




## “Evaluación del malteado y fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ALE, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima”

*“Evaluation of malting and fermentation in the ALE type craft beer process, using sorghum (*Sorghum vulgare*) as raw material”*

**Sheyling Alexis Segobia Muñoz** <sup>1\*</sup>   
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

**Alberto Segobia Muñoz** <sup>2</sup>   
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

**Dara Evelyn Medina Velásquez** <sup>3</sup>   
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

**Ariel Muñoz Muñoz** <sup>4</sup>   
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Fecha recepción: 15 de junio de 2020

Fecha aceptación: 16 de julio de 2020

© 2020 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

<sup>1</sup> Ingeniera Agroindustrial, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, +593969124734 sheysego@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8459-0049> \*

<sup>2</sup> , Universidad Técnica de Babahoyo, Quevedo, Ecuador, [msegobia242@faciaq.utb.edu.ec](mailto:msegobia242@faciaq.utb.edu.ec), <https://orcid.org/0000-0002-6057-1476>

<sup>3</sup> Ingeniera Agroindustrial, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, [dara.medina97@gmail.com](mailto:dara.medina97@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5195-7361>

<sup>4</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, [Ariel.muñoz2016@uteq.edu.ec](mailto:Ariel.muñoz2016@uteq.edu.ec), <https://orcid.org/0000-0003-3470-3292>

## RESUMEN

Esta investigación se enfoca en la elaboración de una cerveza artesanal, utilizando la cebada y el sorgo como cereales malteados; debido a su alto contenido de almidón y propiedades nutricionales, adicionando pulpa de maracuyá; con el objetivo de innovar e incursar en el mercado mediante la elaboración de esta bebida alcohólica. Además de evaluar su contenido alcohólico, pH, acidez y turbidez que garanticen la calidad del producto. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial A\*B. Los factores estudiados fueron: Factor A (porcentaje de sorgo – porcentaje de cebada) y Factor B (porcentaje de pulpa de maracuyá), correspondiendo a 9 tratamientos con 2 réplicas, generando 18 unidades experimentales. El estudio se realizó mediante ADEVA y pruebas de TUCKEY, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS; y para el tratamiento de las diferencias significativas de los niveles se aplicó la prueba de Tukey. Es así como se logra evidenciar diversas incidencias durante el proceso de obtención de la cerveza de sorgo, tales como la influencia en el tiempo de remojo, el rango de humedad y la temperatura propicia para la germinación y luego de adicionar la malta pale ale y la fruta; consultando la apreciación sensorial del producto.

**Palabras clave:** bebida alcohólica, lúpulo, levadura, maduración.

## ABSTRACT

This research is focused on the elaboration of an artisan beer, using barley and sorghum as malted cereals; due to its high starch content and nutritional properties, adding passion fruit pulp; with the objective of innovating and entering the market through the elaboration of this alcoholic beverage. In addition to evaluating its alcohol content, pH, acidity and turbidity that guarantee the quality of the product. A completely randomized experimental design of blocks with factorial arrangement A\*B was used. The factors studied were: Factor A (percentage of sorghum - percentage of barley) and Factor B (percentage of passion fruit pulp), corresponding to 9 treatments with 2 replications, generating 18 experimental units. The study was carried out through ADEVA and TUCKEY tests, using the statistical software STATGRAPHICS; and for the treatment of significant differences in levels, Tukey's test was applied. This way, it is possible to evidence several incidences during the process of obtaining the sorghum beer, such as the influence in the soaking time, the humidity range and the temperature propitious for the germination and after adding the malt pale ale and the fruit; consulting the sensory appreciation of the product.

**KEYWORDS:** alcoholic beverage, hop, yeast, maturation.

## INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida alcohólica fermentada a base de cereales malteados, lúpulo y levadura. En la actualidad a nivel mundial, muchos de los elaboradores de cervezas artesanales recurren en añadir nuevos aditivos a la mezcla, o cereales poco convencionales, dando origen a cervezas con frutas, con chiles picantes, ahumadas, entre otras innovaciones; a la vez modificando de manera superficial la definición del producto, pero manteniendo su característica de origen. Respecto al proceso de elaboración es una habilidad que se ha desarrollado desde tiempos remotos, posicionando de tal forma a una gran pluralidad de procesos que se distinguen por las técnicas aplicadas durante la elaboración, originando dos clasificaciones de cerveza, las cervezas industriales y cervezas artesanales.

En el Ecuador el mercado de la cerveza artesanal es reciente en su producción y comercialización; debido a que las regulaciones, impuestos y permisos resultan exagerados para este tipo de producción, no hace diferenciación entre las economías de escala y los volúmenes de ventas, por lo cual es un obstáculo para los emprendedores

microcerveceros debido a que esta especialización genera un muy alto valor agregado para sus consumidores, y requiere de inversiones muy específicas y de costes que no tiene la estandarización. Según (Jaramillo, 2016) menciona que “el principal obstáculo que enfrentan los cerveceros artesanales son los altos costos de los impuestos. En el Ecuador no se produce malta, lúpulo ni cebada cervecera, y existen aranceles altos para importar estos materiales primordiales para la producción de cerveza”. Debido a la similitud de propiedades de la cebada y el sorgo, puede ser otra alternativa en reemplazo para la producción de cerveza artesanal.

En esta investigación, se espera obtener una alternativa no tradicional en la elaboración de cerveza artesanal, la misma que presenta una producción creciente en ciertas ciudades del país, siendo normalmente elaborada mediante la mezcla de varios cereales como cebada, maíz, arroz entre otros. Sin embargo, existen otras materias primas que se pueden utilizar tales como patata, malanga, quinua, centeno, y el sorgo; estas opciones deben ser consideradas para realizar los correspondientes procesos y verificar si resultan aceptables por los consumidores y rentables para los productores.

Al ser el sorgo un grano similar a la cebada pero del cual resulta menos costosa su producción; y al ser factible encontrarlo en cultivos en nuestro país en zonas tales como Manabí, Los Ríos, Santa Elena; aunque no se ha fomentado su producción en grandes masas, se puede utilizar dentro de la elaboración de productos que lo incluyan, como en el caso de la cerveza artesanal, buscando a la vez que sea del agrado de quienes gustan de éste tipo de productos, incluso con aditamentos de frutas como la maracuyá, u otros.

El objetivo consiste en evaluar el malteado y la fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima; que mediante la operación de malteado se logra obtener la germinación del grano, con la finalidad de acelerar las enzimas que transformarán los almidones en azúcares para realizar una cerveza artesanal a la que se le incluya un sabor frutal, tropical y refrescante, otorgado por la maracuyá, permitiendo de esta manera ofrecer una

bebida atrayente al consumidor.

## 1. METODOLOGÍA

Se utilizó sorgo (*Sorghum vulgare*), lúpulo cascade, malta pale ale, agua, maracuyá, clarificante Whirfloc, levadura Windsor, dextrosa monohidratada. En cuanto los reactivos utilizados para los análisis se emplearon hidróxido de sodio 0.1N, Fenolftaleína, agua destilada, Alcohol al 70 %.

En esta investigación se aplicó 2 arreglos factoriales AxB, siendo el primero para la fase del malteado, con dos niveles en el factor A (Tiempo de remojo del sorgo), dos niveles en el factor B (Temperatura para la germinación). El segundo arreglo factorial AxB fue para la elaboración de la cerveza artesanal, con tres niveles en el factor A (% de sorgo + malta pale ale), tres niveles de (% de jugo de maracuyá); se utilizó la prueba Tukey aplicando el software estadístico STATGRAPHICS para diagnosticar los efectos entre cada uno de los tratamientos y niveles en cada fase respectiva.

**Tabla 1. Plan Experimental para el acondicionamiento del sorgo para el malteado**

Tratamiento	Descripción
1 a0b0	24 horas + 25 oC
2 a1b0	32 horas + 25 oC
3 a0b1	24 horas + 40 oC
4 a1b1	32 horas + 40 oC

**Tabla 2. Plan experimental para la elaboración de la cerveza tipo ale de sorgo**

Tratamiento	Descripción
1 a0b0	100% sorgo + 0% malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
2 a1b0	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
3 a2b0	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá
4 a0b1	100% sorgo + 0% malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
5 a1b1	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
6 a2b1	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 50% jugo de maracuyá
7 a0b2	100% sorgo + 0% malta pale ale + 25% jugo de maracuyá
8 a1b2	50% sorgo + 50% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá
9 a2b2	75% sorgo + 25% de malta pale ale + 25% jugo de maracuyá

Descripción del proceso del malteado del sorgo

Pesado y limpieza: se pesó 50 gramos de sorgo, seleccionando los granos viables y extrayendo los granos partidos.

Remojo: en esta etapa se sumergió los granos del sorgo en agua a temperatura ambiente por 24 y 32 horas en recipientes de plástico de 32 onzas, donde el agua se cambió regularmente cada 7 horas y agitando

levemente para estimular la oxigenación del grano y evitar que el embrión se ahogue; el remojo consiste en aumentar el contenido de humedad del grano.

Determinación de humedad luego del remojo: se pesó los granos luego de verter el agua, y se calculó el porcentaje de humedad de cada muestra mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad: } \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Germinación: se sometió los granos de sorgo

a la germinación en cámaras de incubación a

25oC y 40oC cubiertos durante 3-7 días controlando el brote del grano; se separó 100 granos de cada tratamiento para la determinación del grado de germinación. A todos los recipientes se les aplicó agua mediante un rociador para mantener el

contenido de humedad inicial.

Determinación del grado de germinación del grano de sorgo: se contó el número de granos germinados, donde se presencié el brote de la radícula. Para calcular este porcentaje se aplicó la respectiva fórmula:

$$\% \text{ grado de germinación: } \frac{\text{granos germinados}}{100 \text{ granos totales}} \quad (2)$$

Secado: el secado de la malta de sorgo se realizó en el secador industrial a temperatura a 50 °C para detener el crecimiento del embrión.

Desgerminación: se procedió a retirar y desechar las radículas de los granos germinados para la posterior molienda.

Descripción del proceso de cerveza artesanal de sorgo

Pesado y Molienda: se pesó 2kg de malta sorgo y 2kg de malta pale ale, procediendo a moler los granos con la finalidad de romper la cáscara del grano y separarlo del endospermo, para que se trituren y queden expuestos al proceso enzimático que se llevó a cabo en la maceración. Después del molido de la malta, se distribuyó la proporción de malta de sorgo y cebada para los 9 tratamientos, establecido en el diseño experimental.

Maceración de la malta sorgo: se calentó 2 litros de agua potable en una olla de acero inoxidable a 72 °C, agregando lentamente estas proporciones a cada respectivo tratamiento: (175 gramos de malta de sorgo); (131,25 gramos de malta sorgo y 43,75 malta pale ale); (87,50 gramos de malta sorgo y 87,50 malta pale ale).

Y removiéndolo para evitar la formación de grumos; se mantuvo entre 66-69 °C durante 60 minutos, produciendo una proporción normal de azúcares fermentables.

Cocción: se calentó el mosto hasta alcanzar la ebullición, retirando la espuma (contiene proteína). Se agregó 8 gramos de lúpulo dividido en tres tiempos, tomando como cuenta regresiva desde el inicio del hervor.

Enfriado: se enfrió el mosto hasta alcanzar una temperatura de 20 °C aplicando manualmente la técnica whirlpool, que

consiste en crear un remolino, acumulando las partículas y los sólidos del mosto en el centro del recipiente.

Filtrado: se realizó el filtrado del mosto utilizando una malla para la retención de las micropartículas disueltas.

Fermentación: en esta operación consiste verter las diversas proporciones de mosto en los fermentadores añadiendo las levaduras; que convertirá los azúcares del mosto en alcohol, se almacenó a 15 °C durante 5 días.

Maduración: una vez finalizada la fase de fermentación se realizó el cambio de fermentador, con la finalidad de descartar toda la cama de levaduras que se formó en el fermentador dejando reposar el mosto antes de su embotellado. Esta operación duró alrededor de una semana, almacenada a refrigeración lo cual ayuda a la clarificación del líquido.

En esta fase se agrega la proporción de jugo de maracuyá a la cerveza, se agregó de la siguiente manera: 50% de jugo de maracuyá a los tratamientos a0b1, a1b1, a2b1; y 25% de jugo de maracuyá a los tratamientos a0b2, a1b2, a2b2.

Envasado: se realizó en botellas de vidrio de 330 ml, previamente sometidas a la esterilización; luego se llenó todos los

envases y se mantuvo en refrigeración.

Análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal aplicados a los diversos tratamientos

pH: se utilizó 100 ml de cada tratamiento en un vaso de precipitación, introduciendo el pHmetro en la muestra y alrededor de varios segundos se obtuvo el valor.

Turbidez: se llenó el envase del 2100AN TURBIDIMETER con la muestra de cerveza a 20 °C de cada respectivo tratamiento, y se agitó para así poder desgasificar la cerveza. A continuación, se introdujo el envase dentro del equipo oprimiendo “Enter”, durante 60 segundos de la lectura se obtuvo el resultado expresado en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Acidez: se midió 10 ml de la muestra, y se adicionó 50 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 500ml acompañado de 3 gotas de fenolftaleína.

Se utilizó hidróxido de sodio al 1 % para la titulación, luego de añadir este reactivo se procede a agitar el matraz hasta que se presencia una coloración rosada.

Luego se procedió a calcular la acidez expresada como % de ácido láctico mediante esta fórmula:

$$Acidez (\% \text{ ácido láctico}) = \frac{V_{NaOH} * N * PE}{V_m} * 100 \quad (3)$$

Donde: VNaOH: Volumen consumido de la muestra; NNaOH= Normalidad de la solución (0.1); PE= Peso equivalente del ácido acético (0.009); Vm= Volumen de la muestra.

Grado alcohólico: se utilizó una probeta en la

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la prueba de significación (Tukey  $p < 0.05$ ) con respecto a los factores de estudio

cual se adicionó 100 ml de cada tratamiento de cerveza, y se introdujo el alcoholímetro dejando que éste flote en el centro, y así se realizó la lectura de la graduación alcohólica.

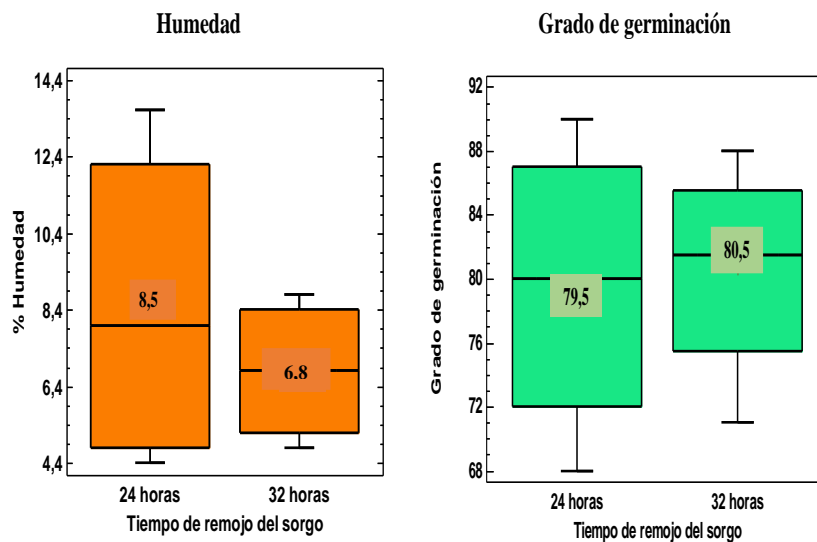
para los análisis fisicoquímicos de la malta de sorgo.

**Tabla 3. Factor A (Tiempo de remojo del sorgo)**

Factor A	% Humedad	Grado de germinación
A0 24 horas	8,50	A 79,50
A1 32 horas	6,80	A 80,50

**Tabla 4. Factor B (Temperatura para la germinación)**

Factor B	% Humedad	Grado de germinación
B0 25 °C	8,70	A 78,75
B1 40 °C	6,60	A 81,25



**Figura 1.** Resultados de las diferencias de las medias entre el Tiempo de remojo del sorgo (24 y 32 horas) de la prueba de significación *Tukey* ( $p \leq 0,05$ ). 1. Humedad; 2. Grado de germinación

Fuente: elaboración propia

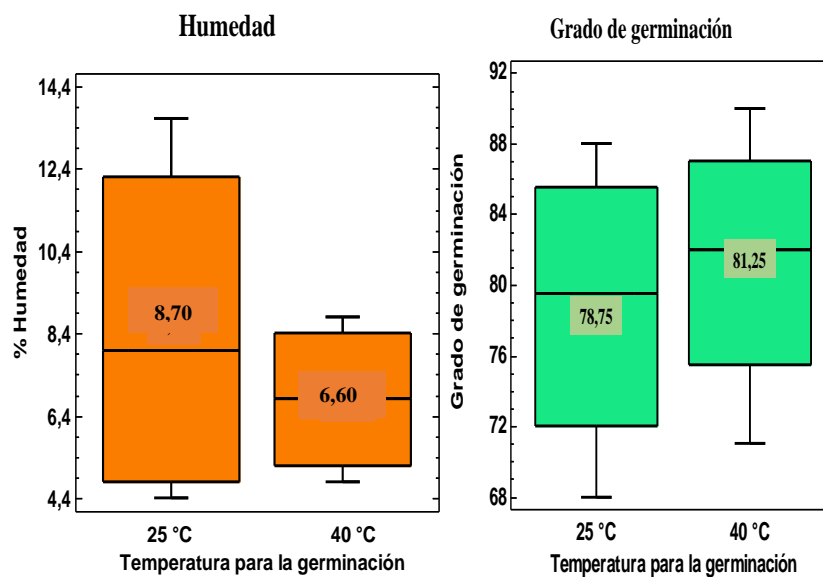


En la figura 1 no se observó diferencia significativa en el porcentaje de humedad del sorgo luego del secado, donde el tiempo de remojo del grano a 24 horas presentó el valor de 8,50 (a0), seguido del tiempo de remojo del grano a 32 horas que obtuvo un valor de 6,8 (a1). Tampoco se encontró diferencia significativa entre las medias del grado de germinación con valores de 79,50 (a0) y 80,50 (a1).

French y McRuer 1990, expresaron que “al transcurrir el tiempo de remojo del grano, este crece a causa de la absorción del agua, razón de la cual el objetivo primordial es alcanzar un porcentaje de humedad inicial en un intervalo de 40 – 45 % que es lo que reporta para la malta de cebada” (Gallardo Aguilar et al., 2018). Dado a que, en este proceso del acondicionamiento, radica que el grano de sorgo de paso a la germinación, consistiendo en el crecimiento del embrión y el desarrollo de las enzimas alfa y beta

amilasas, las cuales son requeridas en el malteado; siendo así que durante el secado se obtengan humedades inferiores al 5 % para continuar con la maceración en la elaboración de la cerveza.

Para lograr un contenido de humedad por debajo del 5%, esto dependerá del tipo de malta que se desea obtener, y el tiempo de secado que se aplicará; el objetivo en cuanto al secado es eliminar el exceso de humedad, evitar un mayor crecimiento y modificación, para obtener un producto seguro que se pueda almacenar y transportar, preservar las enzimas y así evitar la vitrificación del grano, conjuntamente desarrollar y mejorar propiedades como el sabor y color, eliminar los sabores no deseados e impedir la formación de compuestos químicos no deseados y secar los brotes para eliminarlos (Gallardo Aguilar et al., 2018).



**Figura 2.** Resultados de las diferencias de las medias entre la Temperatura de germinación del sorgo (24 y 32 horas) de la prueba de significación Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 1. Humedad; 2. Grado de germinación  
Fuente: Elaboración propia

Se observó en la figura 2 que no existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad del sorgo luego del secado, teniendo como valor alto 8,70 (b0) y el más bajo 6,60 (b1); mientras que en el grado de germinación del sorgo no se observó diferencia significativa y presentó valores de 78,75 (b0) y 81,25 (b1). Reyes Fuentes 2013, señaló que “el objetivo es fomentar el desarrollo y crecimiento del embrión del grano para conseguir la modificación requerida del grano y desarrollo de las enzimas”. Se sugiere la germinación del sorgo a 25 y 30 °C para el desarrollo de un buen poder diastásico (Gallardo Aguilar et al., 2018). De acuerdo a lo mencionado por Palmer et al. 1989 quienes señalaron que “la germinación involucra el brote de raicillas de las semillas

hasta llegar a las enzimas adecuadas que degradan el almidón”, por otra parte (Antonio-Estrada et al., 2009), señalaron que en la germinación se logran obtener alfa-amilasas y la beta-amilasas, enzimas diastasas que degradan el almidón de los granos (Gallardo et al., 2013). Por consiguiente, se pretende encontrar un método que dé mayor rendimiento en el brote del grano para el malteado, optimizando tiempo y recursos, con la finalidad de que la malta cumpla con los parámetros de adecuación para la posterior fermentación.

Resultados de la prueba de significación (Tukey  $p < 0.05$ ) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos de la cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima.

**Tabla 5. Factor A (% Sorgo+ % malta pale ale)**

Factor A	Grado alcohólico		pH		Acidez		Turbidez	
a0	5,06	A	4,37	B	0,2322	A	5,30	C
a1	6,13	C	4,38	B	0,3474	C	3,59	B
a2	5,528	B	4,02	A	0,2812	B	2,03	A
							1	

**Tabla 6. Factor B (% de jugo de maracuyá)**

Factor B	Grado alcohólico		pH		acidez		Turbidez	
b0	5,116	A	4,84	C	0,27	A	4,258	B

b1	5,66	B	3,856	A	0,28	B	3,43	A
b2	5,88	C	4,085	B	0,29	B	3,24	A

**Tabla 7. Interacciones AxB**

Interacciones	Grado alcohólico	pH	Acidez	Turbidez
a0b0	4,10 A	4,91 D	0,21 A	7,14 D
a0b1	5,10 B	3,96 BC	0,27 C	4,67 C
a0b2	6 CD	4,26 C	0,22 AB	4,10 BC
a1b0	5,0 B	4,93 D	0,39 F	4,14 BC
a1b1	7 E	4,07 BC	0,31 D	3,98 BC
a1b2	6,40 DE	4,17 C	0,35 D	2,67 AB
a2b0	6,25 D	4,71 D	0,24 B	1,49 A
a2b1	4,90 B	3,55 A	0,31 D	1,65 A
a2b2	5,50 BC	3,83 AB	0,29 D	2,96 ABC

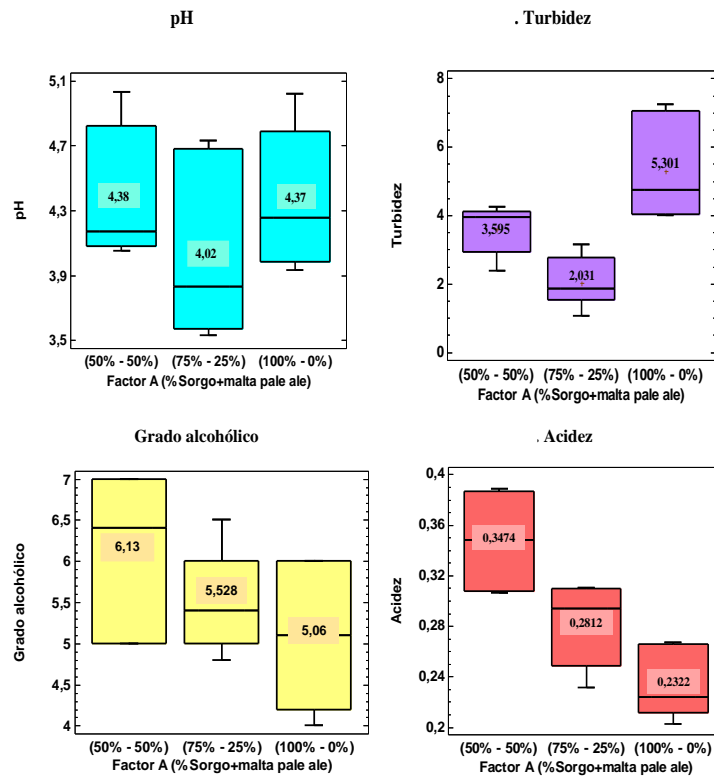


Figura 3. Resultados de las diferencias de las medias entre el % de sorgo + % de malta pale ale de la prueba de significación Tukey ( $p \leq 0,05$ ) pH; turbidez; grado alcohólico; acidez  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se mostró en el pH diferencia significativa, ubicando el valor más alto 4,38

para a1 (50 % de sorgo + 50 % malta pale ale) y el valor más bajo 4,02 se encontró en a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale). En cuanto a la turbidez el valor más alto 5,30 se obtuvo en a0 (100 % de sorgo) y como valores más bajos se posicionó 3,595 en a1 (50 % de sorgo + 50 % malta pale ale) y 2,031 en a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale).

Se evidenció diferencia significativa en el grado alcohólico de la cerveza, donde el valor más alto fue de 6,13 para a1 (50 % de sorgo + 50 % malta pale ale); y los valores más bajos para a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale) con 5,528 y 5,06 para a0 (100 % de sorgo); estos valores presentados dependen de la proporción de los carbohidratos presentes en cada uno de los cereales utilizados influenciados por la acción de la levadura Windsor que puede fermentar cervezas de hasta un 9 % de volumen de alcohol; para “Novellie 1960, la malta de sorgo es rica en alfa-amilasa con solo de 18 a 39 % de actividad sacarífica por su beta-amilasa; debido a que esta es una característica primordial para la destilación”(Hahn et al., 2004). Asimismo,

(Vicente, 2013) manifiesta que la cantidad y el tipo de alcoholes producidos están sujetos de los azúcares fermentables en el mosto, la temperatura de fermentación y levadura utilizada; estos azúcares fermentables estarán controlados por la cantidad, el tiempo y la temperatura de acción de la glucoamilasa del sorgo malteado.

En cuanto a la acidez total, expresado como ácido láctico; en a0 (100 % de sorgo + 0 % malta pale ale) se obtuvo un valor de 0,2322 y para a2 (75 % de sorgo + 25 % malta pale ale) fue de 0,2812 los cuales están dentro de los parámetros establecidos por la NTE INEN 2262:2013, en donde indica que la acidez total máxima es de (0,3); tomando en cuenta que en a1 (50 % de sorgo + 50 % malta pale ale) presenta un valor mínimamente superior de 0,3474, no obstante este valor no implica un riesgo en la salud de los consumidores.

Resultados con respecto al Factor B (% de jugo de maracuyá)

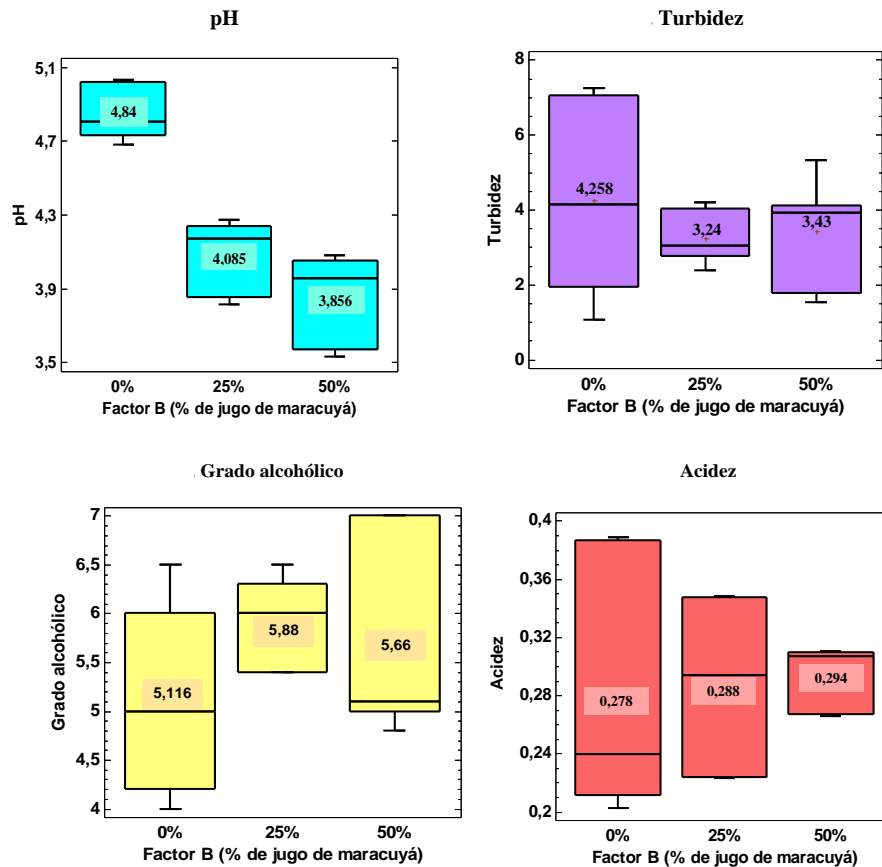


Figura 4. Resultados de las diferencias de las medias entre el % de jugo de maracuyá de la prueba de significación Tukey ( $p \leq 0,05$ ) pH; turbidez; grado alcohólico; acidez  
Fuente: Elaboración propia

Tal como se mostró en la figura 4 la diferencia significativa del pH, ubicando el valor más alto 4,84 para b0 (0%), y el más bajo 3,856 en b1 (50%). Seguidamente en la turbidez el valor más alto 4,258 fue en b0 (0%) y como valor más bajo se posicionó 3,43 en b2 (25%); en este punto influye el filtrado y la adición del clarificante para la apreciación de la cerveza.

Se demostró la diferencia significativa en el grado alcohólico de la cerveza artesanal tipo ale, colocándose como el valor más alto 5,88 en b2

(25%); y los valores más bajos 5,66 para b1 (50%) y 5,116 en b0 (0%); de acuerdo a lo estipulado por la NTE INEN 2262:2013 no se demostró que en estos niveles sobrepasen el rango máximo permitido. En cuanto a la acidez total en el b1 (50%) se obtuvo un valor de 0,294 y en b0 (0%) fue de 0,278; podemos afirmar que están dentro de los parámetros establecidos por la NTE INEN 2262:2013.

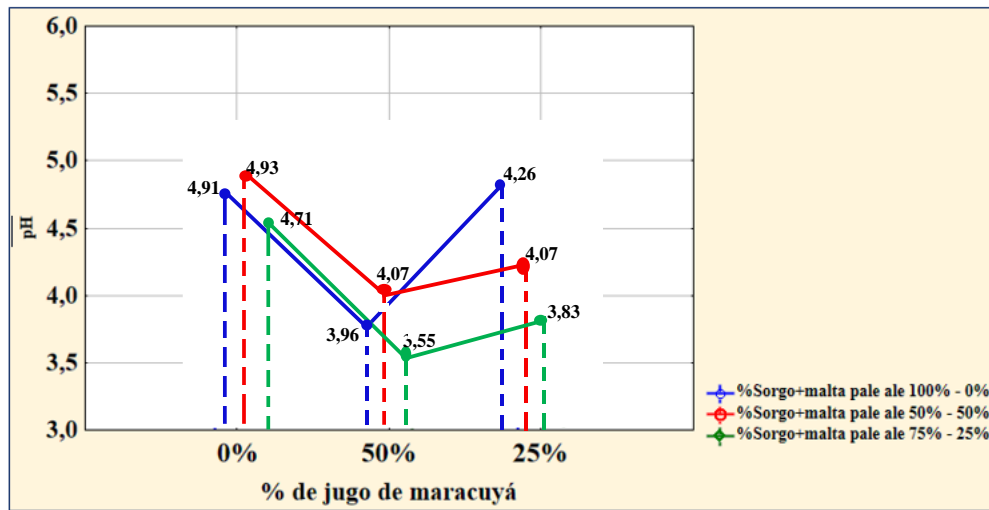


Figura 5. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A\*B de la prueba de significación Tukey ( $p \leq 0,05$ ) respecto al pH  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 la interacción A\*B se presenció en base al análisis de pH, obteniéndose como valor más alto en a1b0 (4,93) y a0b0 (4,91) los cuales superan mínimamente el rango máximo permitido por la NTE INEN 2262:2013; mientras que el valor más bajo (3,55) corresponde a la interacción a2b1 (75% de sorgo + 25% de malta pale ale + 50% de jugo de maracuyá); los rangos encontrados se asemejan con el promedio de pH de la cerveza obtenido por (Luján Corro & Vásquez Villalobos, 2010) que fue de 3,9013 el cual se apega dentro de la Norma Técnica de Cerveceros

Latinoamericanos, que indica que el pH debe estar entre los valores de 3,0 a 4,80. (Suárez Díaz, 2013) menciona que el pH es un elemento de suma importancia en la fermentación, ya que proporciona control contra la contaminación bacteriana, a su vez el crecimiento de levadura, la velocidad de fermentación y la producción de alcohol; el cambio de pH durante la fermentación se debe a la conversión de aminoácidos debido a la pérdida de nitrógeno, que se convierte en ácidos, lo que conduce a una disminución del pH.

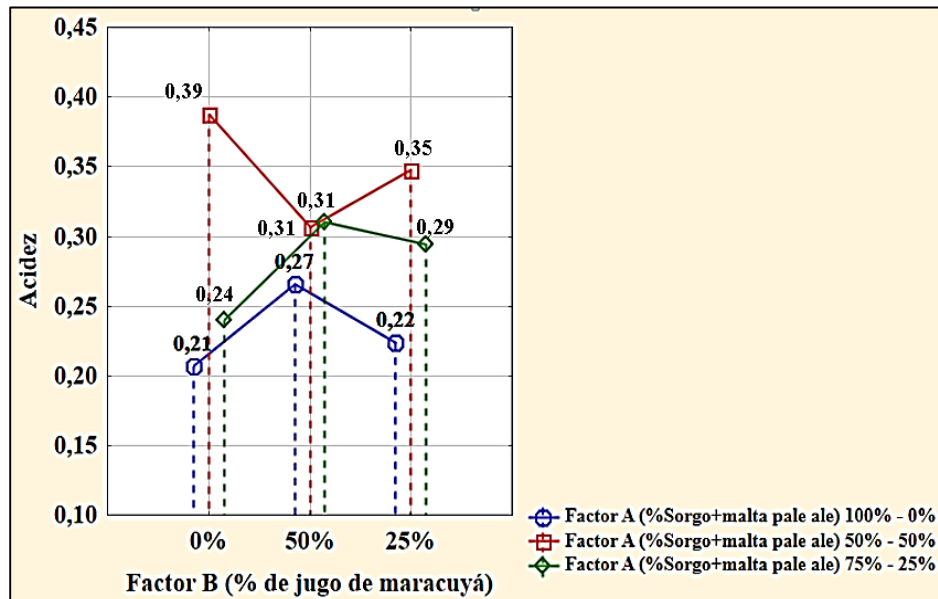


Figura 6. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A\*B de la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ) respecto a la acidez  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se presencié la interacción de los factores A\*B en base al análisis de acidez, obteniéndose como valor más alto 0,39 en la interacción alb0 (50% de sorgo + 50% malta pale ale + 0% de jugo de maracuyá);

Mientras que el valor más bajo 0,21 corresponde a la interacción (100% de sorgo + 0% de malta pale ale + 0% jugo de maracuyá). Notablemente en el análisis de acidez, se obtuvo resultados entre 0,21 hasta 0,39, se tomó en cuenta que el valor máximo permitido por la norma es 0,30 (INEN, 2013).

En el estudio sobre la elaboración de cerveza

amber ale de alta fermentación saborizada y aromatizada con frutas y plantas aromáticas ecuatorianas por (Galarza Vera, 2018), señaló que obtuvo valores en los que sobrepasó el rango permitido por la NTE INEN 2262:2013 y sustenta que debido a la presencia de bacterias lácticas, el porcentaje de acidez de las formulaciones supera el límite máximo establecido en la norma. Mientras que (García Garibay et al., 2004) indican que el ácido láctico se emplea para conservar los alimentos, por lo que no incide de manera negativa para la salud de los consumidores.

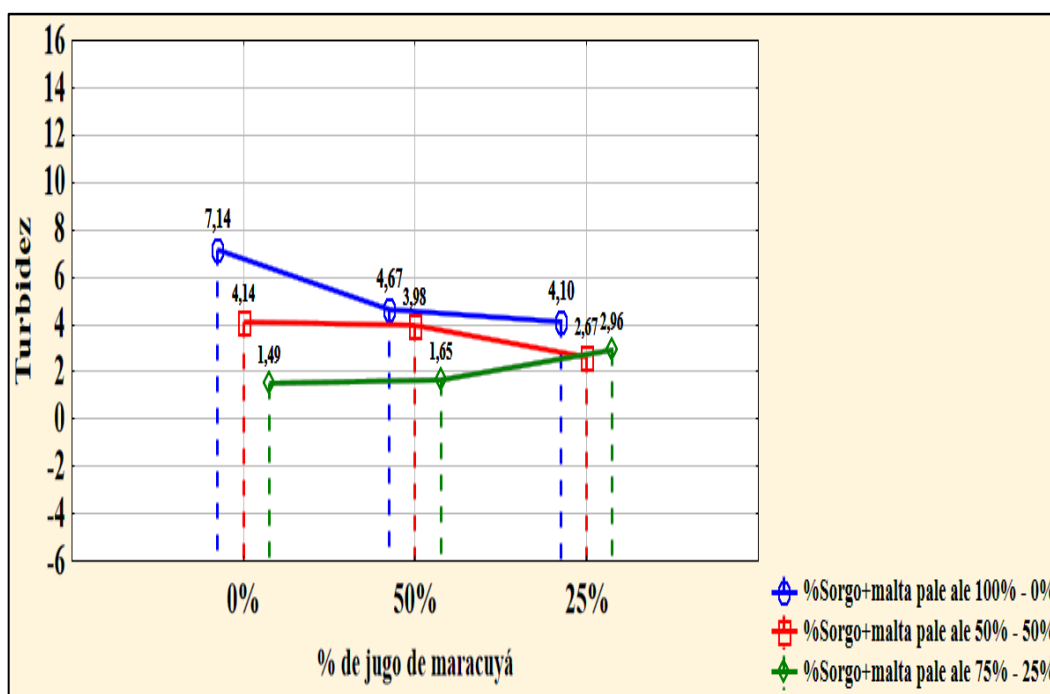


Figura 7. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A\*B de la prueba de significación Tukey ( $p \leq 0,05$ ) respecto a la turbidez  
Fuente: Elaboración propia

Se refleja en la figura 7 la interacción A\*B en función de la turbidez, obteniéndose como valor más alto 7,14 en la interacción a0b0 (100% de sorgo + 0% de jugo de maracuyá); mientras que el valor más bajo 1,49 corresponde a la interacción a2b0 (75% de sorgo + 25% de malta pale ale + 0% de jugo de maracuyá). En lo que concierne a los valores de referencia, no existe en la NTE INEN 2262:2013 valor alguno que nos indique los rangos mínimo y máximo relativo a la turbidez, por consiguiente, no se puede indicar si los valores obtenidos están dentro o no de un rango establecido; cabe enfatizar que la presencia de sólidos en suspensión en las muestras podría afectar a la

apreciación visual del consumidor debido a la tonalidad y apariencia que esta puede representar. La turbidez de la cerveza se da como consecuencia de los taninos que son encontrados en las cáscaras del grano y en cuanto a la proteasa que están en el endospermo (Gigliarelli, 2016).

(Vicente, 2013) menciona que una bebida de sorgo fermentada debe ser clara y brillante, y la turbidez puede deberse tanto a los materiales utilizados como a los defectos de fabricación. La filtración ineficaz del mosto después del macerado puede provocar turbidez debido a las partículas en suspensión; para lo cual se debe recircular el mosto hasta obtener un filtrado



cristalino. En cuanto a la ebullición (adicionado de lúpulo) durante períodos de tiempo muy cortos, se produce turbidez porque las proteínas no precipitan. Además, una de las causas de la turbidez se debe al crecimiento de bacterias lácticas y levaduras naturales.

En referencia a lo publicado por (Gigliarelli, 2016) señaló que con una cepa de floculación baja, la cerveza transferida contendrá demasiadas células de levadura, la fermentación secundaria será demasiado rápida, pero la clarificación será más difícil ya que la levadura tardará más en decantarse. En cambio, con una

cepa de floculación alta, se transferirá muy poca levadura del fermentador al madurador, y la fermentación secundaria no se completará a menos que se agreguen otros materiales fermentables o retornando aire a la cerveza, lo cual implica también un riesgo esta última acción. Por esta razón, con el objeto de obtener una cerveza clarificada se optó por la adición del Whirfloc para flocular las proteínas y polifenoles, en tal sentido perfeccionar la claridad de la cerveza y su estabilidad luego del envasado.

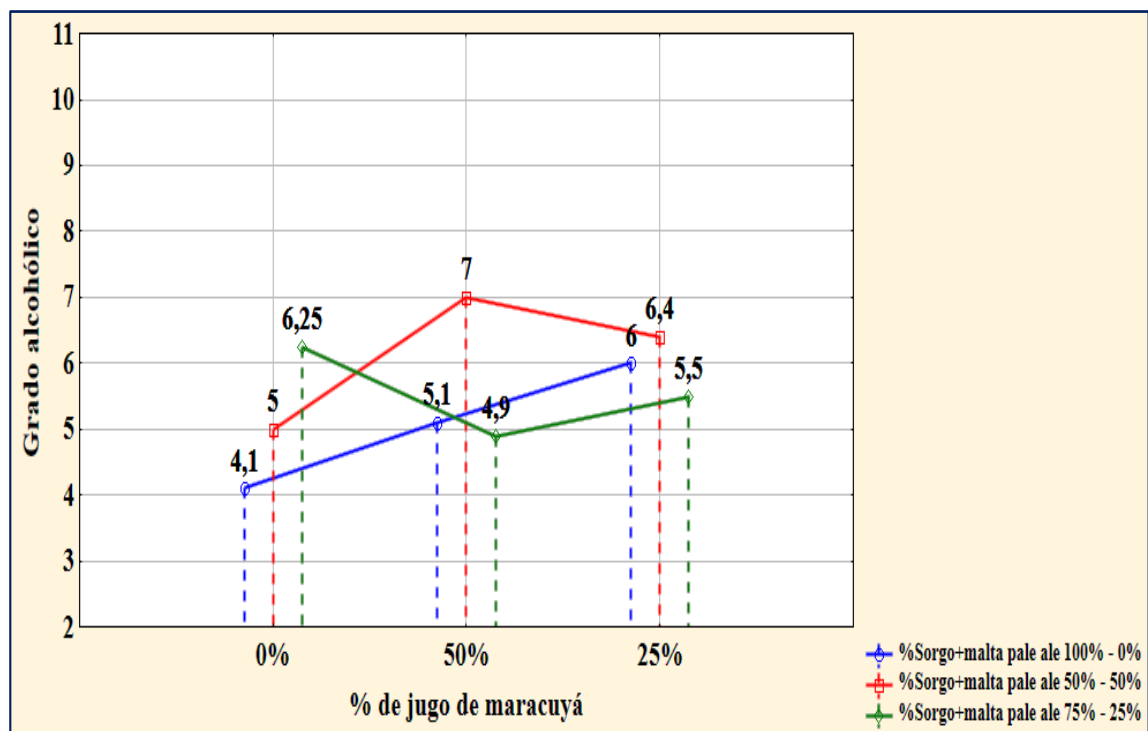


Figura 8. Resultados de las diferencias de las medias de la interacción A\*B de la prueba de significación Tukey ( $p \leq 0,05$ ) respecto al grado alcohólico  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se refleja la interacción de los factores A\*B en función del grado alcohólico,

obteniéndose como valor más alto 6,40 en la interacción a1b2 (50% de sorgo + 50% malta

pale ale + 50% de jugo de maracuyá); mientras que el valor más bajo 5,0 corresponde a la interacción a1b0 (50% de sorgo + 50% de malta pale ale + 0% de jugo de maracuyá).

Por consiguiente, en los valores presentados en la respectiva interacción, se demostró que los 9 tratamientos se rigen dentro del rango establecido 2,0 – 5,0 por la NTE INEN 2262:2013. De allí se destacó el poder de la levadura Windsor British Style Beer Yeast en la

fase de fermentación de la combinación del (50% de malta de sorgo y 50% malta pale ale), sumado un 50% de jugo de maracuyá; se obtuvo de esta manera un grado alcohólico de (7,0), tomando en consideración que en este proceso se obtuvo un extracto fermentable característico de una Pale Ale o Bitter, y cumple con los atributos que requiere una cerveza de dicho estilo.

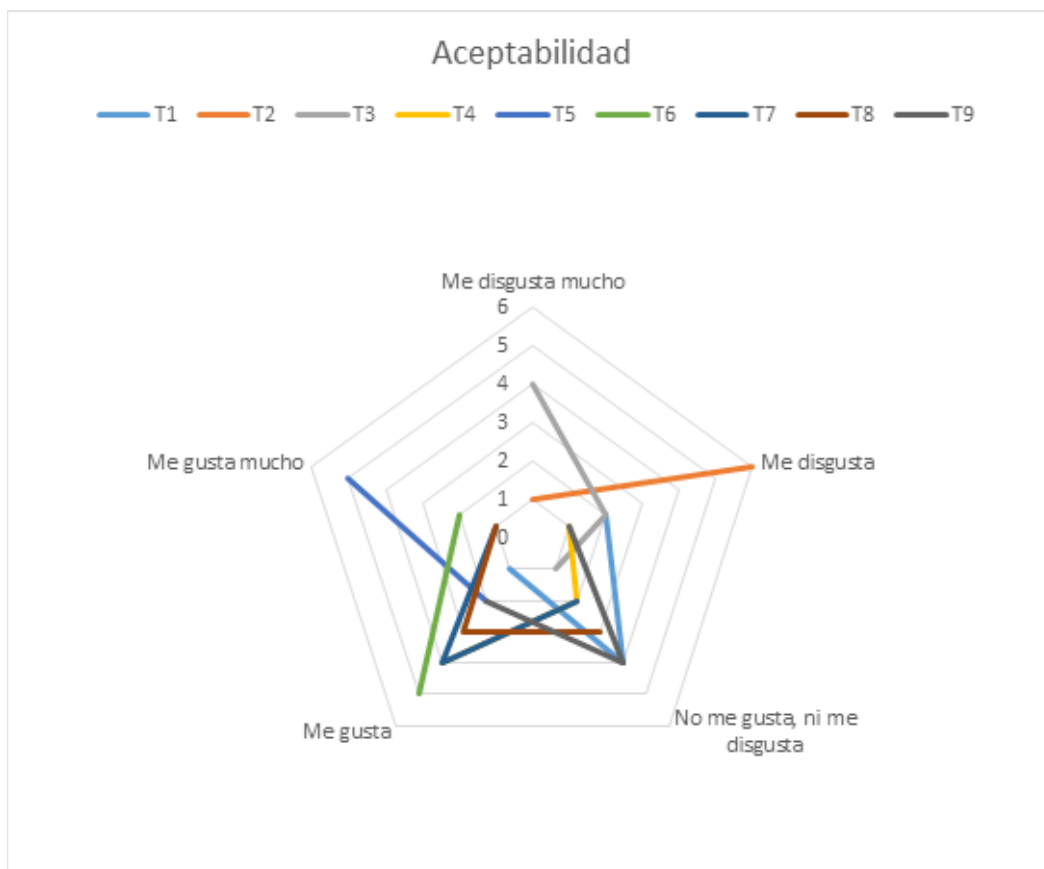


Figura 9. Resultados de la aceptabilidad general correspondiente de cada uno de los tratamientos  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al criterio de aceptabilidad de los

encuestados, se obtuvo los siguientes datos:

como Me disgusta mucho fue considerado el T3 por 2 ocasiones; Me disgusta recayó por 4 veces en el T2; como No me gusta, ni me disgusta fue considerado en igual medida el T1 y el T4 por 4 ocasiones c/uno; Me gusta fue considerado el T7 por 4 ocasiones; al T5 se considera como Me gusta mucho por 5 veces.

Como puede inferirse en los resultados obtenidos mediante la escala hedónica para la aceptabilidad después de la degustación de la cerveza, el personal evaluador indicó, en mayor escala al T3 en la categoría 1 (me disgusta mucho), el T2 se posicionó en la categoría 2 (me disgusta), T1 y T4 obtuvieron la mayor puntuación en la categoría 3 (ni me gusta, ni me disgusta), en cuanto a T5 y T6 promedian un mayor favoritismo entre las categoría 4 (me gusta) y 5 (me gusta mucho), siendo T5 el que observa mayor puntuación en la categoría de mayor aceptabilidad. Se debe indicar que los T7, T8, T9 se encontraron promediado entre las categorías 3 (ni me gusta, ni me disgusta) y 4 (me gusta).

### 3. CONCLUSIONES

La influencia del tiempo de remojo en el grano de sorgo es fundamental, debido a que se necesita que alcance un rango alrededor del 45% de humedad previo a la germinación, de tal modo se fijó que todas las muestras se aproximen u alcancen el parámetro requerido para la fase de germinación que conlleva al crecimiento del embrión.

Se determinó que el aplicar una temperatura de 40 oC en la germinación, facilita el brote del embrión en menos tiempo que el acondicionamiento a 25 oC; se tomó en consideración el crecimiento excesivo que puede existir en la muestra y la contaminación por mohos debido a la presencia de agua que se rocío para mantener húmedo el grano; para lo cual debe controlarse cada 6 horas observando la actividad de crecimiento de la radícula del sorgo hasta alcanzar las 3/4 partes del tamaño del grano. En esta fase el objetivo primordial fue el grano de sorgo obtenga la mayor cantidad de azúcares fermentables y los nutrientes básicos para la levadura.

En cuanto a la adición del jugo de maracuyá en el mosto de la cerveza, caracterizó un aroma suave y sabor amargo agradable según la apreciación sensorial por los catadores; para (Vicente, 2013) enfatizó que “los alfa ácidos del lúpulo durante la ebullición de mosto se isomerizan, siendo estos productos los responsables del sabor amargo”. Cabe recalcar que la finalidad de la adición del jugo de maracuyá es complementar las características fermentables del mosto de sorgo durante la maduración para intensificar sus atributos organolépticos y que éste de un toque de originalidad a la mezcla, que es percibida en el paladar de cada consumidor.

Se recomienda el uso del sorgo como malta para la elaboración de cerveza artesanal, tomando en cuenta los factores extrínsecos al momento del

acondicionamiento del grano; en cuanto a la fermentación del mosto de sorgo se sugiere añadir mezclas de adjuntos como maltas con características no tradicionales; y que al realizar las combinaciones con frutas, se tome en cuenta su estado fisiológico para la posterior adición en la cerveza y a su vez examinar que se cumplan con los parámetros establecidos en la NTE INEN 2262:2013.

## REFERENCIAS

- [1]. French, B. J., & McRuer, G. R. (1990). MBAA TQ - Malt quality as affected by various steep aeration regimes. *Master Brewers Association of the Americas*, 27, 10–14. <https://www.mbaa.com/publications/tq/tqPastIssues/1990/Abstracts/tq90ab03.htm>
- [2]. Galarza Vera, A. (2018). Elaboración de cerveza amber ale de alta fermentación saborizada y aromatizada con frutas y plantas aromáticas ecuatorianas [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15790/1/T-UCE-0008-CQU-015.pdf>
- [3]. Gallardo Aguilar, I., Boffill Rodríguez, Y., Rega López, L., Pino Hurtado, M., Rodríguez Padrón, Y., & Pérez Pentón, M. (2018). Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo udg-110 en la elaboración de bebidas para enfermos celíacos. *Scielo*, 2. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612018000200005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612018000200005&script=sci_arttext&tlng=pt)
- [4]. Gallardo, I., Boffill, Y., Ozuna, Y., Gómez, O., Pérez, M., & Saucedo, O. (2013). Producción de bebidas usando sorgo malteado como materia prima para enfermos celíacos. *Avances En Ciencias e Ingeniería-ISSN*, 4(1), 61–73. [http://www.exeedu.com/publishing.cl/av\\_cienc\\_ing/61](http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/61)
- [5]. García Garibay, M., Quintero Ramírez, R., & López Munguía, A. (2004). *Biología Alimentaria*. Limusa Grupo Noriega. [http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/Biologia\\_Alimentaria-Libro.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/Biologia_Alimentaria-Libro.pdf)
- [6]. Gliarelli, P. (2016). La Maduración. *REVISTA MASH-Ciencia Cervecera*. <https://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=424>
- [7]. Hahn, R. R., Wall, J. S. ., & Ross,

- W. M. (2004, November). Usos del sorgo granífero en la alimentación humana y otros. *Agromercado*, 21–25. [delsorgo.pdf](#)
- [8]. INEN. (2013). NTE INEN 2262 - Bebidas alcohólicas (Cerveza). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2262-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf)
- [9]. Jaramillo, P. (2016). Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien. [https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy\\_pdfs/269\\_005.pdf](https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/269_005.pdf)
- [10]. Luján Corro, M., & Vásquez Villalobos, V. (2010). Control automático con lógica difusa de la producción de cerveza artesanal en las etapas de maceración y cocción. *Scientia Agropecuaria*, 1, 125–137. <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357633695003.pdf>
- [11]. Palmer, G. H., Etokakpan, O. U., & Igyor, M. A. (1989). Sorghum as brewing material. In *MIRCEN Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 5, Issue 3, pp. 265–275). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/BF01741756>
- [12]. Reyes Fuentes, S. A. (2013). Estudio de la producción de cerveza de sorgo y cebada, a escala de laboratorio, para la implementación de una Planta Piloto [Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas]. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/2147>
- [13]. Suárez Díaz, M. (2013). “Cerveza: componentes y propiedades” [Universidad de Oviedo]. [https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM\\_MariaSuarezDiaz.pdf;jsessionid=3B0DF87EA33EAF4DC1291D81EA9A026D?sequence=8](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_MariaSuarezDiaz.pdf;jsessionid=3B0DF87EA33EAF4DC1291D81EA9A026D?sequence=8)
- [14]. Vicente, F. (2013). Bebida Fermentada a base de sorgo. PROSAP PROCAL II. [https://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/procal/estudiosespeciales/2013/Bebida a base de sorgo.pdf](https://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/procal/estudiosespeciales/2013/Bebida%20a%20base%20de%20sorgo.pdf)