	Pulpa: agua 1:2
D2	Pulpa: agua 1:3
L1	0.3 g/l (Concentración de levadura)
L2	0.4 g/l (Concentración de levadura)
L3	0.5 g/l (Concentración de levadura)
P1	PH 4
P2	PH 4.5

Tabla 2.*Descripción del tiempo de fermentación de los 12 tratamientos*

TRATAMIENTOS	DÍAS DE FERMENTACIÓN
T1	9
T2	9
T3	9
T4	9
T5	9
T6	9
T7	9
T8	9
T9	9
T10	9
T11	9
T12	9

3.8. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron procesados con el software Minitab, previamente realizando el análisis de distribución normal y homogeneidad de varianzas, para así aplicar, de ser el caso las estadísticas Paramétricas, ANOVA y Tukey, con un p : de 0.05. En caso de no cumplir con los requisitos previos, se procederá a realizar la prueba de Kruskal-Wallis.

En cuanto a los resultados del análisis sensorial se tabularon y consolidaron debidamente para someterlos a los métodos de análisis estadístico no paramétricos, utilizando el software R para las pruebas de Friedman y sus comparaciones múltiples con un nivel de significancia de 5%, así como para un análisis multivariante mediante correspondencia simple; y el software Excel para obtener el gráfico radial, ya que nos permite apreciar que tratamientos sobresalen en cada una de las características de color, olor, sabor y aspecto.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de sólidos solubles °Brix

Los datos que generan al gráfico se encuentran en el Anexo 01. Se observa que los 12 tratamientos parten de un °Brix inicial 20, al transcurrir los 9 días de fermentación hay una disminución de los sólidos solubles, donde la gran mayoría oscilan entre 8 a 10 °Brix, sin embargo, observamos que el T1 es el que logró el mayor consumo de azúcares.

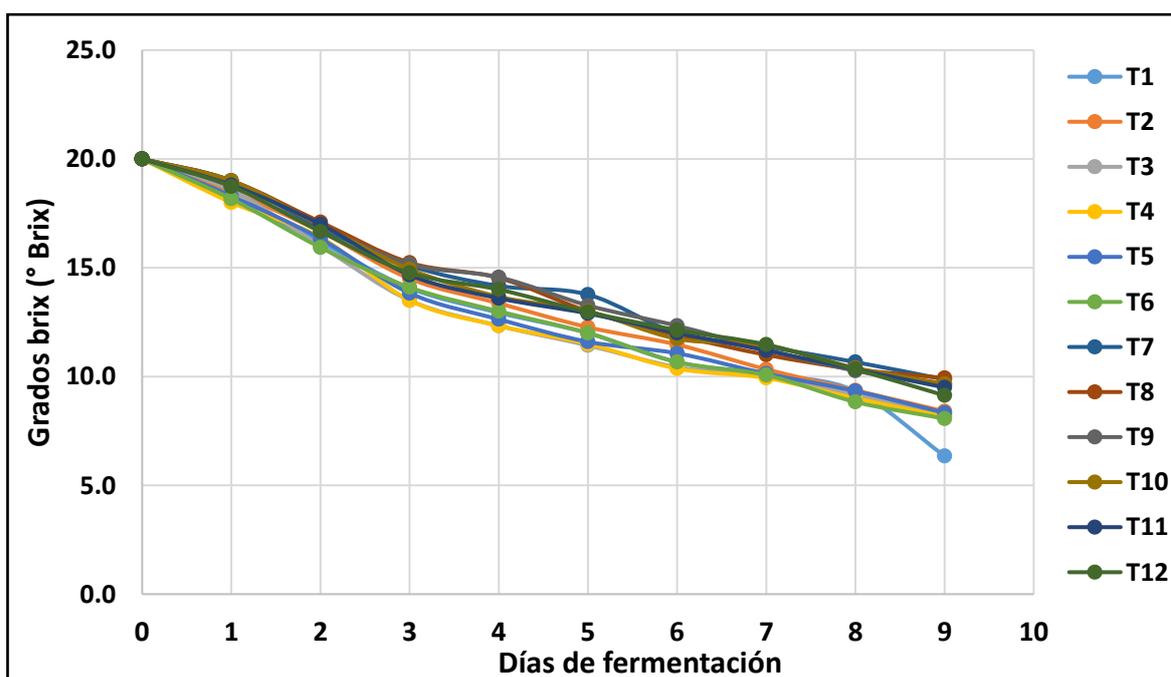


Figura 2. Comportamiento de los grados °Brix respecto a los días de fermentación en la obtención de bebida alcohólica a partir de Capulí

4.2. Análisis de pH

Los datos que generan el siguiente gráfico se encuentran en el Anexo 02. Respecto al pH inicial partimos de dos factores 4 y 4.5. Luego observamos el comportamiento durante el día 0 al día 3 hay una baja drástica. Posteriormente hay una estabilidad en el tiempo durante el día 3 hasta el día 9, donde los pH finales de los 12 tratamientos están entre 3.3 y 3.7

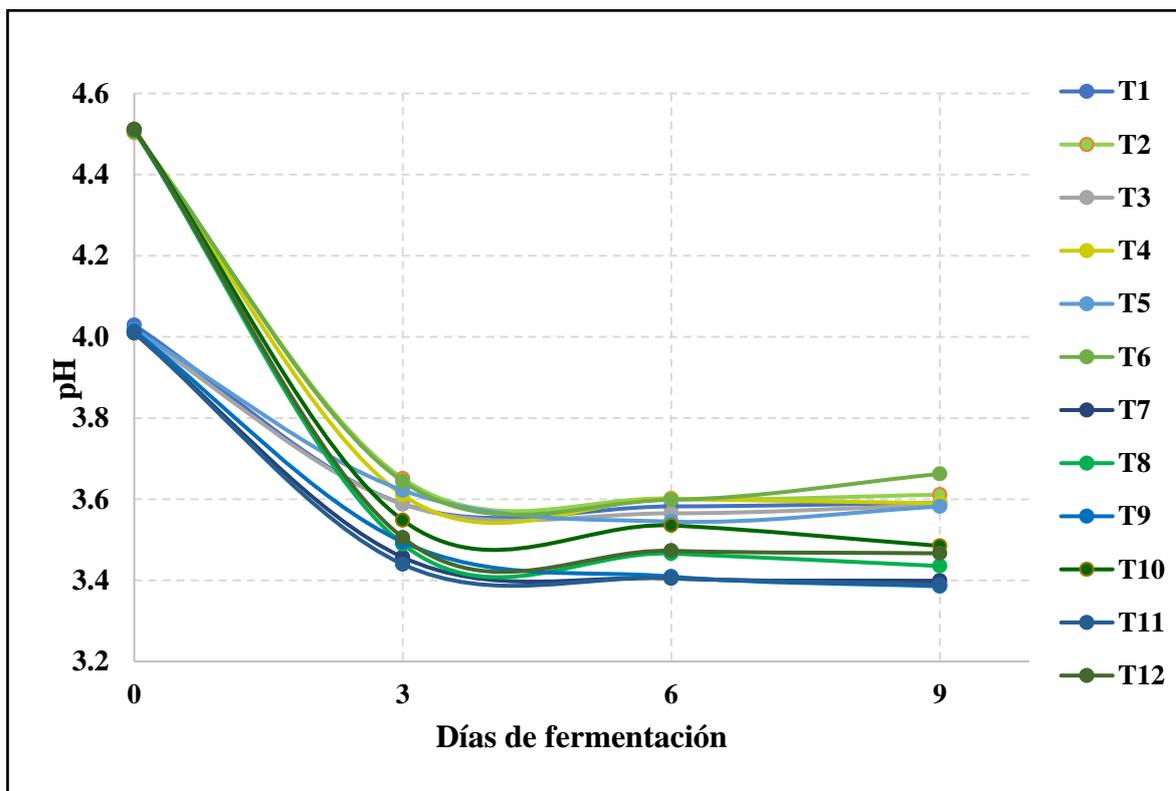


Figura 3. Comportamiento del pH respecto a los días de fermentación en la obtención de bebida alcohólica de Capulí

4.3. Análisis de acidez

Los datos que generan el siguiente gráfico se encuentran en el Anexo 03. Observamos que los 12 tratamientos en el día 0 parten con una acidez entre, 1.122 y 1.981. Durante los 9 días de fermentación va en aumento de forma constante, al finalizar el noveno día han alcanzado una acidez entre 3.399 y 4.900.

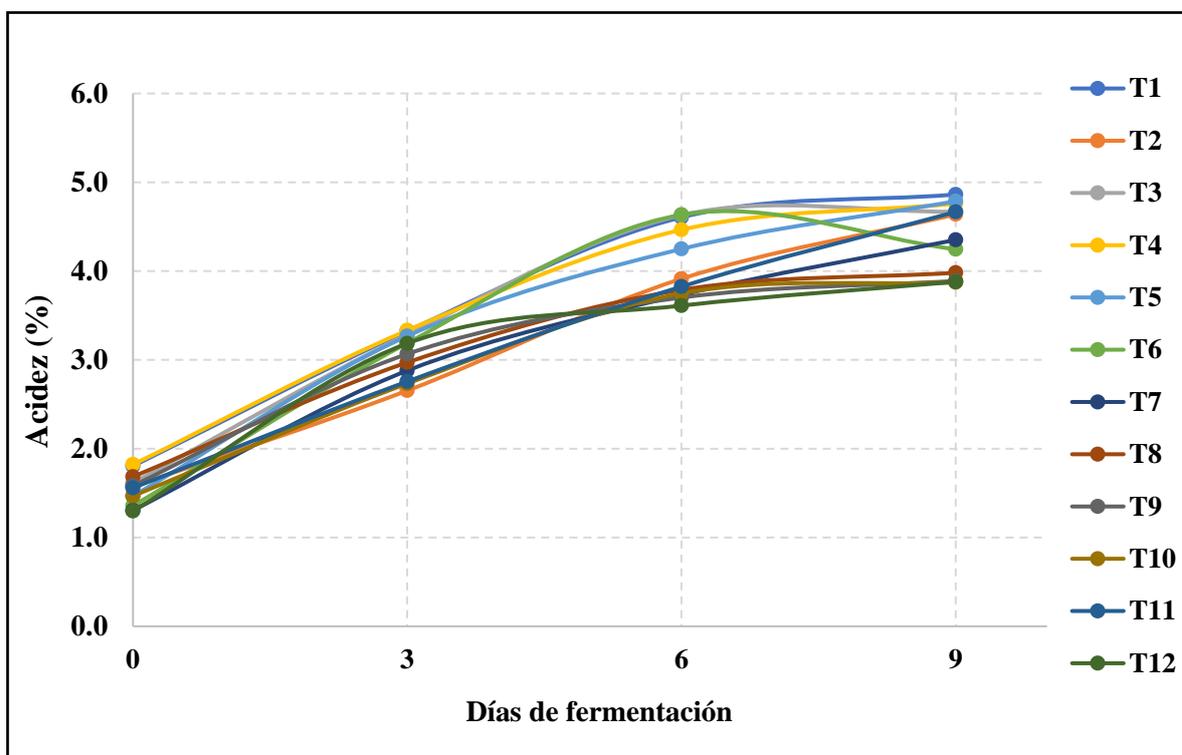


Figura 4. Comportamiento de la Acidez respecto a los días de fermentación en la obtención de bebida alcohólica de Capulí.

4.4. Resultados y análisis de datos del porcentaje alcohólico obtenido

4.4.1. Diseño factorial

Resumen del diseño.

Factores:	3	Réplicas:	3
Corridas base:	12	Total, de corridas:	36
Bloques base:	1	Total, de bloques:	1

Número de niveles: 2; 3; 2

Tabla de diseño

A: Diluciones (1:2, 1:3)

B: % Levaduras (0.3, 0.4 y 0.5)

C: pH inicial (4.0 y 4.5)

Tabla 3.*Tabla de diseño*

Corrida	Bloque	Factores		
		A	B	C
1	1	1	1	1
2	1	1	1	2
3	1	1	2	1
4	1	1	2	2
5	1	1	3	1
6	1	1	3	2
7	1	2	1	1
8	1	2	1	2
9	1	2	2	1
10	1	2	2	2
11	1	2	3	1
12	1	2	3	2
13	1	1	1	1
14	1	1	1	2
15	1	1	2	1
16	1	1	2	2
17	1	1	3	1
18	1	1	3	2
19	1	2	1	1
20	1	2	1	2
21	1	2	2	1
22	1	2	2	2
23	1	2	3	1
24	1	2	3	2
25	1	1	1	1
26	1	1	1	2
27	1	1	2	1
28	1	1	2	2
29	1	1	3	1
30	1	1	3	2
31	1	2	1	1
32	1	2	1	2
33	1	2	2	1
34	1	2	2	2
35	1	2	3	1
36	1	2	3	2

La investigación es de tipo factorial completo, respecto a la variable de respuesta (producción de alcohol: °GL) obtenida, considerando tres (03) factores (Dilución, Porcentaje de levadura y pH inicial), con dos niveles tanto para los factores dilución y pH inicial y tres niveles para el factor porcentaje de levadura, realizándose tres repeticiones, tuvo como resultados los siguientes datos ordenados, en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Resultados obtenidos respecto a la concentración de alcohol (°GL)

N°	Factores			Porcentaje de alcohol (°GL)		
	Dilución	% Levadura	pH inicial	R1	R2	R3
				Repeticiones		
1	1.2	0.3	4.0	13.800	13.200	13.200
2	1.2	0.3	4.5	13.200	12.000	12.000
3	1.2	0.4	4.0	14.400	13.200	13.200
4	1.2	0.4	4.5	13.200	12.600	12.600
5	1.2	0.5	4.0	12.600	12.600	12.600
6	1.2	0.5	4.5	13.200	13.200	13.200
7	1.3	0.3	4.0	10.800	12.000	11.400
8	1.3	0.3	4.5	10.200	11.400	10.200
9	1.3	0.4	4.0	10.200	12.000	11.400
10	1.3	0.4	4.5	11.400	12.000	11.400
11	1.3	0.5	4.0	11.400	11.400	11.400
12	1.3	0.5	4.5	11.400	11.400	11.400

4.4.2. Prueba estadística de Shapiro - Wilk

Antes de iniciar con el análisis de varianza, se tiene que realizar la verificación de los supuestos del modelo, para ello se realiza la prueba de normalidad de los errores o residuos, mediante la prueba de Shapiro-Wilk, considerando las siguientes hipótesis:

Ho: Los errores tienen distribución normal.

H1: Los errores no tienen distribución normal.

En este caso luego de realizado la prueba, usando los residuos del (Anexo 04), se obtiene que el valor $p < 0.043$, lo cual es menor que $p: 0.05$, aceptándose la Hipótesis alternativa, y rechazando la Hipótesis nula, por lo que se considera que los residuos no tienen una distribución normal, como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

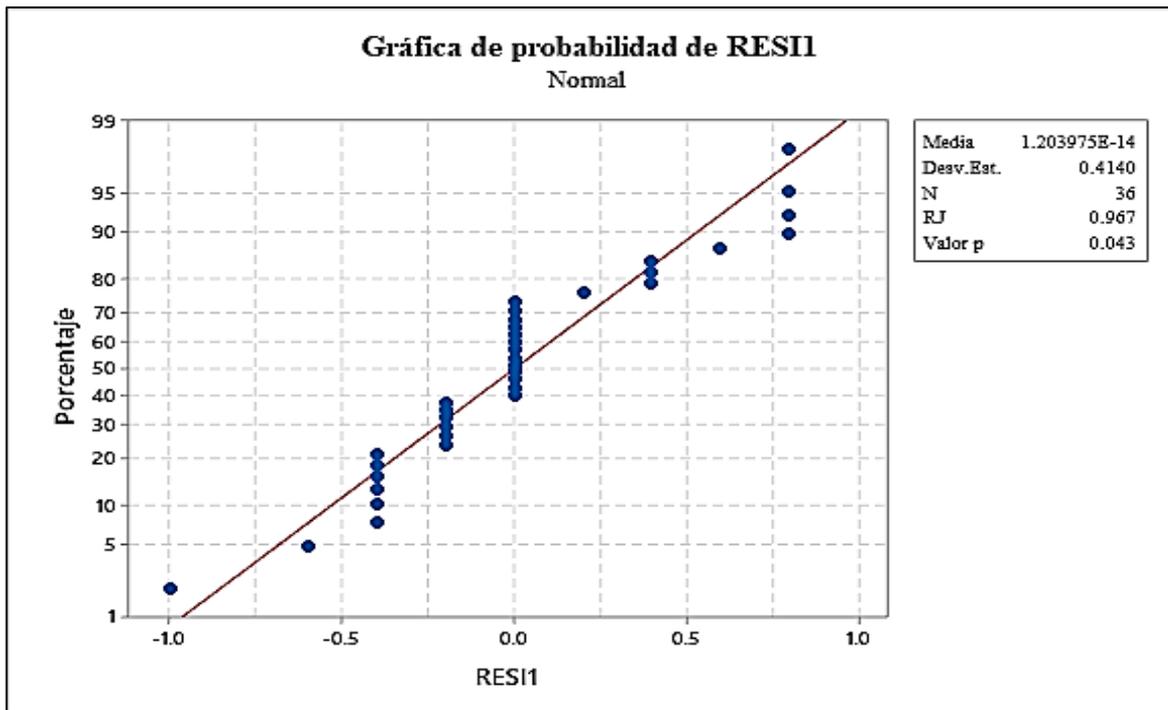


Figura 5: Distribución de los residuos, indicando que los datos, de acuerdo al valor p, no tienen distribución normal.

El siguiente requisito para proceder a usar pruebas paramétricas tipo ANOVA, se debe de determinar si las varianzas son homogéneas, hallándose que el p Valor es igual a 0.864, lo cual es mayor al p Valor 0.05, aceptándose la hipótesis nula que considera que las varianzas son homogéneas, tal como se presenta en la siguiente figura:

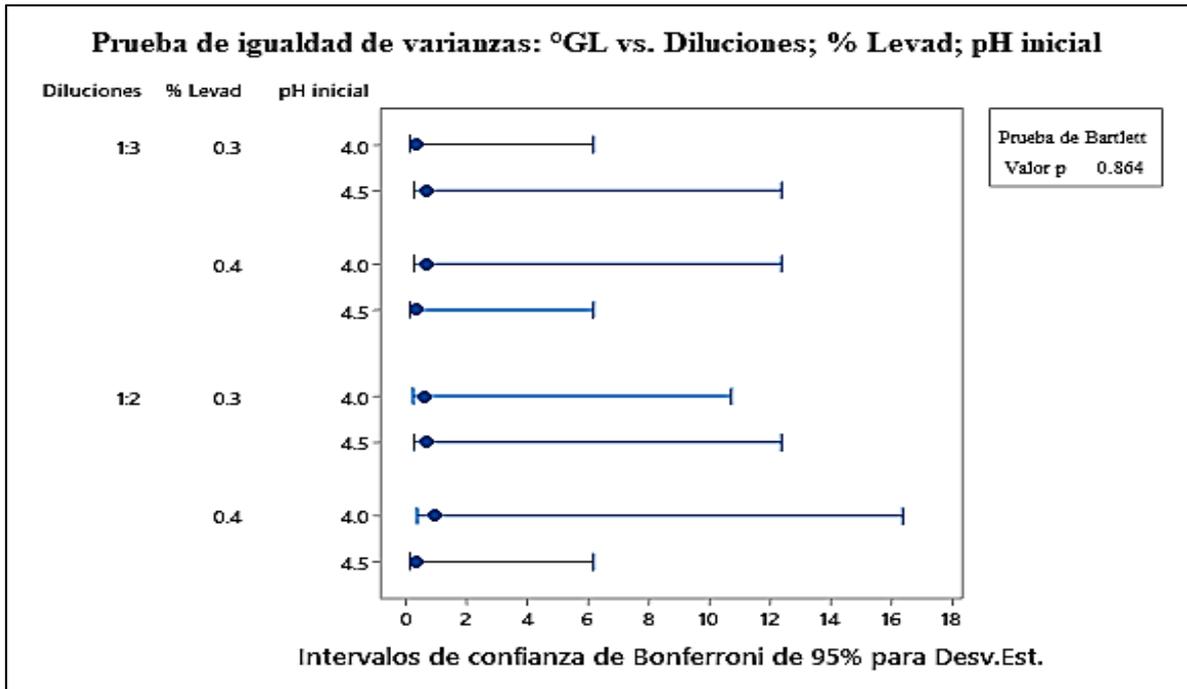


Figura 6. Prueba de igualdad de varianzas: °GL vs. Diluciones; % Levadura; pH inicial

Ya que solo se cumple la homogeneidad de varianzas, y no la normalidad de los residuos, se procede a realizar pruebas *no paramétricas* como la de Kruskal-Wallis, para determinar la interacción entre dos factores, es decir la producción de alcohol, respecto a cada variable independiente.

4.4.3. Prueba de Kruskal-Wallis

a) Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. % levadura inoculada.

El p valor obtenido en esta prueba es de 0.802, que es mayor que 0.05, lo que indica de que los niveles del factor porcentaje de levadura inoculada en la fermentación no tiene impacto en la variable respuesta, es decir no hay diferencias estadísticas significativas en los tres niveles sobre el porcentaje de alcohol obtenido a los nueve días de fermentación.

Estadísticas descriptivas.

Tabla 5.

Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. Levadura inoculada

% Levad	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
0.3	12	12.0	17.3	-0.50
0.4	12	12.3	20.0	0.60
0.5	12	12.0	18.3	-0.10
General	36		18.5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales.

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente.

P Valor: 0.05

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	0.42	0.811
Ajustado para empates	2	0.44	0.802

b) Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. Diluciones.

El p valor obtenido en esta prueba es de 0.000, que es menor que 0.05, lo que indica de que los niveles de diluciones del mosto empleado en la fermentación tienen impacto en la variable respuesta, es decir que sí hay diferencias estadísticas significativas en los dos niveles usados sobre el porcentaje de alcohol obtenido a los nueve días de fermentación.

Estadísticas descriptivas

Tabla 6. *Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. Diluciones*

Diluciones	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
1:3	18	13.2	27.3	5.03
1:2	18	11.4	9.7	-5.03
General	36		18.5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales.

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente.

P Valor: 0.05

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	25.31	0.000
Ajustado para empates	1	26.62	0.000

c) Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. pH inicial de fermentación.

El p valor obtenido en esta prueba es de 0.538, que es mayor de 0.05, lo que indica de que los niveles del pH inicial empleado en la fermentación no tienen impacto en la variable respuesta, es decir no hay diferencias estadísticas significativas en los dos niveles de pH sobre el porcentaje de alcohol obtenido a los nueve días de fermentación.

Tabla 7.

Porcentaje de alcohol producido (°GL) vs. pH inicial de fermentación

pH inicial	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
4.0	18	12.3	19.6	0.60
4.5	18	12.0	17.4	-0.60
General	36		18.5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales.

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente.

P Valor: 0.05

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	0.36	0.548
Ajustado para empates	1	0.38	0.538

De los tres factores (variables) estudiados se puede deducir que el único que tiene influencia o importancia es la dilución, de acuerdo a las pruebas realizadas.

Paralelamente se realizó una Regresión factorial general, para reforzar la contrastación de las hipótesis, y de este modo poder determinar que niveles de las variables en sus efectos principales son las que tienen mayor impacto en la producción de alcohol a través de la fermentación.

4.4.4. Regresión factorial general:

a) Producción de alcohol (°GL) vs. Diluciones; % Levadura; pH inicial

- **Información del factor**

Factor	Niveles	Valores
Diluciones	2	1:3; 1:2
% Levadura	3	0.3; 0.4; 0.5
pH inicial	2	4.0; 4.5

- **Análisis de varianza**

En este análisis de varianza se reafirma de que la dilución es un factor que tiene influencia significativa en la producción de alcohol durante los 9 días de fermentación, ya que el valor p obtenido es menor (<) que 0.05, lo mismo indica la suma de cuadrados, en el que se observa que es la que más se aleja de cero.

Tabla 8.

Análisis de Varianza de producción de alcohol (°GL) vs Diluciones; % Levadura; pH inicial.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	32.2400	2.9309	11.72	0.000
Lineal	4	28.4200	7.1050	28.42	0.000
Diluciones	1	27.0400	27.0400	108.16	0.000
% Levad	2	0.7400	0.3700	1.48	0.248
pH inicial	1	0.6400	0.6400	2.56	0.123
Interacciones de 2 términos	5	2.6000	0.5200	2.08	0.103
Diluciones*% Levad	2	0.2600	0.1300	0.52	0.601
Diluciones*pH inicial	1	0.1600	0.1600	0.64	0.432
% Levad*pH inicial	2	2.1800	1.0900	4.36	0.024
Interacciones de 3 términos	2	1.2200	0.6100	2.44	0.108
Diluciones*% Levad*pH inicial	2	1.2200	0.6100	2.44	0.108
Error	24	6.0000	0.2500		
Total	35	38.2400			

Así mismo, este análisis de varianza, nos indica que la interacción % Levadura-pH inicial, tienen un p valor de 0.024, el cual es menor que 0.05 de significancia. Esto indica que esta combinación de variables independientes o interacción de factores, tienen influencia en la producción de alcohol, siendo entonces la única interacción de estos el % de levadura inoculada y el pH inicial usado en la fermentación durante los nueve días que duró la investigación.

Lo evidenciado en el análisis de varianza, es observable más claramente en el diagrama de Pareto, en donde el factor dilución es la que tiene gran influencia en la fermentación alcohólica, pasando la línea de 2.06; así mismo la interacción % de levadura inoculada y PH inicial, tienen influencia significativa como se observa en la siguiente figura, pero en menor grado. Por el contrario, los factores % levadura y pH inicial por sí solo, no tienen ninguna influencia en la variable respuesta.

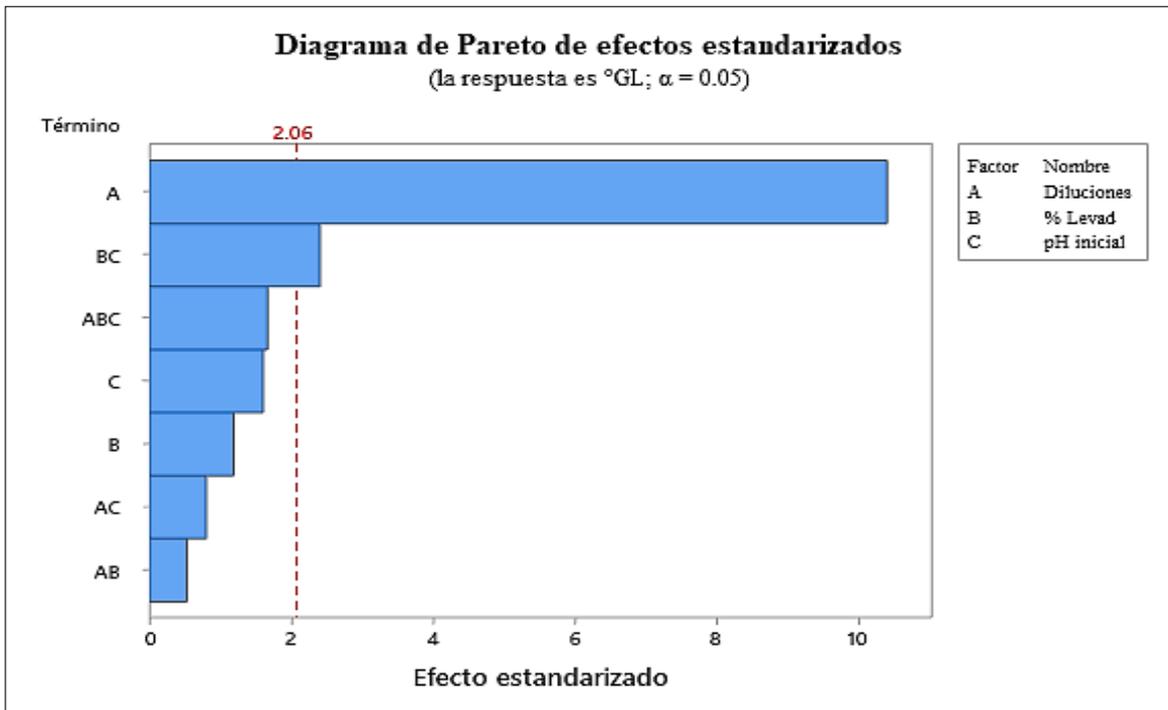


Figura 7. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.

- **Gráficas factoriales para la variable respuesta producción de alcohol (°GL) durante la fermentación.**

El siguiente gráfico nos permite evidenciar como influyen los factores o variables independientes, por sí solos.

La variable independiente Diluciones tiene una influencia significativa en la producción de alcohol ya que al emplear una dilución de 1:2 se sobrepasa la producción media de alcohol, llegando hasta un 13 °GL, mientras que por el contrario al usar una dilución de 1:3, los resultados que se obtienen están por debajo de la media, llegando a alcanzar aproximadamente 11 °GL. Así mismo al evaluar el pH inicial, se aprecia una influencia, pero no importante, ya que, si bien se observa un incremento al usar un pH inicial de 4, el nivel alcanzado es superior que al usar 4.5, pero niveles que pasan ligeramente la media de °GL, lo que se aprecia en el gráfico siguiente:

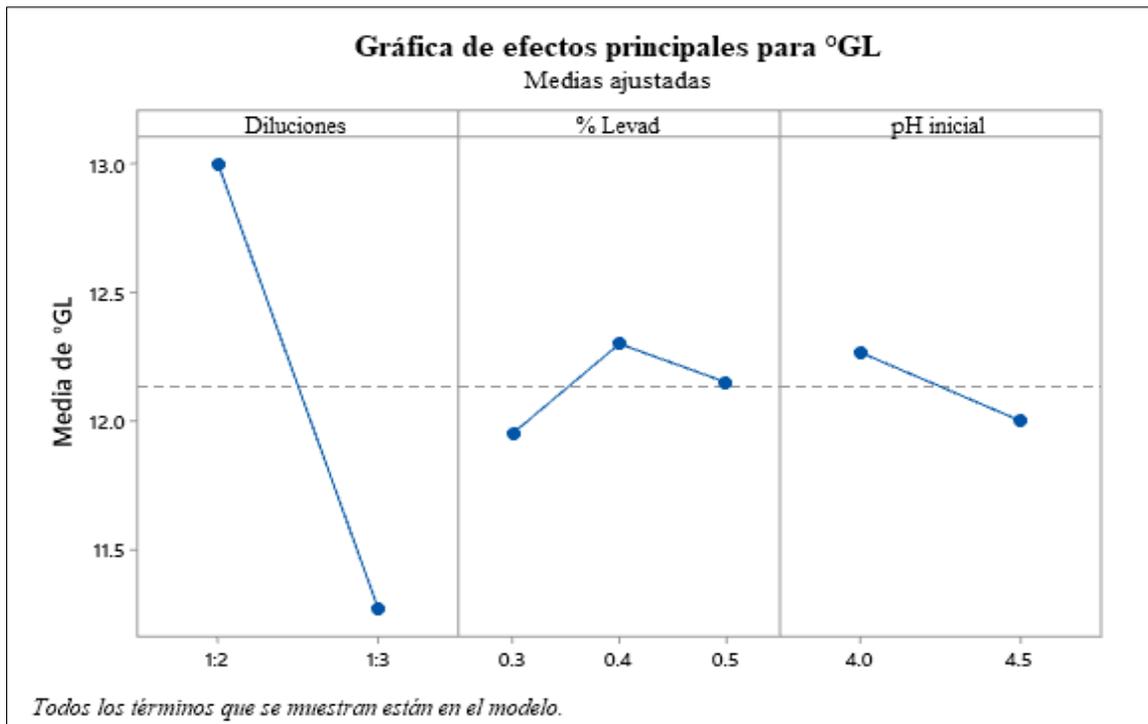


Figura 8. Gráfica de efectos principales para °GL (Medias ajustadas)

Los siguientes gráficos nos muestra la interacción de las variables independientes, las cuales se evidencian como importantes, cuando estas se entrecruzan.

Así pues, se puede apreciar entrecruzamiento de los niveles en la interacción % Levadura*pH inicial, indicando que mientras se use un nivel bajo de % Levadura (entre 0.3 y 0.4 %) con un pH de 4.0, se obtendrá una media de 12.4 °GL. También se observa entrecruzamiento de las líneas en las interacciones pH inicial y % Levadura, en donde el comportamiento es similar cuando se trabaja con un PH inicial de 4 en interacción con % Levadura (0.3 y 0.4 %) se obtiene 12.4 °GL, mientras que al usarse pH de 4.5, se observa un descenso en la producción de alcohol expresado en °GL, durante los nueve días de fermentación.

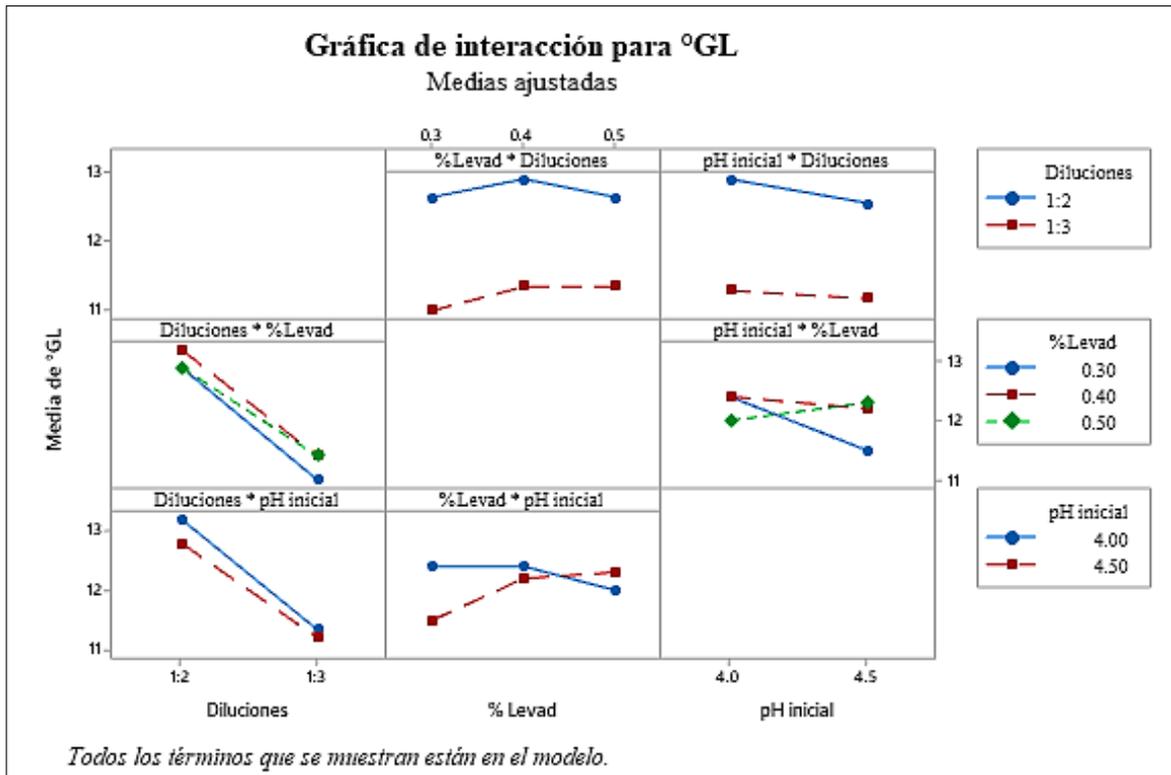


Figura 9. Gráfica de interacción para °GL (Medias ajustadas)

Una vez analizados los gráficos factoriales, es importante determinar cuál de las interacciones es diferente y más significativo.

Para poder determinar, cuál de las interacciones significativas (% levadura y pH inicial) es la mejor, se procedió a realizar la prueba Tukey, obteniendo los siguientes resultados.

4.4.5. Comparaciones por parejas de Tukey respecto a la producción de alcohol (°GL)

a) Comparaciones por parejas de Tukey: Diluciones

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Dentro del factor dilución, el nivel que mayor influencia significativa en la producción de alcohol es la 1:2 el cual es significativamente diferente con el nivel 1:3, además se obtiene una media de 13 °GL de alcohol producido, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 9.

Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Diluciones	N	Media	Agrupación
1:2	18	13.0000	A
1:3	18	11.2667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

b) Comparaciones por parejas de Tukey: %Levadura*pH inicial

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Las comparaciones nos demuestran que los tratamientos con interacción % Levadura en niveles 0.3 y 0.4, ambas con pH inicial con un nivel de 4, son iguales entre ellas, y así mismo que son significativamente diferentes en la producción de alcohol a partir de la fermentación en comparación con las demás interacciones, y son con las que se obtiene mejor resultado, como se muestra en la siguiente tabla de comparaciones de Tukey, ambas con una media de producción de 12.4 °GL de alcohol producido durante los nueve días de fermentación.

Tabla 10.

Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

% Levad*pH inicial	N	Media	Agrupación
0.3 * 4.0	6	12.4	A
0.4 * 4.0	6	12.4	A
0.5 * 4.5	6	12.3	A B
0.4 * 4.5	6	12.2	A B
0.5 * 4.0	6	12.0	A B
0.3 * 4.5	6	11.5	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Tabla 11.*Pruebas simultáneas de Tukey para diferencia de las medias*

Diferencia de % Levadura*pH inicial	Diferencia de medias	EE de diferencia	Valor T	Valor p ajustado
(0.3 * 4.5) - (0.3 * 4.0)	-0.900	0.289	-3.12	0.047
(0.4 * 4.0) - (0.3 * 4.0)	-0.000	0.289	-0.00	1.000
(0.4 * 4.5) - (0.3 * 4.0)	-0.200	0.289	-0.69	0.981
(0.5 * 4.0) - (0.3 * 4.0)	-0.400	0.289	-1.39	0.735
(0.5 * 4.5) - (0.3 * 4.0)	-0.100	0.289	-0.35	0.999
(0.4 * 4.0) - (0.3 * 4.5)	0.900	0.289	3.12	0.047
(0.4 * 4.5) - (0.3 * 4.5)	0.700	0.289	2.42	0.187
(0.5 * 4.0) - (0.3 * 4.5)	0.500	0.289	1.73	0.525
(0.5 * 4.5) - (0.3 * 4.5)	0.800	0.289	2.77	0.097
(0.4 * 4.5) - (0.4 * 4.0)	-0.200	0.289	-0.69	0.981
(0.5 * 4.0) - (0.4 * 4.0)	-0.400	0.289	-1.39	0.735
(0.5 * 4.5) - (0.4 * 4.0)	-0.100	0.289	-0.35	0.999
(0.5 * 4.0) - (0.4 * 4.5)	-0.200	0.289	-0.69	0.981
(0.5 * 4.5) - (0.4 * 4.5)	0.100	0.289	0.35	0.999
(0.5 * 4.5) - (0.5 * 4.0)	0.300	0.289	1.04	0.900

Nivel de confianza individual = 99.50%

Lo arriba escrito se puede apreciar también en el gráfico siguiente.

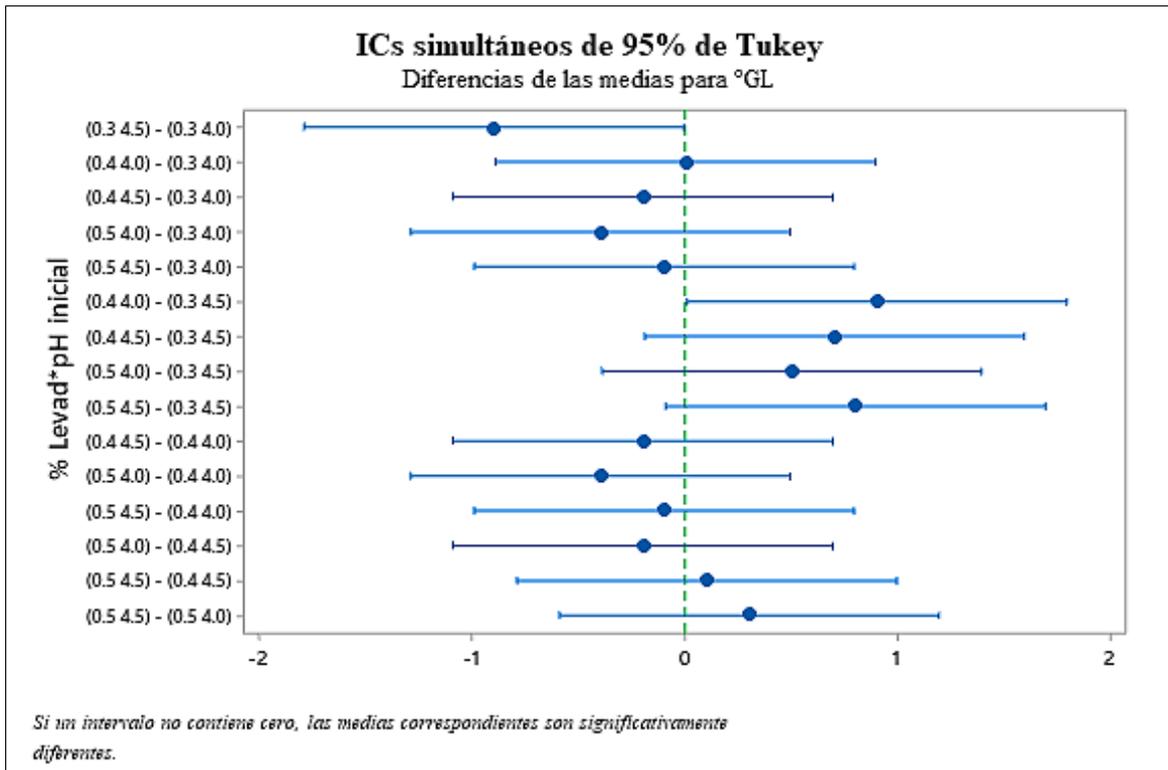


Figura 10. ICs simultáneos de 95% de Tukey

RESUMEN:

El factor más importante en la fermentación alcohólica en la obtención de una bebida a partir de Capulí, es la dilución, hallándose que la dilución 1:2 por si sola tiene un impacto importante en las cantidades de alcohol producida (13 °GL) en los nueve días de fermentación, observándose que al usar la dilución 1:3 desciende los niveles producidos hasta 11.27 °GL.

Existe una importancia menor según la estadística estudiada en la interacción % Levadura y pH inicial empleado. El análisis indica que se puede emplear de manera indistinta ya sea 0.3 ó 0.4g/l de levadura y pH 4, lográndose obtener mediante esta interacción 12.4 °GL de alcohol, pero si se usa pH 4.5, los resultados obtenidos descienden a 11.5 °GL, y si se usa 0.5 g/l de levadura los °GL descienden a una media de 12.0.

4.5. Resultados del análisis sensorial

Una de las formas gráficas de presentar los resultados sensoriales, es mediante el diagrama radial de la figura 11, en este gráfico se puede observar una diferencia resaltante entre dos grupos de tratamientos. Han obtenido mayor puntaje sensorial en la característica Color los tratamientos del 1 al 6, mientras que los del 7 al 12 han sido mejor evaluados en las características Sabor. Este primer resultado obtenido nos revela la ausencia de un tratamiento que resalte en las cuatro características evaluadas.

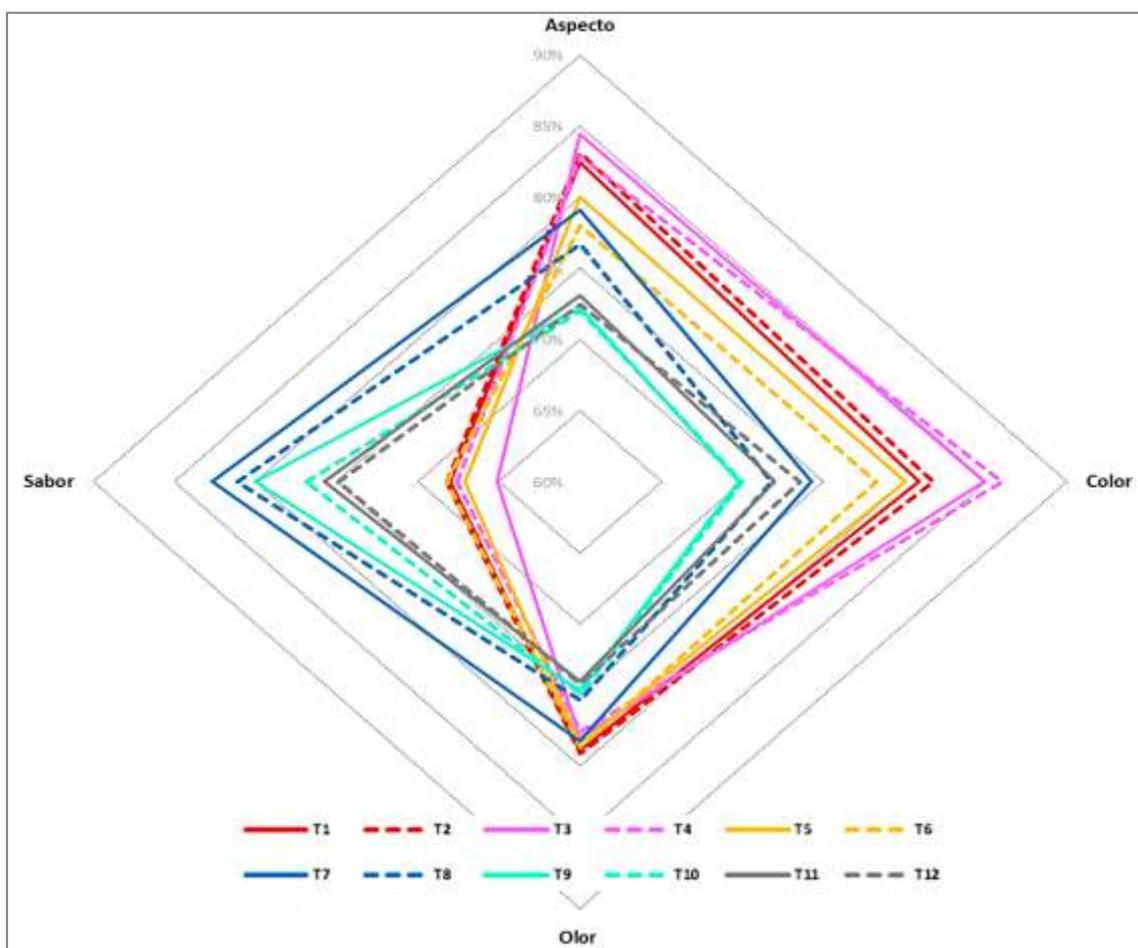


Figura 11. Perfil sensorial de los 12 tratamientos de bebida alcohólica en base a Capulí. Gráfico radial

Una alternativa multivariante al diagrama radial es el análisis de correspondencia simple, el cual resume en un gráfico de dos dimensiones las relaciones entre variables (la cercanía de los puntos en el gráfico representa mayor correspondencia) y a la vez facilita la detección de variables que tienen mayor representación sobre los resultados. En la figura 12, presentamos

el gráfico resultante de esta técnica, en la cual se aprecia que existe una mayor correspondencia de los tratamientos del 7 al 12 sobre la característica Sabor; por otro lado, se aprecia que los tratamientos del 1 al 6 se asocian más con las características Color y Aspecto, en ese orden. Podemos ver también que la característica Olor al encontrarse en el centro de ambos grupos, no diferencia o no representa a ningún tratamiento en particular

Hasta este punto, tanto en la figura 11 como la figura 12 revelan la formación de dos grupos de tratamientos en base a su puntaje sensorial. Lo que adicionalmente nos muestra el análisis multivariante es la importancia de las dimensiones del gráfico, en este caso la dimensión 1 reúne un aporte del 96.18 % a la explicación del comportamiento de los datos, es decir las cuatro características evaluadas se pueden analizar principalmente por su posición sobre el eje horizontal. Dicho esto, en el extremo derecho de este eje se encuentra la característica Sabor (evaluada por el sentido del gusto) mientras que en el extremo izquierdo se encuentra la característica Color seguida por Aspecto (evaluadas por el sentido de la vista). Este resultado servirá para tomar decisiones al momento de elegir el tratamiento que será producido y comercializado, pues considerando que el perfil sensorial de estos tratamientos está definido principalmente en base a dos sentidos, se deberá elegir si se quiere producir una bebida que resalte por su sabor o que sea sensorialmente mejor percibida por el sentido de la vista.

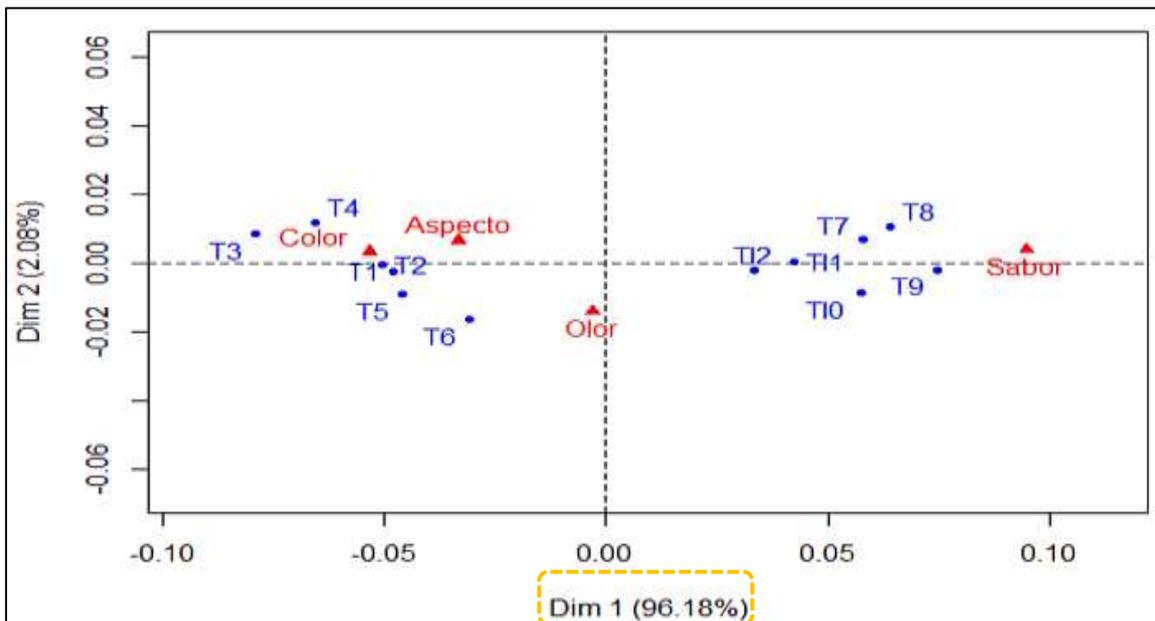


Figura 12. Correspondencia entre los 12 tratamientos de bebida alcohólica en base a Capulí y las características organolépticas. Biplot de correspondencia simple.

Después de un análisis exploratorio en el cual se sospecha de la diferencia entre tratamientos, se corrobora este resultado con una prueba de hipótesis, en este caso al tener datos provenientes de escalas hedónicas en la cual los números han sido colocados arbitrariamente y no existe una interpretación numérica sino ordinal, se tiene que trabajar con pruebas no paramétricas.

El diseño se adapta para aplicar el test de Friedman, que es el paralelo a una prueba de ANOVA para muestras dependientes. Siegel & Castellan (1995) explican que:

Para la prueba de Friedman, los datos deben presentarse en una tabla de doble entrada conteniendo N renglones y k columnas. Los renglones representan los sujetos o conjuntos de sujetos igualados, y las columnas, las distintas condiciones. Si lo que se estudia son las puntuaciones de los sujetos en las distintas condiciones, entonces cada renglón nos proporciona las puntuaciones de cada sujeto en cada una de las k condiciones. (p.207)

El principio de esta prueba es el uso de los rangos de los valores, es decir llevándolos a nuestro caso, los N sujetos serían los 30 panelistas y las k condiciones serían los 12 tratamientos. Para cada observación de un panelista clasifica los tratamientos en un orden del 1 al 12 donde 1 corresponde al puntaje más bajo y 12 corresponderá al puntaje más alto. En la tabla 12 se tienen los resultados del test de Friedman, aplicado en cada una de las cuatro características y adicionalmente al puntaje global (suma de los promedios de las cuatro características). Se puede ver que, considerando un nivel del 5% de confianza, en cada una de las cuatro características y en el puntaje global existen diferencias significativas entre los tratamientos pues en cada prueba se ha obtenido un p-valor menor a 0.05.

Tabla 12.

Test de Friedman para los 12 tratamientos de bebida alcohólica en base a capulí. Con un nivel de confianza del 5%

Característica	Chi-cuadrado	GL	p-valor
Color	97.32	11	0.000
Aspecto	79.48	11	0.000
Sabor	127.62	11	0.000
Olor	23.03	11	0.017
Global	43.70	11	0.000

Posterior al test de Friedman en el que se corroboró la diferencia significativa entre los tratamientos para cada característica y para el puntaje global, se procede a detectar que entre tratamientos o grupo de tratamientos se presentan estas diferencias, para esto existe un test de comparaciones múltiples que evalúa si la diferencia absoluta entre la sumatoria de rangos correspondiente a cada par de tratamientos es significativa, de esta manera va formando los grupos homogéneos.

En la tabla 13 se tienen los resultados del test de comparaciones múltiples aplicado a los tratamientos considerando los puntajes de la característica *Color*. Se observa que se han formado cuatro grupos, siendo los tratamientos *T1*, *T2*, *T3*, *T4*, *T5* y *T6* los que pertenecen al grupo de aquellos que presentan rangos mayores a los demás tratamientos, de los cuales el tratamiento *T4* es el de mayor rango.

Tabla 13.

Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Color. Con un nivel de confianza del 5%

Tratamientos	Rango Promedio	Grupos
T4	9.40	a
T3	8.72	a b
T2	8.15	a b
T1	8.03	a b c
T5	7.65	a b c
T6	6.92	a b c d
T7	5.62	b c d
T12	5.48	c d
T8	4.97	c d
T11	4.92	c d
T9	4.10	d
T10	4.05	d

En la tabla 14 se tienen los resultados del test de comparaciones múltiples aplicado a los tratamientos considerando los puntajes de la característica *Aspecto*. Se observa que se han formado cuatro grupos, siendo los tratamientos *T1*, *T2*, *T3*, *T4*, *T5*, *T6*, *T7* y *T8* los que presentan rangos mayores a los demás tratamientos, de los cuales el tratamiento *T3* es el de mayor rango.

Tabla 14.

Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Aspecto. Con un nivel de confianza del 5%

Tratamientos	Rango Promedio	Grupos
T3	8.67	a
T4	8.43	a
T2	8.42	a
T1	8.05	a b
T7	7.10	a b c
T5	7.10	a b c
T8	5.98	a b c
T6	5.95	a b c
T11	4.92	b c d
T9	4.48	c d
T12	4.47	c d
T10	4.43	c d

En la tabla 15 se tienen los resultados del test de comparaciones múltiples aplicado a los tratamientos considerando los puntajes de la característica *Sabor*. Se observa que se han formado cuatro grupos, siendo los tratamientos *T7, T8, T9, T10, T11* y *T12* los que presentan rangos mayores a los demás tratamientos, de los cuales el tratamiento *T7* es el de mayor rango.

Tabla 15.

Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Sabor. Con un nivel de confianza del 5%

Tratamientos	Rango Promedio	Grupos
T7	9.55	a
T8	9.28	a
T9	9.07	a
T10	7.93	a b
T11	7.40	a b c
T12	7.08	a b c
T1	5.13	b c
T2	5.12	b c
T6	4.80	b c d
T4	4.63	c d
T5	4.37	c d
T3	3.63	d

A pesar de que en la tabla 12 se pudo apreciar que en la característica *Olor* los tratamientos presentaban diferencias significativas, al realizar las comparaciones múltiples no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 16), esta contradicción entre ambos test es posible al tratarse de pruebas no paramétricas, las cuales no son sensibles cuando las diferencias son muy pequeñas.

Tabla 16.

Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la característica organoléptica Olor. Con un nivel de confianza del 5%

Tratamientos	Rango Promedio	Grupos
T6	7.53	a
T2	7.40	a
T7	7.40	a
T1	7.20	a
T5	7.20	a
T3	6.88	a
T4	6.52	a
T8	6.08	a
T9	5.67	a
T10	5.63	a
T12	5.35	a
T11	5.13	a

En la tabla 17 se tienen los resultados del test de comparaciones múltiples aplicado a los tratamientos considerando el puntaje global de la prueba sensorial. Se observa que se han formado cuatro grupos, siendo los tratamientos *T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8* y *T9* los que presentan rangos mayores a los demás tratamientos, de los cuales los tratamientos *T7* y *T4* son los que presentan mayores valores.

Tabla 17.

Test de comparación múltiple, para los 12 tratamientos, en la puntuación Global de las características organolépticas. Con un nivel de confianza del 5%

Tratamientos	Rango Promedio	Grupos
T7	8.38	a
T4	8.18	a b
T2	7.83	a b c
T1	7.45	a b c
T3	7.10	a b c
T8	6.68	a b c
T5	6.28	a b c
T6	5.80	a b c
T9	5.58	a b c
T10	5.12	b c d
T11	4.87	c d
T12	4.72	c d

Si observamos este último cuadro vemos que los dos tratamientos con mayores rangos, T7 y T4, a la vez son los mayores en las características de *Sabor* y *Color*, respectivamente.

Este resultado permite cerrar la idea que se había planteado anteriormente en los comentarios de los resultados exploratorios, en el que decíamos que al no existir un tratamiento que resalte en todas las características (Figura 11) entonces las características en las que el productor se tiene que basar para la elección del mejor tratamiento se reducen a solo las del sentido de la vista y del gusto (figura 12). Resaltando en cada una de ellas los dos tratamientos anteriormente mencionados.

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos deducimos que el T4 cumple con las características fisicoquímicas adecuadas además de presentar un color aceptable, los parámetros en la fermentación alcohólica a partir de Capulí (*Prunus serotina*) fueron pH 4.5, dilución 1:2 (jugo: agua) y concentración de levadura 0.4 g/l, estos resultados son similares con lo reportado por (Rojas, 2015) que indica que los parámetros óptimos para la fermentación alcohólica de bebida destilada a partir del fruto (*Prunus Persiaca*) Durazno Huaycott fueron pH 4.0, dilución 1:2 (pulpa: agua) y concentración de levadura 0.4g/l.

De acuerdo al tiempo de fermentación de los 12 tratamientos mostrados en la tabla 02, en los 9 días de fermentación nuestro tratamiento número T4 (Dilución pulpa-agua 1:2 + levadura 0.4 g/l + pH 4.5) arrojó 13.2 °GL, acidez titulable de 4.730, pH de 3.590 y 8 °Brix. Según Winchonlog (2018). Su mejor tratamiento en la elaboración de bebida alcohólica de Carambola fue el T4 (Dilución pulpa-agua 1:1) obtuvo 13.24 grados de alcohol, 3.50 de pH, 4.057 porcentaje de acidez, cortó su fermentación en 20 °Brix. Por lo tanto, existe similitud entre los resultados obtenidos en esta investigación con la información citada.

De los resultados obtenidos respecto a la concentración de alcohol total con tres repeticiones tabla 04, se determinó que la dilución pulpa-agua 1:2 y los tratamientos con pH inicial 4.0 (T1, T3 y T5) con °Brix inicial de 20, presentaron mayor producción de alcohol 14.4 °GL, en el tiempo que duró la fermentación a comparación con los demás tratamientos y la dilución pulpa-agua 1:3, por ello se puede deducir que la dilución pulpa-agua 1:2 y los tratamientos con pH inicial 4.0 producen mayor concentración de alcohol frente a la dilución pulpa-agua 1:3 y los tratamientos con pH inicial 4.5. Según Lima (2017) en su estudio indica que los tratamientos con pH inicial 4.0 resultan más efectivos en la producción de alcohol, obteniendo 11.10 °GL por parte de la levadura *Saccharomyces cereviceae* con respecto a

los tratamientos con pH inicial 3.5, para la elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de tuna, obtuvo este resultado a causa de que su fermentación inició con 13 °Brix.

De acuerdo a la correspondencia entre los doce tratamientos de bebida alcohólica en base a Capulí y las características organolépticas (Biplot de correspondencia simple presentados en la figura 12), determinamos que existen dos grupos de tratamientos, de los cuales un grupo se inclinan a los parámetros de color y aspecto (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) siendo el tratamiento T4 con mayores características aceptables del grupo, por otro lado el grupo compuesto por los tratamientos (T7, T8, T9, T10, T11 y T12) son los que se inclinan a la característica relevante al sabor, siendo el tratamiento número 7 el que mayor características aceptables presentó. Según Vicuña (2019), los mejores porcentajes idóneos para trabajar son los implantados en su tratamiento número 3 en la cual describe que poseía un sabor leve a Capulí muy agradable, de bebida suave, gasificada y dulce, olor agradable a miel; sin embargo, con respecto a su apariencia presentó un color amarillo con turbidez. El tratamiento está compuesto de agua 500 ml=46,61%, capulí 322 ml=30,02 %, miel 250 ml= 23.30 % y levadura 0.75mg/L= 0.07 %.

Asimismo, su mejor tratamiento T3 alcanzó un porcentaje de alcohol de 13.5 °GL en 15 días de fermentación, sus variables fueron: (agua 46.61%, capulí 30.02%, miel 23.30% y levadura 0.07%). El resultado es diferente debido a que se empleó distintas cantidades (agua 66.5%, capulí 33% y levadura 0.04%), obteniendo 14.4 °GL en 9 días de fermentación; por lo que se deduce que se obtuvo mayor grado alcohólico en menos días de fermentación, esto puede ser a que en su proceso Vicuña (2019), al hacer uso de la hidromiel debido a la cantidad de glucosa presente en el medio, conllevó a que la levadura se estrese y por ende produzca menos alcohol.

De los resultados obtenidos, los parámetros adecuados para una mayor producción de alcohol fueron (Dilución pulpa-agua 1:2 + levadura 0.3 y 0.4g/l + pH 4.0), obteniendo 14.400 °GL. Según Angulo & Troyes (2019) indica que para una mayor producción de alcohol en la elaboración de una bebida alcohólica de carambola, se debe trabajar con la (Dilución pulpa-agua 1:3 + levadura 0.4g/l + pH 4.0), obteniendo 14.4 °GL. Por lo que deducimos que existe una diferencia entre los resultados obtenidos con la información citada en cuanto a las

diluciones, pero la concentración de alcohol obtenida es la misma debido a que su tratamiento fue sometido a más días de fermentación (18 días).

Asimismo, indica que para obtener una bebida con características organolépticas aceptables propone trabajar con la (Dilución pulpa-agua 1:3 + levadura 0.4g/l + pH 4.0). Para obtener una bebida a base de Capulí y sensorialmente aceptable en cuanto al Color, se trabajó con (Dilución pulpa-agua 1:2 + levadura 0.4 g/l + pH 4.5); y para realce respecto al Sabor, con (Dilución pulpa-agua 1:3 + levadura 0.3 g/l + pH 4). No existe similitud con la información citada debido a que no obtuvimos un tratamiento que resalte en todas las características organolépticas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los parámetros adecuados para la producción de alcohol son: dilución pulpa-agua 1:2, concentración de levadura 0.3g/l, 0.4 g/l y pH de 4.0 de los cuales se obtuvo una concentración de grado alcohólico entre 13.800 y 14.400 °GL.
- Se realizaron los análisis fisicoquímicos de la bebida alcohólica fermentada, los cuales fueron, para el tratamiento T4: acidez titulable de 4.730, pH de 3.590, 8 °Brix y 13.2 °Gay-Lussac. Para el tratamiento T7: acidez titulable de 4.477, pH de 3.329, 11 °Brix y 10.8 °Gay-Lussac.
- En la elaboración de la bebida alcohólica se obtuvo dos tratamientos con mayor aceptación organoléptica, de relevancia, enfocándose en las características de color y sabor; estos fueron el T4 con mayor realce en cuanto a Color en el producto final, los parámetros fueron: (Dilución pulpa- agua 1:2 + levadura 0.4g/l + pH 4.5) y el tratamiento T7 con mayor realce en cuanto al Sabor, los parámetros fueron: (Dilución pulpa-agua 1:3 + levadura 0.3g/l +pH 4.0). Indicando así estas dos características, para la elección del mejor tratamiento, los análisis cumplen con los requisitos organolépticos para la elaboración de vinos; según la NTP 212.014.

RECOMENDACIONES

- Para la obtención de una bebida alcohólica fermentada a partir de Capulí (*Prunus serotina*) con mayor realce en sabor y excelentes características fisicoquímicas, se recomienda trabajar con el tratamiento (T7: Dilución pulpa-agua 1:3 + levadura 0.3g/L + pH 4.0).
- Para la obtención de una bebida alcohólica fermentada a partir de Capulí con mayor realce en olor y excelentes características fisicoquímicas, se recomienda trabajar con el tratamiento (T4: Dilución pulpa-agua 1:2 +levadura 0.4g/L + pH 4.5).
- Se recomienda no sobrepasar un pH de 4.5 y una dilución de 1:3 pulpa-agua; porque los niveles de grados °Gay-Lussac caerán significativamente. La mayor producción de alcohol se obtiene con un pH 4.0, asimismo en la elaboración de bebida alcohólica a partir de Tuna el pH 4.0 fue también el que brindó mayor producción de alcohol.
- Si se desea comercializar el producto, es necesario realizar un estudio de preferencias al consumidor, de esta manera se elegirá al mejor tratamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, K., & Troyes, E. (2019). Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de Carambola (*Averrhoa carambola* L. (Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén). Repositorio Institucional UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/156>
- Benavides, I. M., & Pozo, M. M. (2008). Elaboración de una bebida alcohólica destilada (Vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas. (Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador). Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESIS.pdf>
- Espinoza , S. N. (2018). Efecto de las épocas de poda en el rendimiento y calidad del fruto de 5 biotipos promisorios de *Prunus serotina* "Guinda" en el banco de germoplasma INIA-Canaán. Ayacucho. (Tesis de grado), Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2018). Compendio Estadístico Agrario. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/cap13/cap13.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. (Tesis de grado), Universidad Nacional de San Marcos, Lima, Huarochirí. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5715>
- Moncayo, O. R. (2017). Análisis de la diversidad genética del capulí (*Prunus serotina*), en la región andina del Ecuador, utilizando marcadores moleculares AFLP. (Tesis de

grado, Universidad San Francisco de Quito). Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6555/1/131163.pdf>

Norma Técnica Peruana NTP 212.014. (2011). Bebidas Alcohólicas Vitivinícolas. Lima.

Quispe, L. M. (2018). Obtención de una bebida alcohólica a partir de la fermentación de leche. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(3), 46-51.

Rojas, A. (2015). Elaboración de una bebida destilada a partir de *Prunus persiaca* (Durazno Huaycott) procedente del distrito de Atavillos Bajos - Huaura. Tesis de grado Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

SIAL Cajamarca.(09 de Febrero de 2012). Dirección general de investigación e información ambiental. Recuperado de <http://sial.municac.boc.pe/novedades/municipalidad-cajamarca%20-%20prohibe-utilizar-%C3%A1rbol-capul%C3%AD-actividades>

Siegel, S., & Castellan, N. (1995). Estadística no paramétrica, aplicada a las ciencias de la conducta.

Vicuña, A. G. (2019). Elaboración de una bebida artesanal de baja graduación alcohólica a base de miel de abeja (*Apis Mellífera*) y fruta capulí (*Prunus salicifolia*). Proyecto de Investigación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11828>

Villaroel, G. J. (2008). Determinación de la actividad antioxidante de la guinda (*Prunus Serotina*). Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Del Centro del Perú, Huancayo.

Winchonlog, R. E. (2018). Elaboración de los factores relación pulpa-agua, corrección de Brix y corte de fermentación, para la obtención de una bebida alcohólica fermentada organolépticamente aceptable a partir de (*Averrhoa carambola L.*) "carambola" en Chulucanas. (Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae). Repositorio Institucional UCSS. repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/534/winchonlong_reina_tesis_bachiller_2018.pdf?sequence=2&isALLOWED=y

DEDICATORIA

A mi madre por brindarme su apoyo incondicional y motivarme para poder culminar el desarrollo de esta investigación.

A mis hermanos Yexilu y Roni también a mi cuñado Juan José, por el apoyo durante mi etapa universitaria.

YERSON MORE

A mis padres Carlomán y Celinda por haberme forjado como una persona de bien, por su apoyo incondicional y paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mi hermana Ledi por su apoyo incondicional y siempre estar conmigo durante toda mi etapa universitaria.

YOISI PÉREZ

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque a pesar de que es un año muy difícil para todos en el mundo debido a esta pandemia, nos brinda salud para así poder concluir 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, también al Ing. Adán Díaz Ruiz jefe del laboratorio por habernos orientado en la ejecución de la investigación.

A nuestro asesor de tesis, Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos por orientarnos y asesorarnos en el desarrollo de la investigación.

ANEXOS

Anexo 1. Medición de los sólidos solubles (°Brix) durante los 9 días de fermentación

Tratamiento	Días de fermentación									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1	20	18.5	16.5	14	13	12	11	10	9	8.4
T2	20	19	16	14	13	12	11	10	9	8
T3	20	18.5	16	13	12	11	10.5	10	9.5	8
T4	20	18	16	13.5	12.7	12	10.3	10	9	8
T5	20	18	16	13	12	11	10.2	9.4	9	8
T6	20	18.5	16	14	13	12	10	9.8	8	7.2
T7	20	19	17	15	14.5	14	13	12.5	12	11
T8	20	19	17	15.5	15	14	13.2	13	12.5	11.2
T9	20	19	17	15.5	15	14	13	12.7	11	10.9
T10	20	19	17	14.4	13	12.8	12.2	12	11	10
T11	20	19	17	15	14	13	12	11.3	11	10
T12	20	19	17	14.8	14	13	12	11.4	10	9.4
T13	20	18	16	14	12.8	12	10	9.7	9	8
T14	20	18.5	17	15	14.3	13	12.4	11	9.5	8.2
T15	20	18.7	16	14.5	13	12.3	10.3	10	9	8
T16	20	18	16.5	14	12	10.5	10	9.8	9	8.5
T17	20	18	16	14.5	13.4	12.5	12	11	10	9
T18	20	18	15.8	14	13	12.5	12	11.4	10	9
T19	20	19	16	15.3	14	13.5	12	11.6	11	10
T20	20	19	17	15.5	13.6	11	10.5	10	9	9.6
T21	20	19	16.8	15	14.2	13	12	11	10	9
T22	20	19	17	15.4	14	13.2	12	11.3	10.2	9.7

T23	20	18.5	17	15	13	12.7	12	11	10	9
T24	20	18.5	16	14.5	14	13.2	12.4	12	11	9
T25	20	18	16	14.2	13	12	11	10.6	10	9
T26	20	18	17	14.5	12.8	11.8	11	10	9.6	9
T27	20	18.5	16	13	12	11	10.5	10	9	8.7
T28	20	18	16.7	13	12.3	12	10.8	10	9	8
T29	20	18.9	17	14	12.5	11.3	11	10	9	8
T30	20	18	16	14.3	13	11.5	10	9	8.5	8
T31	20	19	17.5	15	14	13.8	11	10	9	8.6
T32	20	19	17.3	14.7	15	14	12	10	9.5	9
T33	20	19	17	15	14.5	12.8	12	10	9.8	9
T34	20	19	16.9	15	14	13	11	11	10	9.3
T35	20	18.9	17	14	13.8	13	12	11.3	10	9.5
T36	20	18.7	17	15	14	12.7	12	11	10	9

Anexo 2. Determinación del pH durante el tiempo de fermentación

Tratamiento	Tiempo de fermentación (días)			
	0	3	6	9
T1	4.021	3.590	3.576	3.590
T2	4.501	3.673	3.596	3.598
T3	4.011	3.591	3.565	3.597
T4	4.511	3.603	3.571	3.590
T5	4.024	3.669	3.520	3.541
T6	4.504	3.652	3.587	3.637
T7	4.005	3.354	3.342	3.329
T8	4.501	3.465	3.354	3.330
T9	4.012	3.405	3.357	3.318
T10	4.503	3.591	3.481	3.447
T11	4.001	3.413	3.356	3.333
T12	4.502	3.521	3.459	3.450
T13	4.041	3.590	3.589	3.593
T14	4.505	3.642	3.611	3.625
T15	4.007	3.585	3.563	3.577
T16	4.502	3.616	3.619	3.656
T17	4.013	3.567	3.563	3.604
T18	4.501	3.639	3.611	3.698
T19	4.011	3.508	3.475	3.472
T20	4.514	3.595	3.557	3.564
T21	4.012	3.566	3.450	3.460
T22	4.506	3.528	3.605	3.523
T23	4.015	3.479	3.472	3.443
T24	4.511	3.497	3.487	3.483
T25	4.025	3.586	3.582	3.591
T26	4.503	3.638	3.598	3.61
T27	4.021	3.587	3.568	3.582
T28	4.504	3.612	3.611	3.524
T29	4.014	3.63	3.552	3.601
T30	4.513	3.641	3.598	3.652
T31	4.012	3.509	3.398	3.396
T32	4.511	3.408	3.487	3.412
T33	4.021	3.513	3.421	3.378
T34	4.526	3.526	3.52	3.485
T35	4.013	3.427	3.389	3.392
T36	4.521	3.498	3.473	3.467

Anexo 3. Medición de la acidez en los 9 días de fermentación

Tratamiento	Tiempo de fermentación (días)			
	0	3	6	9
T1	1.830	3.743	4.563	4.816
T2	1.300	2.834	3.886	4.730
T3	1.981	3.623	4.642	4.646
T4	1.897	3.986	4.491	4.730
T5	1.322	3.673	4.070	4.900
T6	1.482	3.245	4.537	4.646
T7	1.153	2.876	3.463	4.477
T8	1.752	2.879	3.216	3.399
T9	1.653	2.672	3.399	3.463
T10	1.467	2.537	3.209	3.399
T11	1.573	2.653	3.399	4.646
T12	1.122	2.784	3.042	3.399
T13	1.764	3.020	4.730	4.900
T14	1.876	2.232	3.886	4.563
T15	1.238	3.121	4.623	4.730
T16	1.743	3.011	4.393	4.816
T17	1.654	3.120	4.438	4.563
T18	1.243	3.210	4.730	3.969
T19	1.523	2.865	3.969	4.223
T20	1.582	3.013	4.139	4.223
T21	1.498	3.632	4.110	4.223
T22	1.472	2.989	4.056	4.223
T23	1.540	2.976	4.056	4.730
T24	1.534	3.783	4.139	4.256
T25	1.821	3.210	4.523	4.872
T26	1.543	2.896	3.967	4.622
T27	1.623	3.112	4.626	4.631
T28	1.825	2.998	4.511	4.733
T29	1.423	3.012	4.238	4.896
T30	1.345	3.111	4.634	4.121
T31	1.243	2.896	3.764	4.354
T32	1.720	3.021	4.011	4.321
T33	1.597	2.895	3.596	3.970
T34	1.463	2.674	3.981	3.997
T35	1.562	2.640	4.020	4.622
T36	1.236	2.989	3.652	3.983

Anexo 4. Tabla general con la estructura factorial, las variables independientes, variable respuesta y residuos.

Orden Estudio	Orden Corrida	Bloques	Dilución	% Levad	pH inicial	°GL	RESI1
1	1	1	1:3	0.3	4	13.800	0.4
13	13	1	1:3	0.3	4	13.200	-0.2
25	25	1	1:3	0.3	4	13.200	-0.2
2	2	1	1:3	0.3	4.5	13.200	0.8
14	14	1	1:3	0.3	4.5	12.000	-0.4
26	26	1	1:3	0.3	4.5	12.000	-0.4
3	3	1	1:3	0.4	4	14.400	0.8
15	15	1	1:3	0.4	4	13.200	-0.4
27	27	1	1:3	0.4	4	13.200	-0.4
4	4	1	1:3	0.4	4.5	13.200	0.4
16	16	1	1:3	0.4	4.5	12.600	-0.2
28	28	1	1:3	0.4	4.5	12.600	-0.2
5	5	1	1:3	0.5	4	12.600	1.2434E-14
17	17	1	1:3	0.5	4	12.600	1.2434E-14
29	29	1	1:3	0.5	4	12.600	1.2434E-14
6	6	1	1:3	0.5	4.5	13.200	1.0658E-14
18	18	1	1:3	0.5	4.5	13.200	1.0658E-14
30	30	1	1:3	0.5	4.5	13.200	1.0658E-14
7	7	1	1:2	0.3	4	10.800	-0.6
19	19	1	1:2	0.3	4	12.000	0.6
31	31	1	1:2	0.3	4	11.400	8.8818E-15
8	8	1	1:2	0.3	4.5	10.200	-0.4
20	20	1	1:2	0.3	4.5	11.400	0.8
32	32	1	1:2	0.3	4.5	10.200	-0.4
9	9	1	1:2	0.4	4	10.200	-1
21	21	1	1:2	0.4	4	12.000	0.8
33	33	1	1:2	0.4	4	11.400	0.2
10	10	1	1:2	0.4	4.5	11.400	-0.2
22	22	1	1:2	0.4	4.5	12.000	0.4
34	34	1	1:2	0.4	4.5	11.400	-0.2
11	11	1	1:2	0.5	4	11.400	1.2434E-14
23	23	1	1:2	0.5	4	11.400	1.2434E-14
35	35	1	1:2	0.5	4	11.400	1.2434E-14
12	12	1	1:2	0.5	4.5	11.400	1.4211E-14
24	24	1	1:2	0.5	4.5	11.400	1.4211E-14
36	36	1	1:2	0.5	4.5	11.400	1.4211E-14

Anexo 5. Regresión factorial

REGRESIÓN FACTORIAL GENERAL: °GL VS. DILUCIONES; % LEVAD; PH INICAL

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Diluciones	2	1:3; 1:2
% Levad	3	0.3; 0.4; 0.5
pH inicial	2	4.0; 4.5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	32.2400	2.9309	11.72	0.000
Lineal	4	28.4200	7.1050	28.42	0.000
Diluciones	1	27.0400	27.0400	108.16	0.000
% Levad	2	0.7400	0.3700	1.48	0.248
pH inicial	1	0.6400	0.6400	2.56	0.123
Interacciones de 2 términos	5	2.6000	0.5200	2.08	0.103
Diluciones*% Levad	2	0.2600	0.1300	0.52	0.601
Diluciones*pH inicial	1	0.1600	0.1600	0.64	0.432
% Levad*pH inicial	2	2.1800	1.0900	4.36	0.024
Interacciones de 3 términos	2	1.2200	0.6100	2.44	0.108
Diluciones*% Levad*pH inicial	2	1.2200	0.6100	2.44	0.108
Error	24	6.0000	0.2500		
Total	35	38.2400			

Resumen del modelo

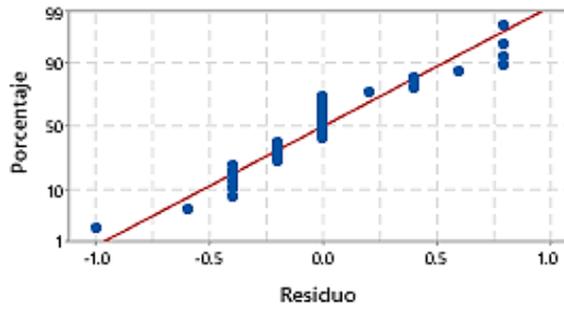
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.5	84.31%	77.12%	64.70%

Coefficientes

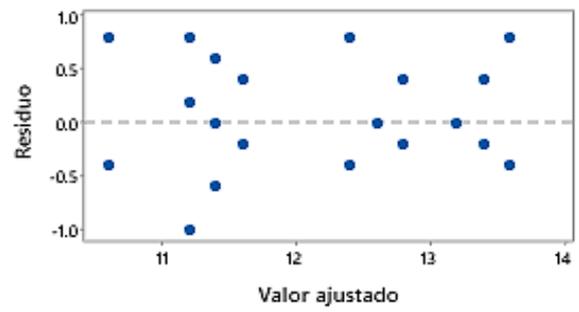
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	12.1333	0.0833	145.60	0.000	
Diluciones					
1:3	0.8667	0.0833	10.40	0.000	1.00
% Levad					
0.3	-0.183	0.118	-1.56	0.133	1.33
0.4	0.167	0.118	1.41	0.170	1.33
pH inicial					
4.0	0.1333	0.0833	1.60	0.123	1.00
Diluciones*% Levad					
1:3 0.3	0.083	0.118	0.71	0.486	1.33
1:3 0.4	0.033	0.118	0.28	0.780	1.33
Diluciones*pH inicial					
1:3 4.0	0.0667	0.0833	0.80	0.432	1.00
% Levad*pH inicial					
0.3 4.0	0.317	0.118	2.69	0.013	1.33
0.4 4.0	-0.033	0.118	-0.28	0.780	1.33
Diluciones*% Levad*pH inicial					
1:3 0.3 4.0	-0.017	0.118	-0.14	0.889	1.33
1:3 0.4 4.0	0.233	0.118	1.98	0.059	1.33

Gráficas de residuos para °GL

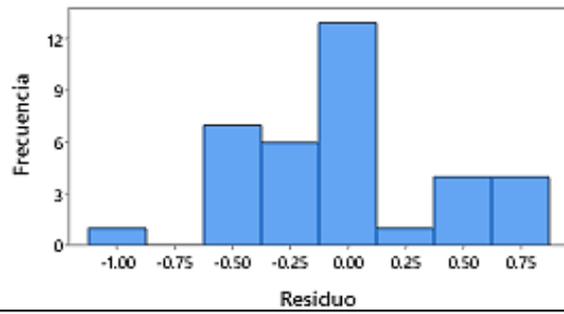
Gráfica de probabilidad normal



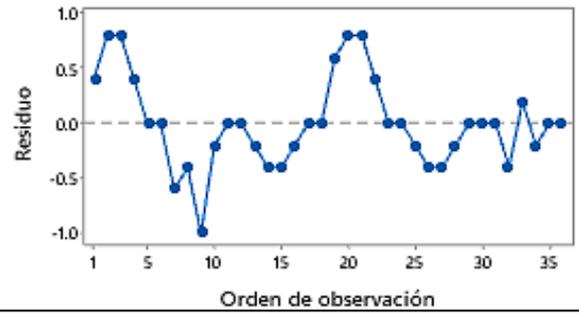
vs. ajustes



Histograma



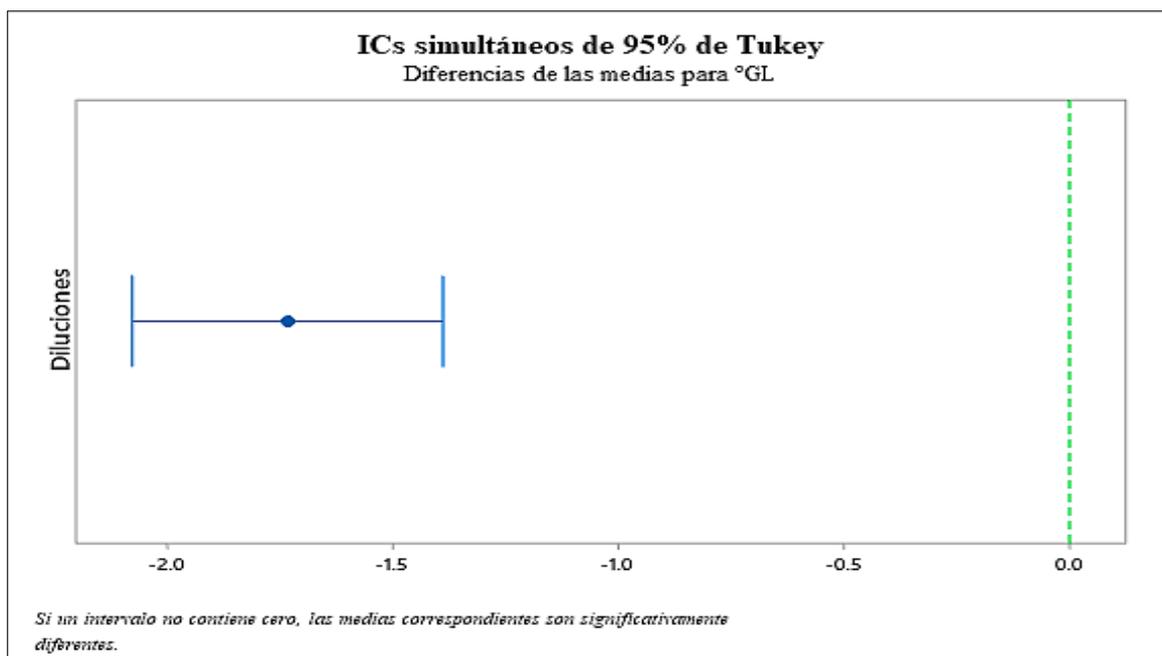
vs. orden



Anexo 6. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de Diluciones niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
1:3 - 1:2	-1.733	0.167	(-2.077; -1.389)	-10.40	0.000

Nivel de confianza individual = 95.00%



ICs simultáneos de 95% de Tukey

Anexo 7. Escala hedónica para la evaluación de las características organolépticas para determinar el grado de aceptabilidad del producto

PRODUCTO: obtención y estudio de aceptabilidad de una bebida alcohólica por fermentación a partir de capulí (*Prunus serotina*).

Nombre:

Fecha: Hora:

Frente a usted se presenta 36 muestras de bebida fermentada de capulí. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje, escribiendo el número correspondiente a cada muestra.

Puntaje	Escala de medición
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Muestra	Características Organolépticas			
	COLOR	OLOR	SABOR	ASPECTO
M1				
M2				
M3				
M4				
M5				
M6				
M7				
M8				
M9				
M10				
M11				
M12				
M13				
M14				
M15				
M16				
M17				
M18				
M19				
M20				
M21				
M22				
M23				
M24				
M25				
M26				
M27				
M28				
M29				
M30				
M31				
M32				
M33				
M34				
M35				
M36				

Comentarios.....
.....

Anexo 8. Proceso de producción



Recepción y pesado



Fruto de Capulí



Fermentación



Sedimentación

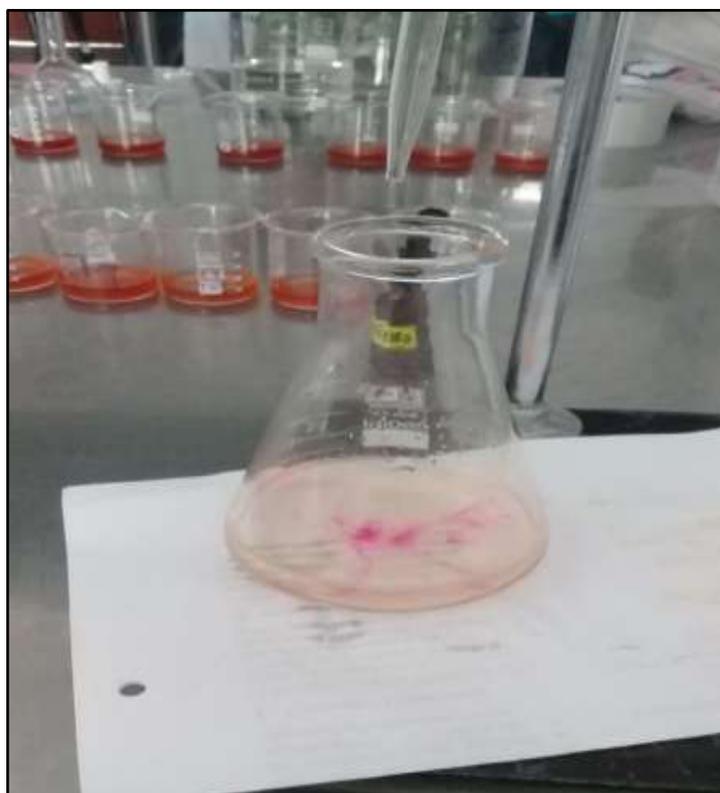


Clarificación

Anexo 9. Análisis físico-químico de la bebida



Titulación



Determinación de la acidez titulable



Medición de pH



Medición de sólidos solubles (°Brix)



Destilación de bebida fermentada



Medición del grado alcohólico



Esterilización de envases



Envasado



Evaluación sensorial



Evaluación Sensorial