



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TEMA:
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA POR MAÍZ Y ARROZ
MALTEADOS SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y
SENSORIALES EN CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE-ALE**

**AUTORAS:
MENÉNDEZ VERA ADRIANA MARÍA
VERA CEDEÑO DOLORES MELANÍA**

**TUTOR:
ING. DAVID WILFRIDO MOREIRA VERA, Ph.D**

CALCETA, FEBRERO DE 2023

DECLARACIÓN DE LA AUTORÍA

Adriana María Menéndez Vera, con cédula de ciudadanía 1317127494 y Dolores Melanía Vera Cedeño, con cédula de ciudadanía 1351698954, declaramos bajo juramento que el trabajo de integración curricular titulado: **SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA POR MAÍZ Y ARROZ MALTEADOS SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SENSORIALES EN CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE-ALE** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. autoría

A través de la presente declaración, concedemos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



Adriana María Menéndez Vera
1317127494



Dolores Melanía Vera Cedeño
1351698954

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Adriana María Menéndez Vera, con cédula de ciudadanía 1317127494 y Dolores Melanía Vera Cedeño, con cédula de ciudadanía 1351698954, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA POR MAÍZ Y ARROZ MALTEADOS SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SENSORIALES EN CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE-ALE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



.....
Adriana María Menéndez Vera
1317127494



.....
Dolores Melanía Vera Cedeño
1351698954

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

David Wilfrido Moreira Vera certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA POR MAÍZ Y ARROZ MALTEADOS SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SENSORIALES EN CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE-ALE**, que ha sido desarrollada por Adriana María Menéndez Vera y Dolores Melanía Vera Cedeño, previo la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

David Wilfrido
Moreira Vera

Firmado digitalmente por David
Wilfrido Moreira Vera
Fecha: 2023.02.01 10:45:46 -05'00'

.....
DAVID WILFRIDO MOREIRA VERA
1306213750
TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el Trabajo de Integración Curricular titulado: **SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA POR MAÍZ Y ARROZ MALTEADOS SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SENSORIALES EN CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE-ALE**, que ha sido desarrollada por Adriana María Menéndez Vera y Dolores Melanía Vera Cedeño, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:
ELY FERNANDO SACÓN
VERA

.....
ELY FERNANDO SACÓN VERA
CC: 1309117636
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
ROSA IRINA GARCIA
PAREDES

.....
ROSA IRINA GARCÍA PAREDES
CC: 131077904-4
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO
JADAN PIEDRA

.....
CARLOS ALBERTO JADAN PIEDRA
CC:010291795-2
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A Dios, por guiar nuestro camino con conocimiento y sabiduría.

A nuestros padres por las enseñanzas y estar cada día brindándonos su apoyo en los nuevos procesos de la vida que nos enfrentamos.

A nuestro tutor el Ing. David Wilfrido Moreira Vera, la Ing. Katherine Cusme Loor por su enseñanza y guía en este proceso y a los miembros del tribunal la Dr. Ely Fernando Sacón Vera, Dr. Carlos Jadán Piedra, Ing. Rosa Irina García Paredes. Mgtr, por ser parte de esta experiencia y orientarnos siempre con el desarrollo de este trabajo.

También al Ing. Ernesto Valarezo Pita y Andy Palma, por permitirnos desarrollar nuestro proyecto de investigación en las instalaciones de su pequeña empresa de cervecería artesanal Madero Tosagua y por su orientación.

ADRIANA MENÉNDEZ Y MELANÍA VERA

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado en primer lugar a Dios, el cual me ha permitido cada paso y logro, manteniéndome fuerte y perseverante. A mis padres Ángela M. Vera y Manuel R. Menéndez, por su trabajo, por todas las horas de sueño que ellos sacrificaron por mí, por las lágrimas y alegrías que compartieron conmigo, por esa fe inquebrantable en mí y ese amor que me han regalado todos los días de mi vida.

A mis hermanas Yenny, Selena y Ana y mi cuñado Oscar, que han sido un pilar fundamental, demostrándome su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida. Hago mención a Junior Rodríguez por estar junto a mí en momentos de alegría y permanecer en los momentos difíciles.

A Betty Molina y Arístides Rodríguez por ser parte de mi vida, por el apoyo y afecto que me han brindado en las etapas que han estado presente.

A mis amigos, compañeros, profesores y demás personas que he conocido en mi vida y que creen en mí.

ADRIANA M. MENÉNDEZ VERA

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado primeramente a Dios por el don de la vida.

A mis padres Jacobito y María que son el pilar fundamental de mi vida, sin ellos no habría llegado hasta aquí.

A mis hermanos Karina, Janco y José, que me han enseñado mucho y también a mi hermano celestial Luchito que desde el cielo me da fortaleza para seguir adelante.

A mi novio, que sobre todo es mi mejor amigo, el cual ha estado en los buenos y peores momentos de mi vida.

A mis compañeros y profesores que se convirtieron en amigos durante mi etapa universitaria

A todos, mil gracias.

MELANÌA VERA CEDEÑO

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE LA AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE TABLAS	xi
CONTENIDO DE FIGURAS	xi
CONTENIDO DE FÒRMULAS	xi
RESUMEN	xii
PALABRAS CLAVE	xii
ABSTRACT	xiii
KEY WORDS	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. CERVEZA ARTESANAL	5
2.2. CERVEZA ALE	5
2.3. ADJUNTOS CERVECEROS	6
2.4. CEBADA	6
2.5. MAÍZ	7
2.6. ARROZ	8
2.7. LÚPULO	9
2.8. LEVADURA	10
2.9. AGUA	12
2.10. FERMENTACIÓN	12

2.11.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	13
2.11.1.	CONTENIDO ALCOHÓLICO	13
2.11.2.	PH	14
2.11.3.	ACIDEZ	14
2.12.	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	15
2.13.	COSTOS DE PRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO		18
3.1.	UBICACIÓN	18
3.2.	DURACIÓN	18
3.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	18
3.4.	FACTORES EN ESTUDIO	18
3.4.1.	NIVELES	19
3.4.2.	TRATAMIENTOS	19
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL	19
3.6.	UNIDAD EXPERIMENTAL	20
3.7.	VARIABLES A MEDIR	20
3.8.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	22
3.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		31
4.1.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE	31
4.2.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE FRENTE AL TESTIGO	37
4.3.	ANÁLISIS SENSORIAL DE UNA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE	39
4.4.	COSTO DE PRODUCCIÓN DE UNA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		45
5.1.	CONCLUSIONES	45
5.2.	RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA		46
ANEXOS		53

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Combinación de factores	19
Tabla 2. Esquema del ANOVA en DCA factorial	20
Tabla 3. Operalización de las variables	21
Tabla 4. Supuestos del ANOVA para variables en estudio	31
Tabla 5. ANOVA para los factores arroz m alteado*maíz malteado de la variable pH	31
Tabla 6. ANOVA para los factores arroz malteado*maíz malteado de la variable Acidez	33
Tabla 7. ANOVA para los factores arroz malteado*maíz malteado de la variable contenido alcohólico	34
Tabla 8. HSD de Tukey	35
Tabla 9. Prueba de Dunnett para las variables (pH, Acidez y contenido alcohólico)	37
Tabla 10. Rango promedio y prueba de Friedman para análisis sensorial.	39
Tabla 11. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo color.	41
Tabla 12. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo olor.	41
Tabla 13. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo sabor.	42
Tabla 14. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo amargor.	43
Tabla 15. Costo de producción por tratamiento por lote de 8 Kg de granos malteados	44

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Procesos del malteado de maíz y arroz	23
Figura 2. Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal	25
Figura 3. Gráfico de cajas y bigotes para los tratamientos de la variable pH	32
Figura 4. Gráfico de cajas y bigotes para los tratamientos de la variable Acidez	34
Figura 5. Gráfico de cajas y bigotes para los niveles del factor A de arroz malteado de la variable de contenido alcohólico	36
Figura 6. Gráfico de cajas y bigotes para los niveles del Factor B de maíz malteado de la variable de contenido alcohólico	36
Figura 7. Comparación de los tratamientos frente al testigo de la variable pH	37
Figura 8. Comparación de los tratamientos frente al testigo de la variable Acidez	38
Figura 9. Comparación de los tratamientos frente al testigo de la variable Contenido alcohólico	39

CONTENIDO DE FÒRMULAS

Ecuación 1. Contenido Alcoholico	20
Ecuación 2. Acidez	20

RESUMEN

La investigación tuvo como propósito evaluar los efectos físico-químicos y sensoriales del maíz y arroz malteados como sustitutos parciales de cebada en una cerveza artesanal tipo Pale-Ale. Los factores de estudio fueron: porcentaje de arroz malteado (20% y 30%), maíz malteado (10% y 20%) y un control (100% malta de cebada). Se aplicó un diseño experimental bifactorial AxB completamente al azar (DCA) con tres repeticiones más un control, resultando 18 corridas experimentales. Las variables evaluadas fueron: pH, acidez, contenido alcohólico y calidad sensorial (color, olor, sabor y amargor). En las variables pH y acidez ($p > 0,05$) entre tratamientos. Para la variable contenido alcohólico ($p < 0,05$) entre tratamientos, se obtuvo valores entre 4,59% (T4) y 6,38% (T2). De acuerdo al análisis estadístico de las variables fisicoquímicas con Dunnett T1, T2, T3 y T4 resultaron altamente significativas respecto al control T5. La calidad sensorial, resultaron altamente significativas entre tratamientos, para el atributo color y olor se presentó con mejor calidad sensorial al T4, en cuanto para los atributos sabor y amargor presentaron como mejor calidad sensorial al T3; En términos económicos los tratamientos con menor costo de producción son el T2 y T5 de \$0,89 y \$0,84 la botella de 330ml respectivamente.

PALABRAS CLAVE

Adjuntos cerveceros, maíz, arroz, cebada, pale ale.

ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the physicochemical and sensory effects of malted corn and rice as partial barley substitutes in a Pale-Ale type craft beer. The study factors were: percentage of malted rice (20% and 30%), malted corn (10% and 20%) and a control (100% barley malt). A completely randomized AxB bifactorial experimental design (ACD) was applied with three replications plus a control, resulting in 18 experimental runs. The variables evaluated were: pH, acidity, alcohol content and sensory quality (color, odor, flavor and bitterness). In the pH and acidity variables ($p > 0.05$) between treatments. For the alcohol content variable ($p < 0.05$) between treatments, values between 4.59% (T4) and 6.38% (T2) were obtained. According to the statistical analysis of the physicochemical variables with Dunnett, T1, T2, T3 and T4 were highly significant with respect to the T5 control. The sensory quality was highly significant between treatments; for the color and odor attribute, T4 had the best sensory quality, and for the flavor and bitterness attributes, T3 had the best sensory quality. In economic terms, the treatments with the lowest production cost were T2 and T5, \$0.89 and \$0.84 per 330ml bottle, respectively.

KEY WORDS

Brewing adjuncts, corn, rice, barley, pale ale.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La industria cervecera ha presentado un 63% del crecimiento en la industria ecuatoriana en los últimos años, incluyéndose aquí la elaborada de manera industrial y artesanal, Andrade et al (2020) proyectan un crecimiento de 3,2% por año durante el periodo comprendido entre 2020-2025 para la cerveza industrial y Pallero (2019) informa que la artesanal creció el 10% en el 2018.

Donde el consumo en la primera nombrada es exorbitantemente mayor, ocupando 95% de la participación de mercado y concentrada en una sola empresa, Andrade et al (2020) evidencian ello en términos monetarios diciendo que la Cervecería Nacional en el año 2019 facturó ventas por USD 350 millones mientras que la Cervecería Sabaibeer la cual es artesanal y la mejor en su categoría en el mismo año facturó USD 0,87 millones.

Esto debido principalmente a la relación costo de producto entre presentaciones, así lo indican Barbery et al (2018) quienes realizaron una encuesta al público cervecero en Guayaquil reportando que cerca del 80% de los consumidores consideran que el precio que pagan por la cerveza industrial es el adecuado, mientras que sólo el 47% de los consumidores concuerdan que pagan el precio correcto por la cerveza artesanal.

Los precios superiores de las cervezas artesanales están sustentados en los costos de la materia prima utilizada, así dice Recalde (2017) que entre estos insumos la cebada a menudo implica el coste de producción más alto y esto se debe a la importación de esta materia prima, a razón de que no se produce en cantidades suficientes en este país.

Normalmente en la elaboración de cerveza artesanal se emplea únicamente cebada como cereal, excluyendo granos como el arroz, maíz que contienen concentraciones altas de carbohidratos según la FAO (2015) superiores al 60% en ambos casos, los cuales pueden transformarse en azúcares fermentables

indispensables para la producción de bebidas alcohólicas como indica (Casas et al., 2015).

A pesar que el arroz y maíz son utilizados en la elaboración de cervezas por parte de las grandes industrias de este sector para solventar problemas de costos, sabores y apariencias, esta no es una opción de fácil elección para las cervezas artesanales debido a que este tipo de producto tiene características que la diferencian de las cervezas industriales.

En relación a esto Stewart & Priest (2006) argumentan que los adjuntos cerveceros suelen cambiar atributos sensoriales a la cerveza como es la sensación en la boca, retención de espuma y hasta el color, así de la misma manera afecta a las características físico-químicos principalmente al pH, acidez y contenido de alcohol. Modificándolos en dependencia de la composición química, cantidad y tipo de materia prima que se incorporará en la formulación, es por ello que se formuló la siguiente interrogante.

¿Cuáles son los efectos de la sustitución parcial de cebada por maíz y arroz malteados sobre parámetros físico-químicos, sensoriales y costos en cerveza artesanal tipo PALE-ALE?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Con esta investigación se pretende obtener una cerveza artesanal tipo pale-ale, en la cual se propone utilizar adjuntos cerveceros (arroz y maíz) como sustitutos parciales de la cebada, que logre cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2262.

De acuerdo con Chávez, (2019) los ingredientes utilizados en la elaboración de cervezas deben contener un alto porcentaje de almidón, Guzmán et al (2020) indican que dicho porcentaje debe ser superior al 60% y además también de contener enzimas como las amilasas, glucanasas, celulasas y proteasas que son indispensables para degradar.

Debido a que el arroz y maíz poseen una composición química similar a la de la cebada se convierten en una alternativa viable para utilizarlos como sustituto en la

elaboración de cerveza. Parrales (2013) indica que el arroz posee un contenido humedad (11,4%), proteína (8,2%), carbohidratos (64,7%) y fibra (8,8%) lo que le atribuye algunas propiedades inherentemente útiles para el cervecero; en cuanto a la composición química del maíz, Urango (2018) reporta valores de hasta 72% de almidón, 10% de proteínas y un 4% de lípidos.

Respecto a los adjuntos cerveceros, la legislación ecuatoriana vigente NTE INEN 2262 (2013) para cerveza, expone que está permitido el uso de adjuntos en la elaboración de cervezas siempre y cuando su composición no exceda el 80% (no menos del 20% en masa de malta). La misma que se tomará en cuenta como referencia para evaluar los parámetros físico-químicos (pH, acidez, contenido alcohólico) debiendo cumplir con los rangos establecidos según indica la norma.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de la sustitución parcial de cebada por maíz y arroz malteados sobre parámetros físico-químicos, sensoriales y costos en cerveza artesanal tipo PALE-ALE.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los porcentajes de arroz y maíz malteado como adjuntos cerveceros que cumplan los parámetros físico-químicos, de acuerdo con lo establecido en la norma técnica INEN 2262.
- Inferir cuál de los tratamientos tiene mayor incidencia en el comportamiento físico-químico frente al testigo.
- Establecer el tratamiento con mayor aceptabilidad mediante análisis sensorial utilizando el método de escala hedónica con 75 panelistas no entrenados.
- Estimar el costo de producción de la cerveza artesanal tipo Pale-Ale sustituida parcialmente con porcentajes de maíz y arroz malteados.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos un porcentaje de arroz malteado y/o un porcentaje de maíz malteado como adjuntos cerveceros influyen sobre los parámetros físico-químicos, sensoriales y costo de producción en la cerveza artesanal tipo Pale-Ale.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CERVEZA ARTESANAL

La cerveza artesanal tiene su origen a finales de la década de los 70 en el Reino Unido, y fue utilizada para describir a una generación de pequeñas cervecerías que se enfocaban en la producción tradicional de ale (cerveza de fermentación alta), misma que por esta característica pronto serían renombradas como micro cervecerías o brewpubs (Deloitte, 2017).

Según Tirado y Zalazar (2018) indican que, esta cerveza artesanal presenta características propias que la distingue de la cerveza industrial, ya que no suele utilizar aditivos artificiales o químicos, sino naturales, por otro lado, Torres y Bohórquez (2017) mencionan que, en cuanto a los ingredientes, la cerveza artesana solo se elabora con productos naturales y nada diferentes de agua, malta de cebada, trigo, lúpulo y levadura. El proceso de elaboración de las cervezas artesanales difiere al de las cervezas industriales en que no se pasteurizan, de modo que los aromas y sabores propios de la receta utilizada se conservan, así como la vida de la levadura que sigue produciendo modificaciones.

La cerveza artesanal se ha convertido en un fenómeno de escala mundial. Su potencial para generar innovación, empleo y riqueza la coloca como la bebida de baja graduación alcohólica de mayor crecimiento en los últimos años, y logra captar la atención de emprendedores, universidades y gobiernos (Urrutia et., 2016).

2.2. CERVEZA ALE

Es una cerveza de fermentación alta, debido a que las levaduras añadidas trabajan a temperaturas altas (18-26°C) transformando los azúcares del mosto de la cerveza, estas son elaboradas con levaduras que tienden a permanecer cerca de la superficie del mosto al final del proceso fermentativo (Tirado y Zalazar, 2018). La cerveza Ale resulta de utilizar levadura *S. cerevisiae* que tienen temperaturas de crecimiento normalmente ambiente (20 a 26°C) (Loja, 2020). El proceso fermentativo de esta cerveza es relativamente corto, pudiendo ser culminado en una

o dos semanas, debido a estas características las cervezas tipo ale son las preferidas por los fabricantes artesanales (González, 2017).

Loja (2020) indica que las cervezas Pale Ale presentan características como:

- Fermentación a temperaturas ambiente.
- Necesita de floculantes que ayuden en la sedimentación de sus levaduras.
- Sus levaduras pierden eficiencia para posteriores fermentaciones.
- pH óptimo de catalasa (6,2-6,4).
- Fermentación más rápida de los azúcares.
- Cuenta con olores afrutados y sabores con mayor cuerpo y amargor

2.3. ADJUNTOS CERVECEROS

Se entiende por adjuntos cerveceros a las materias primas que sustituyan parcialmente a la malta, o al extracto de malta en la elaboración de cerveza. Su empleo no podrá ser en su conjunto superior al 45% en relación al extracto primitivo. Se consideran adjuntos cerveceros a la cebada cervecera y a los cereales, malteados o no, aptos para el consumo humano (González, 2017).

Muchos cerveceros usan los adjuntos como alternativas más económicas a la malta; sin embargo, existen adjuntos que pueden impartir cualidades positivas a la cerveza. Los adjuntos más conocidos y tristemente demonizados, son los cereales que contienen altas cantidades de almidón, como el arroz y el maíz. El trigo, el centeno y la avena también son adjuntos, pero por sus niveles altos de proteína ayudan a incrementar el cuerpo y la retención de la espuma en nuestra cerveza, entre otras cosas más. Estos granos se agregan de diferentes maneras, ya sea sin tratamiento térmico previo (requieren gelatinización) o bien, ya gelatinizados o modificados en presentaciones como micronizados o en hojuelas (Lucero y Gordon, 2019)

2.4. CEBADA

La cebada (*Hordeum vulgare*) es el quinto cereal de mayor producción a nivel mundial, así lo indican Lema et al (2017), la cebada es una herbácea monocotiledónea de ciclo vegetativo anual de la familia de las gramíneas con gran

adaptabilidad a diferentes suelos y zonas climáticas, también contiene niveles de proteína y minerales relativamente altos en comparación a otros cereales como el maíz y un contenido bajo en lípidos. La característica diferencial de la fibra de la cebada es que la mayor parte está constituida por β -glucanos y pentosanos, que varían en función del clima y las condiciones de cultivo (Solà-Oriol, 2018).

La cebada es un alimento energético, rico en carbohidratos, principalmente en almidón, el componente de mayor importancia en la cebada es el almidón, que está conformado por un 25% de amilosa y 75% de amilopectina (Díaz, 2016). La cebada utilizada para elaborar cerveza debe tener altos porcentajes de almidón (60 a 80%), ya que es el compuesto que da origen al extracto fermentable; además, el tipo de cebada es uno de los factores más importantes en el desarrollo del sabor, así lo indican Guzmán et al (2020).

Cabe mencionar que, la malta de cebada tradicionalmente se ha empleado en la producción de bebidas tan consumidas como las cervezas. Debido a las condiciones de cultivo, para muchas regiones tropicales y subtropicales, este cereal es importado causando en la elaboración de cervezas un alto costo de producción, Boffill y Gallardo (2014), por tal razón, la cebada malteada es uno de los ingredientes esenciales dentro del proceso cervecero, ya que aporta color, aroma, dulzor y sabor a la cerveza y en conjunto con la levadura aporta alcohol, CO₂, cuerpo y textura, Siqueiros et al (2020).

2.5. MAÍZ

El maíz es el único cereal nativo del hemisferio occidental. Este ocupa el tercer lugar a escala mundial entre los cereales más cultivados, después del trigo y el arroz, ya que se encuentra difundido en más países que cualquier otro cultivo y ha producido el más alto rendimiento por unidad de superficie que cualquier otro cereal (Badillo, 2016).

Toledo y López (2020) mencionan que el aporte proteico del maíz frente a otros cereales es bajo, la proteína de la cebada es de 12% mientras la proteína del maíz es un 9.8%. Sin embargo, en cuanto al contenido de carbohidratos es alto concentrando cerca del 72%. Es por ello que González et al (2016), consideran al

maíz como un elemento estratégico en la alimentación y también debido a su versatilidad en la utilización para la elaboración de productos.

En una investigación realizada por Nájera (2019), formularon una cerveza con distintos niveles de maíz comprendido entre el 16% hasta el 50%, obteniendo resultados satisfactorios en algunas variables físico-químico como fue el caso de la densidad la cual presentó niveles altos, indicando que la cantidad y calidad de azúcares presentes en este producto son idóneas para la elaboración de cervezas

2.6. ARROZ

El arroz es el cereal más cultivado en el mundo y su importancia crece cada día, debido a su industrialización y al aumento de población mundial (Ruíz y Centeno, 2007). Lo que le da tal importancia es su composición química que según Parrales (2013) posee un contenido humedad 11,4%, proteína 8,2%, carbohidratos 64,7%, lípidos 1,8% y fibra 8,8%; además la facilidad, rapidez y rendimientos de cultivo (Aramendiz et al., 2011).

El arroz es muy comercializado en el Ecuador sin embargo no suelen encontrarse muchos productos elaborados del mismo, dado a que tiene un alto contenido de almidón se puede convertir en un gran adjunto para la elaboración de cerveza, dándole así un interesante valor agregado a este grano. Este es considerado por algunos como un adjunto no apetecible en la cerveza, sin embargo, con su utilización se puede obtener un gusto más seco y limpio (Álvarez, 2020).

Álvarez (2020) indica que, para una buena implementación se agrega en forma de copos o bien sea molido, variando su proporción entre 10 y 20%. El arroz cuenta con más de 70% de almidón lo cual proporciona grandes cantidades de hidratos de carbono que se convertirán en alcohol mediante la fermentación, gracias a levaduras y la acción de las enzimas de la malta.

Cabe mencionar que el uso del arroz como fuente de almidón en el proceso de producción de la cerveza es bien conocido y común a nivel mundial (Nolasco et al., 2019). Al reemplazar entre el 35 y el 75% del contenido de malta de cebada por arroz se obtienen cervezas con características diferentes a la formulada 100% con

cebada malteada, siendo el cambio más predominante el color pálido y un sabor suave (Campoverde, 2019).

2.7. LÚPULO

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una especie que pertenece a la familia de las cannabiáceas. Esta planta puede ser masculina o femenina, pero para la elaboración de la cerveza deben de ser femeninas, esta proporcionará el sabor, amargor y el aroma propio de la cerveza (Sorcia, 2017).

La composición química de lúpulo presenta unos compuestos singulares que contribuyen enormemente al sabor y aroma de la cerveza: los ácidos amargos, los aceites esenciales y en mucha menor medida los taninos. El resto de componentes, tales como las proteínas, hidratos de carbono o minerales, no presentan ningún interés por su escasa repercusión en el balance final del proceso de fabricación de cerveza (Torres y Bohórquez, 2017).

Compuestos amargos: Conforman el 18,5% de materia seca, tiene una formación de β -ácido de amargor bajo en etapas tempranas de crecimiento de la planta y que luego de la maduración una parte de estos se convierten en α -ácidos con una intensidad de amargor mucho más fuerte. Durante la conversión se pueden dar humolonas (α -ácidos) y otros compuestos como la cohumolonas, que darán características indeseables a la cerveza y es por ello que se deben controlar que el desarrollo de estos no sea superior a un 25% de la proporción de α -ácidos generado.

En los lúpulos aromáticos pueden existir α -ácidos en proporciones de 4 a 5%; mientras que lúpulos como la Northern Brewer más amargos pueden llegar a tener entre el 6% a 9% de α -ácidos, así como un contenido de cohumolonas mayores a un 30%. En la actualidad se cultivan variedades de lúpulos con contenidos de α -ácidos de 12-15% con proporción de cohumolonas inferiores al 25%, como son las variedades de Nuggets, Target, Hallertauer Magnum, Hallertauer Taurus.

Aceite de lúpulo: Se encuentra formando del 0,5 al 1,2% de lúpulo, en las cuales se pueden determinar hasta 250 sustancias etéreas generalmente volátiles durante la

cocción. Existen monoterpenos con puntos de ebullición bajos, que de no ser eliminados pueden dar acidez al aroma del lúpulo, generando a la cerveza un aroma desagradable. Además, existen compuestos aromáticos positivos en los aceites del lúpulo como los sesquiterpenos, los β -cariofilenos y los β -farnesenos.

Taninos o polifenoles: Forman hasta el 5% de compuestos en el lúpulo, brinda a la cerveza sensación de intensidad y amargo, pueden formar sustancias como las albuminoideas, sales de hierro (negruzcos), etc. De las cuales son las que confieren turbiedad, además de su contribución del sabor y color. - Sustancias albuminoideas. Conforman el 20% de los compuestos presentes en la base seca de los lúpulos, estos compuestos no tienen injerencia en las propiedades finales de las cervezas (Kunze, 2006)

2.8. LEVADURA

Según Siquieros et al (2019), la levadura es la encargada de transformar los azúcares provenientes de la malta en alcohol. Esto se lleva a cabo en los tanques de fermentación, en donde se tiene que cuidar detenidamente la temperatura. Si bien existe una gran variedad de levaduras, una de las dos más populares para elaborar cerveza es la *saccharomyces cerevisiae*, ideal para elaborar cervezas de la familia ale. Estas provocan una fermentación rápida de entre dos y siete días si son estimuladas con temperaturas alrededor de 21°C.

Gibson et al (2020), es importante mencionar que las levaduras empleadas en la elaboración de cervezas, tienen un conjunto específico de rasgos que contribuyen al carácter de los estilos clásicos de cerveza, la selección o el desarrollo de nuevas cepas de levadura tiene el potencial de introducir tanto diversidad como funcionalidad en las cervezas.

Saccharomyces cerevisiae, es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; estas han sido utilizadas, desde la antigüedad en la elaboración de cervezas, pan y vino, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX (Suárez et al., 2016).

La levadura de cerveza, posee importantes beneficios nutricionales y para la salud: es una fuente completa de vitamina B; es un magnífico auxiliar para reducir los niveles de colesterol y triglicéridos; como suplemento alimenticio nos aporta fosfatos, potasio, magnesio, hierro, cobre, zinc, magnesio y níquel. Asimismo, la levadura de cerveza regenera y cuida la piel, además de combatir eficazmente el estreñimiento mediante la regulación de la flora intestinal (Quiroga, 2016).

Es por ello, que las levaduras cerveceras no sólo son responsables de la conversión de azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono, sino que también producen compuestos responsables del sabor, tales como los alcoholes superiores y ésteres, y pueden realizar otra serie de actividades que permitan mejorar la producción de cerveza (Cedeño y Mendoza, 2016).

La levadura Ale (*Saccharomyces cerevisiae*) fermenta a temperaturas de 6-16°C, flota en la parte superior del tanque. Necesita aproximadamente una semana para fermentar y otra semana para madurar, por otro lado, la levadura Lager (*Saccharomyces pastorianus*), fermenta a temperaturas de 16-22°C, fermenta en el fondo del tanque. La obtención de la cerveza es lenta (requiere dos semanas para fermentar y dos semanas o más para madurar) (Pérez, 2017).

Levadura Safale S-04

Safale S-04 es una cepa inglesa comercial del tipo Ale, seleccionada por su rápida velocidad de fermentación y la capacidad de formar un sedimento compacto en el fondo de los fermentadores (Viteri & Soria, 2017). Produce notas frutales y florales equilibradas. Debido a su poder de floculación, tiende a producir cervezas con mayor claridad. Ideal para una amplia gama de Ales americanas e inglesas, incluidas las cervezas con alto contenido de lúpulo, y está especialmente adaptado para cervezas acondicionadas en barrica y fermentadas en tanques cilíndricos cónicos (Fermentis, 2016).

Atenuación de 68-72% y temperatura de fermentación de 18 a 20°C (rango completo 12-25), debido a su alta floculación y atenuación media deja un perfil ligeramente

maltoso/dulce; normalmente tarda alrededor de cuatro días en alcanzar la gravedad final (Tirado y Zalazar, 2018).

2.9. AGUA

Colino et al (2017) más del 90% de la cerveza artesanal está constituido por agua, siendo sus características determinantes en la calidad del producto final. De hecho, hay ciudades que se erigieron históricamente como productoras de un determinado estilo de cerveza por las cualidades de sus aguas. Sin embargo, Surina (2015) indica que, solamente una parte de la cantidad de agua requerida es usada directamente en la cerveza.

2.10. FERMENTACIÓN

La fermentación alcohólica es un proceso de largos tiempos de operación, pues debido a su naturaleza biológica inciden sobre su desarrollo una gran variedad de variables y parámetros operacionales tales como: concentración de azúcares, temperatura, pH, concentración de células vivas, cepa utilizada, entre otros. Esta razón provoca que, desde el punto de vista económico, varios de esos parámetros operacionales deban encontrarse dentro de un intervalo restringido para garantizar la mayor eficiencia posible en un tiempo de operación razonable (López et al., 2019).

La fermentación es el proceso mediante el cual la levadura transforma los azúcares provenientes del mosto de cebada, en etanol y dióxido de carbono. Dependiendo del tipo de cerveza que se quiera preparar, la fermentación puede tener ligeras variaciones (Elfo, 2019). La fermentación tiene lugar entre 7 a 13°C para la cerveza tipo “Lager” y entre 16 a 23°C para la cerveza tipo Ale, Castorena (2020). Por otra parte (Vera, 2017) la fermentación empieza entre las 12-24 horas dependiendo del tipo de levadura. De manera general este proceso dura entre 4 y 15 días, para cervezas de tipo ale, la temperatura adecuada es de 18 y 22°C.

En el caso de la cerveza artesanal se producen dos fermentaciones: La primera en el fermentador Sparkling donde se genera cierta cantidad de alcohol, aproximadamente unos 3°GL y la segunda fermentación ocurre dentro de la botella

donde gracias a la adición extra de azúcar se genera más alcohol y gas, según Carvajal y Insuasti (2010).

Elfo (2019) indica que, la fermentación de la cerveza en podría dividirse en 4 etapas:

- LAG o de retardo: Primeras 15 horas.
- Crecimiento exponencial: Del primer día al cuarto.
- Fermentación o estacionaria, donde la verdadera magia ocurre: Desde el cuarto día al décimo.
- Sedimentación: A partir del décimo día y hasta una/o dos semanas más cuando la cerveza hace el descanso de diacetilo y madura.

2.11. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Las características físico-químicas de la cerveza son los términos que se usan para definir requerimientos regulatorios, existen varios parámetros relacionados con la calidad de la cerveza, entre estos se encuentran el pH, acidez y contenido alcohólico.

2.11.1. CONTENIDO ALCOHÓLICO

El contenido alcohólico se podría definir como el porcentaje v/v de etanol que se encuentra presente en una solución acuosa, producto de un proceso de fermentación anaeróbico en donde la levadura *Saccharomyces cerevisiae* transforma el azúcar del mosto en alcohol, posteriormente se puede elevar la concentración alcohólica mediante un proceso de destilación. El contenido alcohólico se expresa en porcentaje v/v o grados Gay Lussac (°GL). Es así que el alcohol en una cerveza es producto de la cantidad de azúcares fermentables que tenga la malta que se utiliza en su elaboración. Dependiendo del tipo de malta, la levadura y otras variaciones en ingredientes y temperatura, el grado de alcohol de una cerveza puede cambiar (Siqueiros et al., 2020).

El contenido de alcohol de la cerveza suele rondar el 4-6% de alcohol por volumen ABV (Alcohol by Volume), aunque puede variar entre el 0,5% y el 20% dada la

multiplicidad de cervezas en el mercado actual, este es importante desde el punto de vista regulatorio ya que por ejemplo la Unión Europea ha emitido un reglamento (RUE 1169) que obliga a los productores de cervezas con más de 1,2% de alcohol, declarar el grado alcohólico volumétrico (Velp, 2020). En cuanto a la cerveza artesanal tipo Pale Ale elaborada en Ecuador por la microempresa Zarza Brewing en Loja y Páramo Brauhaus en Quito contienen 6,2% de alcohol (Páramo Brauhaus, 2018).

2.11.2. PH

El pH podría ser definido como la medida del grado de alcalinidad o acidez de una disolución acuosa, el cual se mide en una escala de 0 a 14, en donde un pH de 7 vendría siendo un valor neutro, lo que significa que valores menores a este serían más ácidos y valores mayores serían más alcalinos. El pH también indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en una solución acuosa. Es por ello que el pH es un parámetro recomendado por la Association of Analytical Communities (A.O.A.C) para evaluar la calidad de una cerveza. Tiene gran influencia sobre el sabor y los bajos valores de pH impiden, junto con otros factores, el desarrollo de microorganismos, garantizando así la calidad sanitaria del producto (Cedeño y Mendoza, 2016).

Suárez (2013), destaca la importancia del pH en la fermentación debido al control que ejerce frente a la contaminación bacteriana, así como en el crecimiento de las levaduras, la velocidad de fermentación y la producción de alcohol. La variación del pH durante el proceso de fermentación es debido a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH del medio. Otro factor que puede originar una variación de pH es la producción de dióxido de carbono en la fase de fermentación aerobia

2.11.3. ACIDEZ

La acidez se podría definir como la cantidad de ácido que contiene una sustancia, en el que el ácido presente emite iones de hidrógeno en el agua. La acidez es

determinada mediante métodos volumétricos, el cual se mide mediante la titulación, que debe constar de 3 medios: el titulante, el titulado y el indicador.

Según la normativa NTE INEN 232 (2002), la acidez total representa la suma de las sustancias ácidas valorables, determinadas por titulación de una muestra de cerveza desgasificada con solución de hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 8,2. La acidez total expresada como ácido láctico (% m/m) no debe ser superior a 0,3%, lo cual todas las muestras de cervezas cumplen con el requerimiento establecido. Gonzáles (2017) indica que mientras menor sea la acidez de una cerveza, mejor será la estabilidad de la espuma y su sabor será más suave.

2.12. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Se podría definir las características sensoriales como un conjunto de propiedades cualitativas que tiene un material en general, como es el olor, sabor y color. Estas características se pueden evaluar mediante pruebas sensoriales. Para Guerberoff et al (2020), la calidad de la cerveza generalmente se evalúa por su perfil sensorial. El análisis sensorial es el examen de los atributos de la cerveza mediante los sentidos (vista, olfato, gusto y tacto) obteniendo datos cuantificables y objetivos. Los rasgos organolépticos son variables y definen el estilo general de cerveza e impulsan las tendencias del consumidor.

Los atributos sensoriales de la cerveza se pueden dividir entre aquellos relacionados con la apariencia, que incluye el color, la transparencia, formación de burbujas y la espuma; y aquellos que representan el flavor de la cerveza, que se refieren al aroma, el sabor y la sensación en boca. Cada uno de estos aspectos varía según el estilo de la cerveza (Guerberoff et al., 2020).

Cedeño y Mendoza (2016) indican que las principales características sensoriales que se evalúan en la cerveza son: el color, olor, sabor y amargor.

El color: Son varios los compuestos responsables del color en las cervezas: melanoidinas, productos de caramelización y pirólisis, polifenoles oxidados, riboflavina, carotenoides, antocianinas, clorofilas y sus productos de oxidación, así

como también catalizadores de la oxidación como son los iones metálicos. De ellos, la fuente primaria de color son las melanoidinas. Estos compuestos poseen un espectro de color que va desde el amarillo al ámbar.

El olor: El olor representa uno de los principales atributos de calidad en la cerveza y tiene una gran importancia en las preferencias de los consumidores. La calidad de la cerveza y su olor dependen tanto de la materia prima (agua, levadura, malta, lúpulo), como del proceso de elaboración. Además, el perfil de la cerveza, puede evolucionar durante su conservación debido a diferentes reacciones de formación y degradación en las que intervienen muchos de los compuestos representativos de su fracción volátil, y que tienen como consecuencia una disminución general en la calidad.

Amargor: El amargor de la cerveza es formado principalmente por el aporte del lúpulo, a parte compuestos como los taninos, proteínas y los subproductos de la levadura tienen un aporte que influye en menor grado sobre esta característica sensorial. El amargor de lúpulo es causado naturalmente en primer lugar por los compuestos amargos que contiene esta planta. En esto se le atribuye a la cohumulonas un efecto de amargor más intenso.

El sabor: Tiene una gran variedad de sabores, aunque predomina el sabor amargo. Un proceso inadecuado puede producir sabores extraños como: acetaldehído, astringente, asidrado, diacetilo, verduras cocidas, pasto, medicinal, metálico, oxidado, etc (Fuentes y Fuentes, 2014).

2.13. COSTOS DE PRODUCCIÓN

En cuanto a costos de producción de una cerveza, Samón et al (2018), menciona que el costo es un indicador que resume en términos monetarios el resultado de la utilización de los recursos humanos, materiales y financieros en el desarrollo de una actividad económica. Una vez analizado y tratado el concepto de costo, Rodríguez et al (2007), abordan lo referente a los costos de producción; el cual considera que “es la recolección organizada de datos de costo mediante un conjunto de procedimientos o sistemas. La clasificación de costos es la agrupación de todos los

costos de producción en varias categorías con el fin de satisfacer las necesidades de la administración”.

MÉTODO DE COSTEO ABSORBENTE

Conocido también con el nombre de costos totales o globales, el costo de cada artículo se determina en base al costo de los materiales directos, la mano de obra directa y los gastos generales de manufactura. El costeo absorbente es el sistema más utilizado para fines externos e incluso para la toma de decisiones, trata de incluir dentro del costo del producto todos los costos de la función productiva, independientemente de su comportamiento fijo o variable (Macías et al., 2019).

El argumento en que se basa dicha inclusión es que para llevar a cabo la actividad de producir se requiere de ambos. Los que proponen este método argumentan que ambos tipos de costos contribuyeron para la producción y, por lo tanto, deben incluirse los dos, sin olvidar que los ingresos deben cubrir los variables y los fijos, para reemplazar los activos en el futuro (Macías et al., 2019).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La cerveza se elaboró en la planta procesadora Madero Tosagua, ubicada en El Recreo, Tosagua, Manabí. El análisis sensorial se realizó en la ESPAM MFL; los análisis físico-químicos se ejecutaron en los laboratorios de Bromatología de la ESPAM MFL ubicada en el cantón Bolívar de la provincia de Manabí.

3.2. DURACIÓN

La investigación tuvo una duración de 9 meses contemplados desde el mes de agosto de 2021.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

En el presente trabajo se estableció una investigación experimental para la ejecución de los factores en estudio, debido a que se realizaron varias pruebas con los tratamientos que fueron evaluadas las variables físico-químicas (pH, acidez y contenido alcohólico) y sensorial (sabor, olor, color y amargor) también se apoyó la investigación bibliográfica, la cual se procedió a realizar búsquedas en diferentes fuentes confiables provenientes de distintos sitios web como lo son revistas científicas o libros en línea, los cuales nos ayudaron a definir y comprender los fenómenos que se producen en el experimento.

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

Dentro de la investigación realizada los factores en estudio que se manejaron fueron la relación de porcentaje de arroz y maíz malteados con 4 niveles distintos.

Factor A: Porcentaje de arroz malteado.

Factor B: Porcentaje de maíz malteado.

3.4.1. NIVELES

Para el factor porcentaje de arroz malteado (m/m) en relación a la mezcla de 8 Kg de granos a procesar se utilizaron los siguientes niveles:

$$a1 = 20\%$$

$$a2 = 30\%$$

Para el factor porcentaje de maíz malteado (m/m) en relación a la mezcla de 8 Kg de granos a procesar se utilizaron los siguientes niveles:

$$b1 = 10\%$$

$$b2 = 20\%$$

3.4.2. TRATAMIENTOS

Como resultado de la combinación de los niveles de cada factor se establecieron cuatro tratamientos con tres repeticiones y un testigo (T5), los mismos que se detallan en el siguiente:

Tabla 1. Combinación de factores

Tratamientos	Código	Porcentaje de arroz	Porcentaje de maíz
T1	a1*b1	20%	10%
T2	a1*b2	20%	20%
T3	a2*b1	30%	10%
T4	a2*b2	30%	20%
T5	--	0%	0%

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

En esta investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo bifactorial AxB; se realizó tres repeticiones para cada tratamiento.

Tabla 2. Esquema del ANOVA en DCA factorial

Fuentes de Variación	GI
Total	14
Factor A Porcentaje de arroz	1
Factor B Porcentaje de maíz	1
Factor AB Porcentaje de arroz* porcentaje de maíz	1
Error	11

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

Estuvo conformada por 5.940 mL, envasados en 18 botellas de vidrio ámbar de 330 ml, repartidas de la siguiente manera: se utilizaron 3 para análisis de las variables físico-químicas (Contenido alcohólico, pH y Acidez) y 15 para la interpretación sensorial del producto por parte de los catadores.

3.7. VARIABLES A MEDIR

Contenido alcohólico: Primero se determinó la densidad de las cervezas por el método de Picnometría basado en el anexo A de la NTE INEN 2322 (2002). El contenido alcohólico se determinó a partir del peso específico del destilado por Picnometría (AOAC 945.06, 2000), haciendo uso de la ecuación 1:

$$(DI - DF) * 0,13125 \quad [1]$$

Donde:

DI: Densidad inicial

DF: Densidad final

pH: Método de Potenciómetro basado en la NTE INEN 2325 (2002).

Acidez: Método de Titulación Volumétrica NTE INEN 2323 (2002).

$$\%Acidez = \frac{V \times N \times Mq}{M} \times 10 \quad [2]$$

En donde:

V = Volumen de solución de hidróxido de sodio 0.1 N consumido en la titulación de la muestra, en cm³.

N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

M = Volumen de la muestra, en cm³.

Mq = Equivalente del ácido láctico (0,064l).

Costo: Para calcular el costo de producción se utilizó el método de costo por absorción, el cual incluye a todos los costos de fabricación independientemente de si son variables o fijos (Sánchez, 2014). Para ello se creó una hoja de cálculo en el programa Microsoft Excel en la cual se detallaron los elementos que incurren en costos de producción. Cabe destacar que esta variable no será tomada en cuenta para los análisis estadísticos.

Tabla 3. Operalización de las variables

Variable	Tipo de variable	Conceptualización	Definiciones operacionales	Instrumentos	Medición
Contenido alcohólico	Cuantitativa	Es la relación entre el volumen del alcohol etílico y el volumen total de la mezcla hidroalcohólica (Agudelo y Vargas, 2018).	Para el grado de alcohol se debe partir de las densidades que posee el mosto antes y después de hervir, como se explica en el proceso de fermentación, la levadura ha convertido los azúcares del mosto en alcohol, por tanto, habrá una reducción en la densidad del mosto (Agudelo y Vargas, 2018).	Fórmula [1]	%(v/v)
pH	Cuantitativa	Tendencia de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.	Mide la concentración de iones hidrógeno en moles por litro.	Potenciómetro	Escala de pH (1 -14)
Acidez	Cuantitativa	La acidez total 0-14 representa la suma de las sustancias ácidas valorables por titulación	Se realiza dispensando desde la bureta la disolución de NaOH sobre la muestra, agitando continuamente la	Fórmula [2]	Porcentaje de ácido láctico (%)

		en la cerveza desgasificada (Castro, 2018).	mezcla observando la reacción (Castro, 2018).		
Sensoriales	Cualitativa	La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos (Severiano, 2019).	El análisis sensorial es el examen de los atributos de la cerveza mediante los sentidos (vista, olfato, gusto y tacto) obteniendo datos cuantificables y objetivos.	Observación y degustación	Escala hedónica de 5 puntos que fue desde "me disgusta mucho" hasta "me gusta mucho" (anexo 1).

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

OBJETIVO 1: Establecer los porcentajes de arroz y maíz malteados como adjuntos cerveceros que cumplen los parámetros físico-químicos, de acuerdo con lo establecido en la norma técnica INEN 2262.

El arroz que se utilizó fue proveniente de Membrillo parroquia rural del cantón Bolívar, variedad Lira, cultivado en épocas de invierno (enero – mayo 2021); se utilizó maíz amarillo híbrido conocido comercialmente como trueno, proveniente de la zona rural del cantón Tosagua. Obtenido los granos se procedió con el proceso de malteado por un tiempo de 5 días aproximadamente, llevando a cabo la siguiente metodología:

DIAGRAMA DE PROCESO DEL MALTEADO DE MAÍZ Y ARROZ

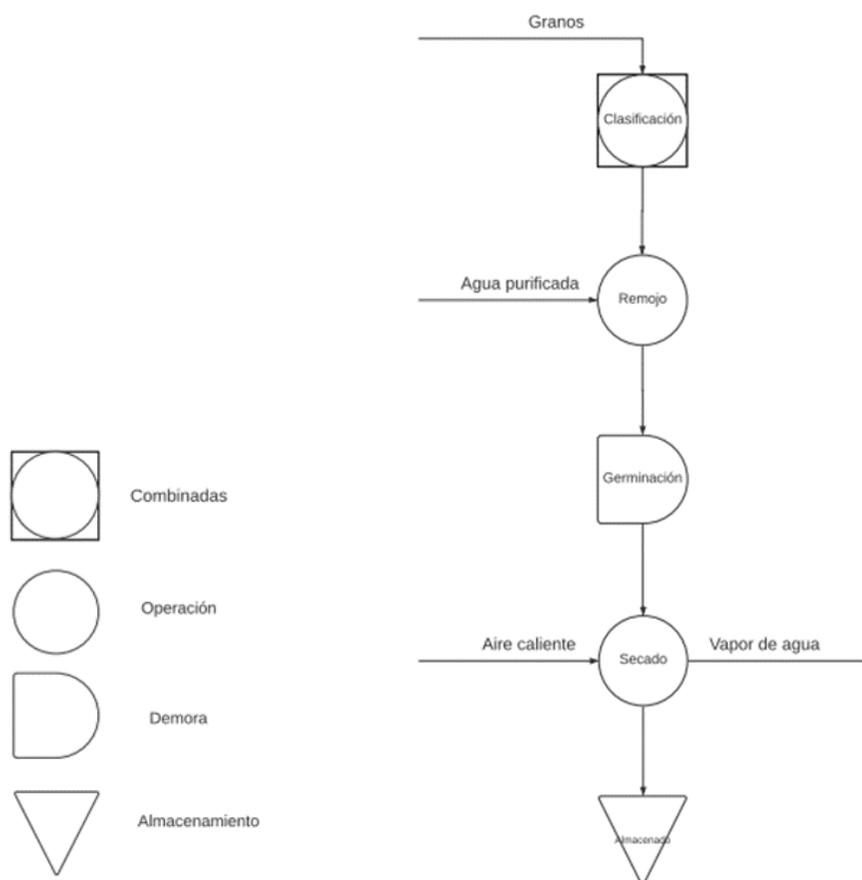


Figura 1. Procesos del malteado de maíz y arroz

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL MALTEADO DE MAÍZ Y ARROZ

Clasificación del grano: Se seleccionaron los granos de maíz y arroz verificando su tamaño (grano entero), se realizó una limpieza manual con el propósito de eliminar cualquier tipo de basura que pueda tener desde su cosecha.

Etapa de remojo: Los granos fueron lavados con agua purificada para garantizar la limpieza de estos. Luego se dejaron en remojo en un recipiente de polietileno (balde comercial con tapa marca PICA) durante 24 horas en un lugar fresco, seco y sin luz para que estos absorbieran agua y de esta manera ayudó al proceso de germinación. Esta etapa finalizó retirando el agua que no fue absorbida por el grano.

Etapa de germinación: Una vez culminada la etapa del remojo, se procedió a la etapa de germinación en donde se acondicionó una base de madera en la cual se

extendieron láminas de cartón en un lugar donde le pudiera dar luz solar y también se le colocó una cubierta para que generara oscuridad y sirviera de protección en caso de lluvia. Se dejaron a temperatura ambiente, hasta que la longitud radícula del grano tuviera una longitud aproximada de 2 cm la cual fue medida con una regla (anexo 2A). Se recomienda la germinación de los granos a una temperatura de entre 25 y 30°C para el desarrollo de la germinación, cabe mencionar que esta etapa tuvo una duración de 5 días aproximadamente.

Etapa de secado: El objetivo es detener la etapa de germinación y remover la humedad, prevenir un posterior crecimiento y modificación, conseguir un producto estable que pueda ser almacenado y transportado; debiendo exponer los granos a una temperatura de 70°C durante 6 horas en una estufa (anexo 2C) marca MEMMERT modelo UNB 400, hasta alcanzar un 5% de humedad.

Almacenado: Se almacenó dentro de un recipiente de polietileno con capacidad de 8 L (balde comercial con tapa KANTATI) en un ambiente seco libre de luz solar a temperatura ambiente.

Con la disponibilidad de los granos se elaboraron las cervezas con las diferentes formulaciones y se desarrolló en simultáneo para garantizar homogeneidad, etapa que duró 40 días ejecutando la siguiente metodología:

DIAGRAMA DE PROCESOS DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

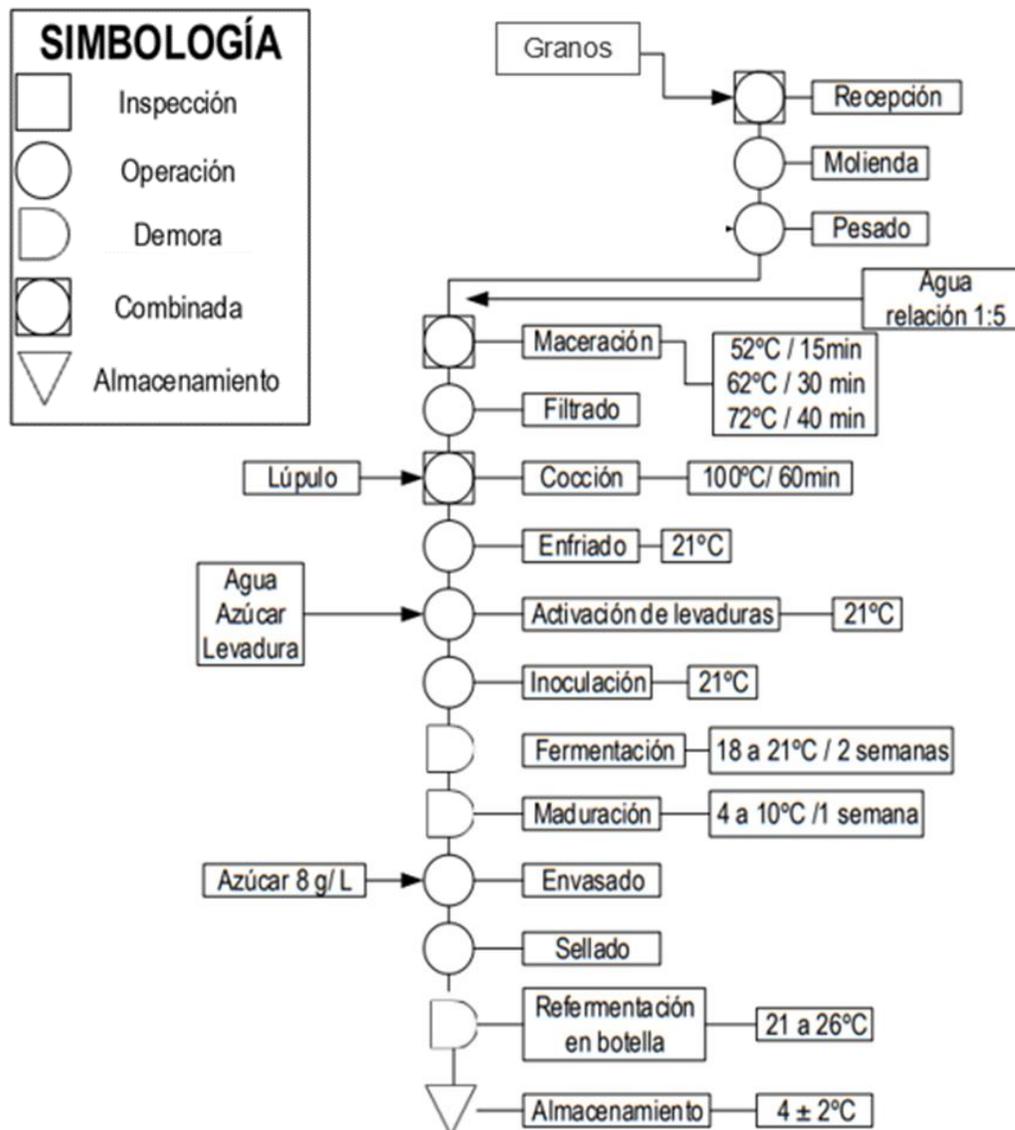


Figura 2. Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

Recepción de la materia prima: Como materia prima se utilizó cebada (Pilsen), arroz lira y maíz trueno malteados; el lúpulo variedad Willamette en pellets, y levadura Safale S-04.

Molienda: Para esta operación se utilizó un molino marca corona, procurando moler los granos sin triturarlo por completo (anexo 2D), debido a que si se obtuviera un polvo fino ocasiona la obstrucción del paso del mosto. La finalidad de este proceso fue lograr que las enzimas contenidas en la malta se desdoblen con facilidad durante la maceración.

Pesado: Una vez listo todos los ingredientes se procedió a pesar cada uno en una balanza marca CAMRY.

Maceración: Se procedió a añadir la formulación (anexo 2E) con 20 litros de agua, donde se sometió a diferentes temperaturas y a distintos tiempos con el propósito de que las enzimas degraden los constituyentes de la malta (proteínas y carbohidratos) a formas solubles y originar el líquido a fermentar. Se procedió a elevar la temperatura a 52°C y se mantuvo por el lapso de 15 minutos para activar las enzimas proteasas. Una vez transcurrido este periodo de tiempo se elevó la temperatura a 62°C por 30 minutos, activando la enzima β -amilasa. Continuando con este proceso se elevó por última vez la temperatura a 72°C por 40 minutos, logrando activar la enzima α -amilasa para transformar los almidones en azúcares simples y ser consumidos por las levaduras (Tirado y Zalazar, 2018).

Filtrado: Se procedió a filtrar las sustancias insolubles llamadas afrecho, este proceso de filtrado se realizó en dos etapas; la primera fue descargar el mosto principal obteniéndose un líquido sin partículas, y la segunda fue el lavado del afrecho con agua a temperatura ambiente, con el propósito de extraer el mayor porcentaje de azúcares fermentables, para esto se añadió 10 litros de agua filtrada.

Cocción del mosto: El mosto fue sometido a temperatura de ebullición por una hora para los siguientes propósitos: inactivar las enzimas presentes, esterilizar el mosto y formar sustancias responsables del aroma y sabor al producto final, para lo cual se le adicionó lúpulo (3g/l) en dos proporciones; es decir, al comienzo de la ebullición del mosto se le agregó la mitad para proporcionarle amargor a la cerveza, y la proporción restante minutos antes de terminar la cocción responsable del sabor y aroma.

Enfriado: Con el fin de poder crear las condiciones necesarias para la levadura, se enfrió el mosto en la misma olla que se realizó la cocción, en un cuarto frío hasta bajar la temperatura a 21°C, con la finalidad de que el mosto no sea expuesto por mucho tiempo al aire y evitar contaminación del mismo, posteriormente se procedió a inocular.

Activación de la levadura: Este proceso se basó en activar previamente la levadura Safale S-04, para activar la levadura se utilizó 200ml de agua a una temperatura de 35°C y 5g de azúcar, se procedió a mezclar hasta disolver totalmente, esta se dejó reposar 5 minutos.

Inoculación: Una vez activada la levadura se procedió a añadir el mosto en los tachos plásticos de polietileno (balde comercial con tapa marca (KANTATI), se agregó la levadura previamente activada y se removió hasta homogeneizar completamente, a continuación, se realizó un sellado hermético con la colocación de airlocks conectado mediante un agujero en la parte superior de la tapa del envase, y así permitir el paso del CO₂.

Primera fermentación: Una vez inoculado el mosto con la levadura, se almacenó en un cuarto climatizado (con acondicionador de aire) a una temperatura de 16 – 18°C, durante un periodo de tiempo de dos semanas, para iniciar con el proceso de fermentación primaria.

Maduración: Transcurriendo 3 días de fermentación primaria se procedió a agregar 20g de azúcar por litro de mosto fermentado, para que la levadura continúe con el proceso de fermentación, luego se trasvasó a otro recipiente mediante sifonado (anexo 2F) para eliminar el sedimento formado por la precipitación de las partículas en suspensión mediante un lienzo en el cual las sustancias que no entraron en solución quedaron atrapadas.

Envasado: Se estandarizó los grados de alcohol de la cerveza verde, agregando agua en relación los grados de alcohol requerido y se agregó 7g de azúcar por litro de cerveza con el objetivo de activar la levadura, luego se envasó en botellas ámbar de 330ml (anexo 2G) previamente esterilizada.

Sellado: Inmediatamente se procedió a realizar un sellado a los envases con tapas tipo corona, con un sellador manual (anexo 2H), evitando el escape del CO₂ producido durante la reactivación de la levadura.

Segunda fermentación: Este proceso consistió en mantener durante una semana el producto a temperaturas de 16 – 21°C, para que la levadura se reactive produciendo CO₂, dando como resultado la carbonatación de la cerveza.

Almacenamiento: Una vez culminado el proceso de elaboración de cerveza, se almacenó en un cuarto frío a una temperatura de 21°C.

Dado por terminado el proceso, las muestras para la evaluación de las características físico-químicas fueron trasladadas desde la planta procesadora Madero hasta las instalaciones de los laboratorios de bromatología de la ESPAM MFL.

Los análisis declarados como variables pH, acidez y contenido alcohólico se los realizó por triplicado bajo las mismas condiciones.

OBJETIVO 2: Inferir cuál de los tratamientos tiene mayor incidencia en el comportamiento físico-químico frente al testigo.

Haciendo uso del programa estadístico Statgraphics Centurión se utilizó la prueba de Dunnet, para identificar la existencia de diferencias del comportamiento de las variables físico-químicas entre los tratamientos aplicados y el control.

OBJETIVO 3: Establecer el tratamiento con mayor aceptabilidad mediante análisis sensorial utilizando el método de escala hedónica con 75 panelistas no entrenados.

Se aplicó una ficha con escala hedónica de 5 puntos que fue desde “me disgusta mucho” hasta “me gusta mucho” y con los atributos sabor, olor, color y amargor (anexo 1), en la escala se permitió asignar la misma categoría a más de una muestra. Se evaluó la aceptación de 75 catadores no entrenados, con un intervalo de edades entre 18 y 50 años, de género masculino y femenino, y de diferentes ocupaciones (estudiantes y docentes).

Para la aplicación de la ficha sensorial se adecuó un espacio que garantizó la comodidad y antes de empezar se les dio directrices para el proceso, al momento

de hacer la degustación a cada catador se le proveo de manera simultánea de cinco muestras codificadas aleatoriamente en vasos plásticos transparentes de 5 onzas a 20°C adicionalmente se brindó un vaso con agua como neutralizante para evitar interferencias con la siguiente muestra a degustar.

OBJETIVO 4: Estimar el costo de producción de la cerveza artesanal tipo Pale-Ale sustituida parcialmente con maíz y arroz malteados.

En cuanto a la estimación del costo de producción se les realizó a todos los tratamientos y se trabajó una hoja de cálculo diseñada en el programa Microsoft Excel (anexo 5), en la cual se describió los principales gastos de producción como son los costos de las materias primas, insumos, mano de obra, energía, entre otros.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el software estadístico Statgraphics Centurión 16.1 versión libre y se realizaron las siguientes pruebas:

- a) Supuesto del ANOVA: La prueba Shapiro-Wilk permitió determinar la normalidad y la prueba Levene la homogeneidad de los datos; y fueron sujeto de evaluación únicamente las variables físico-químicas (Contenido de alcohol, pH, y acidez).
- b) En el caso de los datos de las variables que no cumplieron con dichos supuestos se analizaron mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, para los casos contrarios se aplicó el Análisis de varianza (ANOVA).
- c) La prueba de Tukey se utilizó en los casos en el que no existieron diferencias significativas en las variables, la cual esta permitió determinar la magnitud de la diferencia.
- d) Los datos del análisis sensorial (color, olor sabor y amargor), obtenidos en la cata de aceptación fueron analizados por la prueba de Friedman, (Ramírez et al., 2014) sirve para comparar J promedios poblacionales cuando se trabaja con muestras relacionadas, cuando el estadístico F resulta significativo, para analizar qué variables difieren entre sí se puede emplear la prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas.

- e) Prueba de Dunnet: Permitió comparar cada uno del tratamiento frente al testigo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE

En la tabla 4 se deduce que los datos de las variables pH, acidez y contenido alcohólico se derivan a una distribución normal y homogénea al cumplir ambos supuestos del ANOVA, por ello se procedió a realizar los análisis de dichas variables mediante pruebas paramétricas.

Tabla 4. Supuestos del ANOVA para variables en estudio

Variables	Shapiro-Wilk			Estadístico de Levene	
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Sig.
pH	0,924	12	0,325	0,003	0,715
Acidez	0,784	12	0,602	0,004	0,800
Contenido Alcohólico	0,718	12	0,701	0,015	0,901

pH

En la tabla 5, se muestran los resultados del ANOVA en el que se determinó que no existe diferencias significativas ($p > 0,05$) en la variable pH para el factor A (porcentaje de arroz malteado), factor B (porcentaje de maíz malteado) y los tratamientos (interacción de AB).

Tabla 5. ANOVA para los factores arroz m alteado*maíz malteado de la variable pH

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje arroz malteado	,003	1	,003	,618	,454
Porcentaje maíz malteado	,004	1	,004	,924	,365
Porcentaje arroz malteado * Porcentaje maíz malteado	,015	1	,015	3,366	,104
Error	,035	8	,004		
Total	236,797	12			

Los resultados representados en la figura 3, muestran la ligera variación del pH en la que incidieron los tratamientos (interacción del factor A y factor B) presentando medianas similares para T1, T3 y T4 ubicándose aproximadamente en 4,47 para los tres tratamientos mencionados, mientras que para el T2 la mediana del pH es menor en correspondiendo a 4,37 de la escala. También se puede observar que el T1 y T4 comparten gran parte del rango de los valores obtenidos, interpretándose así como las formulaciones más similares, la misma figura muestra que el T3 denotó la mayor

variabilidad en cuanto a su rango de valores, siendo este mismo el que obtuvo el mayor y menor valor de pH de todos los tratamientos.

Datos muy similares a las publicados por Castañeda et al., (2018) quienes utilizando adjuntos cerveceros en el 35% y 50% obtuvieron valores de 4,60 y 4,49 respectivamente. Complementario a lo dicho cabe destacar que todos los tratamientos cumplen con el parámetro establecido según la norma técnica ecuatoriana INEN 2262 (2013) misma que indica pH mínimo de 3,5 y máximo 4,8. Mencia y Pérez (2016) ajustan aún más este rango exponiendo que el pH óptimo en cervezas debe situarse entre 4.1 a 4.5, condiciones que también cumplen los tratamientos.

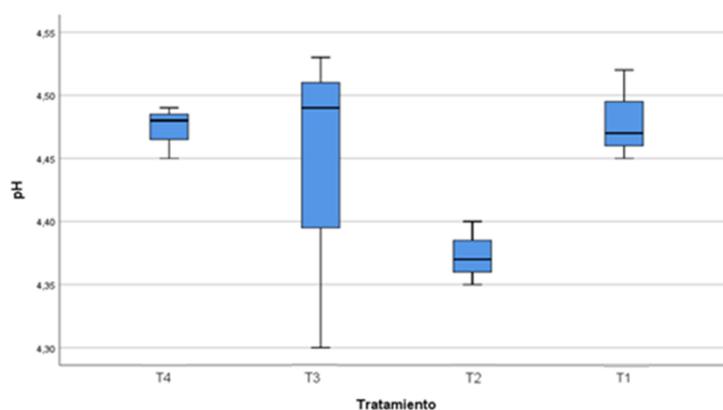


Figura 3. Gráfico de cajas y bigotes para los tratamientos de la variable pH

Existe evidencia de que al utilizar granos malteados como adjunto cervecero en porcentajes menores al 30%, muestra un descenso mínimo en los valores de pH (Moreira et al., 2020). Yorke (2021) indica que adjuntos como el arroz y el maíz contienen bajos niveles de compuestos nitrogenados y fitasa, la enzima responsable de la ruptura del ácido fítico para liberar fosfatos. Por lo tanto, los adjuntos disminuyen la capacidad amortiguadora de mosto y cerveza, lo que conduce a valores de pH más bajos.

La cerveza puede ser contaminada durante su fabricación por microorganismos como levaduras, bacterias e inclusive hongos, y el pH cumple un rol importante en cuanto al control estos microorganismos, así Mencia y Pérez (2016) y Cristino et al., (2020) mencionan que a valores menores de 4,5 sugiere una gran protección y

correlacionando con los valores de las medias obtenidas en esta investigación (Figura 3) se asume que las cervezas formuladas están protegidas ante patógenos.

ACIDEZ

En la variable acidez los tratamientos aplicados en la elaboración de la cerveza no incidieron en un comportamiento diferente, así como también sucedió con los factores en estudio, dado que el valor de significancia es mayor a 0,05 como se observa en la tabla 6.

Tabla 6. ANOVA para los factores arroz malteado*maíz malteado de la variable Acidez

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor A: Porcentaje arroz malteado	,007	1	,007	3,000	,122
Factor B: Porcentaje maíz malteado	,001	1	,001	,333	,580
Factor AB: Porcentaje arroz malteado*Porcentaje maíz malteado	,001	1	,001	,333	,580
Error	,020	8	,002		
Total	,730	12			

La acidez de la cerveza se distribuyó entre el rango de 0,2% y 0,3% de ácido láctico para todos los tratamientos (Figura 4) cumpliendo a cabalidad en todas las formulaciones con lo que establece la norma técnica NTE INEN 2262:2013. La utilización de arroz y maíz malteados como adjuntos cerveceros resulta una alternativa factible ya que no provoca variaciones irregulares en la acidez de la cerveza, expresado tras encontrar igualdad con el resultado de acidez (0,28%) publicado por Guzmán et al., (2020) en muestras de cervezas sin la adición de un coadyuvante cervecero.

No existe una relación directa entre el porcentaje de sustitución de adjunto con el valor de concentración de acidez total, lo que puede atribuirse a la utilización de los granos malteados Bernal y Segovia (2019), pues en la etapa de germinación se liberan ácidos orgánicos como consecuencia del desdoblamiento de nutrientes, llegando a porcentajes similares a los de la cebada malteada alude Moreira et al., (2020). También estuvo influenciada por la utilización de porcentajes de sustitución similares de arroz y maíz malteados.

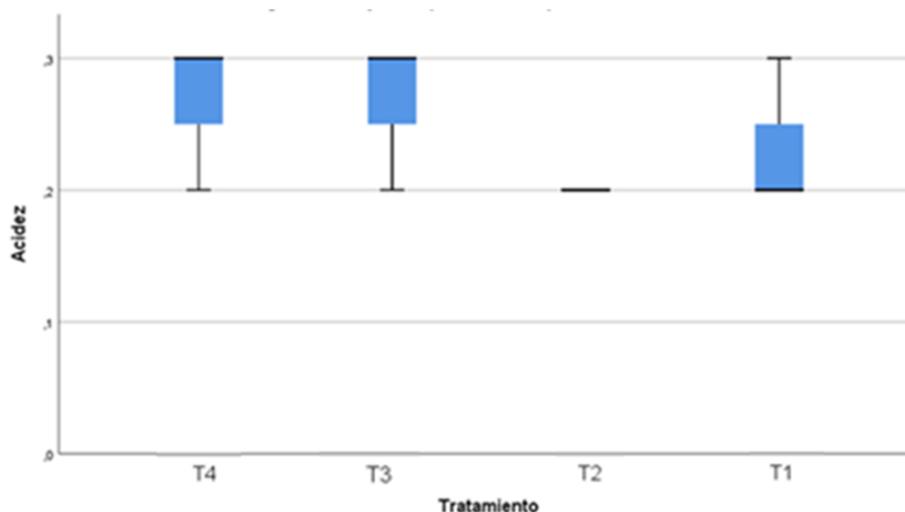


Figura 4. Gráfico de cajas y bigotes para los tratamientos de la variable Acidez

CONTENIDO ALCOHÓLICO

Para la variable contenido alcohólico la tabla 7, el ANOVA determinó que existe significancia estadística ($p < 0,05$) para el factor A (porcentaje de arroz malteado), factor B (porcentaje de maíz malteado) y para tratamientos formulados.

Tabla 7. ANOVA para los factores arroz malteado*maíz malteado de la variable contenido alcohólico
Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje arroz malteado	1,960	1	1,960	1391,864	,000
Porcentaje maíz malteado	1,074	1	1,074	762,609	,000
Porcentaje arroz malteado * Porcentaje maíz malteado	2,930	1	2,930	2080,763	,000
Error	,011	8	,001		
Total	329,105	12			

Aplicándose Tukey (tabla 8) se contrasta la información, las medias de contenido alcohólico no tienen una misma alineación, es decir, cada tratamiento se diferencia estadísticamente, no obstante el contenido de alcohol en todas las formulaciones aplicadas mostraron ser superiores al porcentaje mínimo (1%) estipulada por la norma NTE INEN 2262:2013, mientras que en la presente investigación los valores obtenidos oscilan entre 4,59% de alcohol para el T4 (30% arroz malteado y 20% maíz malteado) tratamiento con menor contenido alcohólico hasta 6,38% de alcohol en T2 (20%arroz malteado y 20% maíz malteado) tratamiento resultante con mayor grado alcohólico.

La cantidad de azúcares fermentables que tenga la malta utilizada en la elaboración de la cerveza es un factor que varía el grado de alcohol (Siqueiros et al., 2020) lo que sustenta a los resultados obtenidos, porque los diferentes porcentajes de sustitución de maltas incurren diferentes cantidades de azúcares fermentables en el mosto, y por ende contenidos de alcohol diferentes. Buscando sinergismo con las variables pH y acidez se encontró que la cerveza con mayor porcentaje de alcohol fue las mismas que presenta la media de menor cantidad de acidez y pH, pero esto no supondría una mejor actividad de la levadura en los valores de acidez y pH del T2, debido a que estos rangos fueron considerados iguales a los demás tratamientos (T1, T3 y T4).

Tabla 8. HSD de Tukey

Tratamientos	Subconjunto para alfa = .05				
	N	3	2	1	4
4	3	4,5900			
1	3		4,8000		
3	3			4,9800	
2	3				6,3867
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

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

Las formulaciones con el menor porcentaje de sustitución del factor A resultaron cervezas con mayor contenido alcohólico obteniendo mediana de 5,7% siendo superior a la mediana del contenido alcohólico al utilizar el nivel de sustitución del 30% de arroz malteado. En la figura 5 también se observa que el mayor valor del contenido alcohólico del factor A supera en aproximadamente 1,30% de contenido alcohólico al valor máximo del factor B en el cual se obtuvieron cervezas con alrededor del 5%.

En general implicaría que a mayor sustitución de arroz malteado en la formulación menor contenido de alcohol se obtendrá, por consiguiente, a lo mencionado el nivel 20% de arroz malteado se presenta como alternativa viable en la producción de este tipo de bebidas. Esto se sustentaría con lo dicho por Gallardo et al (2013) el arroz malteado genera menor contenido alcohólico debido a que contiene bajos niveles de azúcares fermentables más específicamente de α -amilasa.

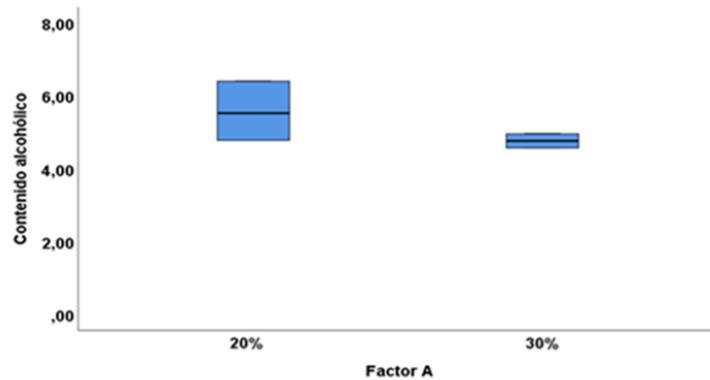


Figura 5. Gráfico de cajas y bigotes para los niveles del factor A de arroz malteado de la variable de contenido alcohólico

La figura 6 muestra un comportamiento del contenido alcohólico del factor B (porcentaje de maíz malteado) donde la sustitución al nivel más alto conlleva a que la mediana de las cervezas contenga un grado alcohólico superior, alcanzando 5,4% de contenido alcohol mientras que en las formulaciones que se sustituyó en menor porcentaje la mediana se aproximó a 4,7%.

En una investigación realizada por Nájera (2019), formularon una cerveza con distintos niveles de maíz comprendido entre el 16% hasta el 50%, obteniendo resultados satisfactorios en el contenido de alcohólico logrando alcanzar medias superiores a los 5 grados indicando que el perfil de azúcares fermentables presentes en el maíz es aceptable para la elaboración de cervezas.

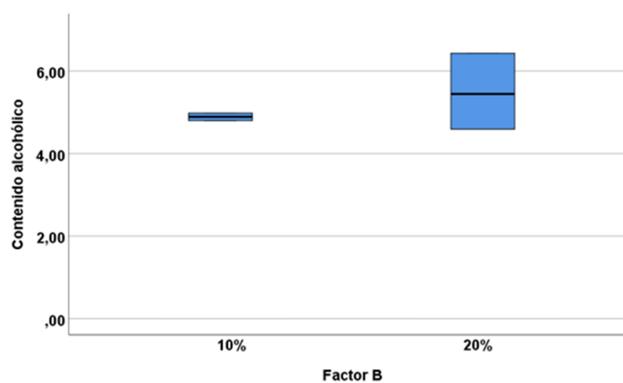


Figura 6. Gráfico de cajas y bigotes para los niveles del Factor B de maíz malteado de la variable de contenido alcohólico

4.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE FRENTE AL TESTIGO

Las pruebas t de Dunnett indicó la diferencia encontrada en la aplicación de los tratamientos empleados en la elaboración de la cerveza con sustitución parcial de cebada por arroz y maíz y malteados frente al testigo para la variable pH, acidez y contenido alcohólico Tabla 9, la cual se muestra a continuación:

Tabla 9. Prueba de Dunnett para las variables (pH, Acidez y contenido alcohólico)

Tratamientos		pH	Acidez %	Contenido alcohólico
		Sig.	Sig.	Sig.
T1	Control	0,018	0,009	0,000
T2	Control	0,522	0,001	0,000
T3	Control	0.069	0,032	0,000
T4	Control	0,022	0,032	0,000

pH

La media de pH en el tratamiento 100% malta de cebada (T5) fue de 4,32 valor menor a los demás tratamientos, sin embargo, demostró igualdad estadística entre los valores de pH del T3 y T2, 4,44 y 4,37 respectivamente, así también se encontró que el T4 y T1 con medias de 4,48 y 4,47 respectivamente, son estadísticamente diferentes al T5. Como ya se mencionó anteriormente se debe a que al utilizar granos malteados como adjunto cervecero producen cambios en los valores de pH (Moreira et al., 2020); A pesar de dicha diferencia los valores no comprometen la estabilidad de las cervezas.

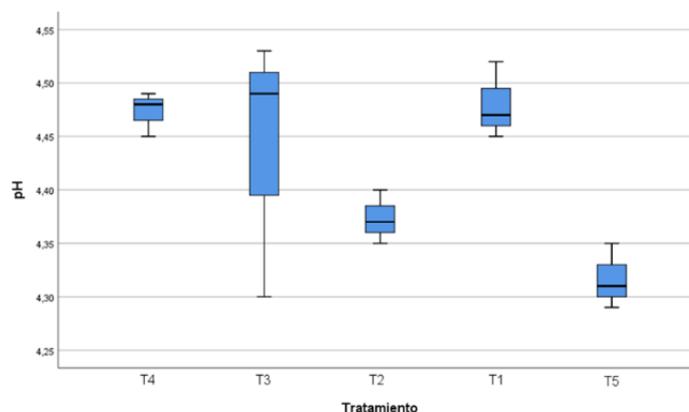


Figura 7. Comparación de los tratamientos frente al testigo de la variable pH

En la figura 8 se muestra que el porcentaje de acidez fue significativamente mayor en las cervezas del tratamiento 5 con 0,4% de ácido láctico, en relación a las que se sustituyó parcialmente la cebada malteada por maltas de arroz y maíz (T1, T2, T3 y T4) con valores entre 0,2% y 0,3% en todos los tratamientos, El T5 (100% cebada malteada) presentó un valor de acidez por encima del porcentaje máximo permitido en la norma NTE INEN 2262:2013, incumpliendo este requisito, poniéndose así en desventaja frente a sus similares de esta investigación debido a que todos los tratamientos cumplieron con este requisito.

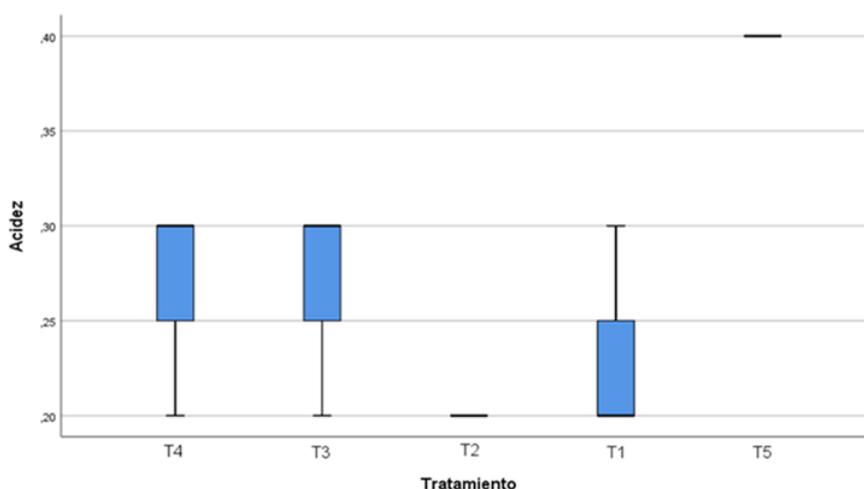


Figura 8. Comparación de los tratamientos frente al testigo de la variable Acidez

El contenido de alcohol (%) fue significativamente mayor en las cervezas que contenían 100% malta de cebada (T5; 8,90%) que a las elaboradas con adición de maltas de arroz y maíz (T4; 4,59%, T3; 4,98%, T2; 6,38% y T1; 4,80%). Esto podría explicarse porque la malta de arroz y maíz han mostrado un bajo poder diastásico en comparación con la cebada (Romero et al., 2020), lo que conduce a que el mosto contenga menos azúcares fermentables y, por lo tanto, menos contenido de alcohol. Estos contenidos de alcohol muy inferiores supondrían un problema al momento de estandarizar el producto, ya que se obtendría un menor rendimiento por el lote.

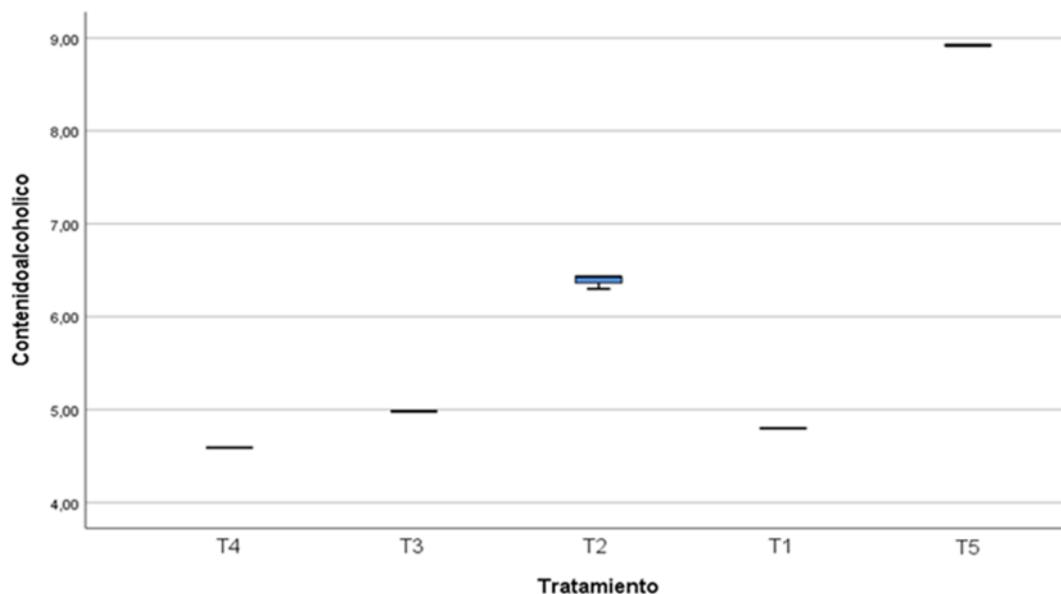


Figura 9. Comparación de los tratamientos frente al testigo de la variable Contenido alcohólico

4.3. ANÁLISIS SENSORIAL DE UNA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE

La evaluación sensorial realizada por catadores no entrenados sobre los atributos color, olor, sabor y amargor de las muestras de cervezas, de acuerdo a la prueba de Friedman resultaron ser altamente significativos ($p < 0,05$) (Tabla 10).

Tabla 10. Rango promedio y prueba de Friedman para análisis sensorial.

Tratamientos	Rango promedio			
	Color	Olor	Sabor	Amargor
T1	2,52	1,94	2,00	1,95
T2	1,19	1,57	1,60	1,93
T3	2,54	3,02	3,44	3,32
T4	3,69	3,47	2,96	2,80
Sig.	,000	,000	,000	0,000

El nivel de significación es de 0,05.

COLOR

En el afán de encontrar las diferencias entre los tratamientos se realizó una comparación por parejas del rango promedio de los puntajes obtenidos por parte de los catadores, la (Tabla 11) hace referencia al color en el que se evidencia que para T1 y T3 no existe diferencias significativas, mientras que para las demás

comparaciones de los tratamientos muestra una alta significancia. Adicionalmente y en consideración a que obtuvo el mayor rango promedio 3.69 (Tabla 10), se presenta al T4 como la cerveza de mejor color, esta información también la respalda el (Anexo 4a) en el que se describe que el 86% de los catadores consideraron al producto entre “me gusta mucho” y “me gusta moderadamente”.

Las variaciones del color de la cerveza pueden deberse a la decoloración a medida que baja el pH, cambios o diferencias en el color de la malta o inconsistencias en la formación del color del mosto durante el proceso de ebullición a los fenoles presentes en los granos malteados. Además, la reacción de Maillard y la caramelización que ocurren de forma independiente e influirían en la formación e intensidad del color (Ofoedu et al., 2021).

El rango de color de la cerveza de maltas de arroz y maíz se percibe como un color amarillo pálido (Ofoedu et al., 2021), esto debido a (Marconi et al., 2017) el bajo contenido de nitrógeno de la malta de arroz, que conduce a un bajo contenido de nitrógeno soluble en el mosto y consecuentemente se producen menos productos de Maillard que son responsables del color del mosto. El maíz malteado también influye en el color. De hecho, el color de la cerveza disminuye en una unidad de color EBC por cada adición de 10% de maíz malteado molido en la elaboración de la cerveza (Pored et al., 2014).

En la investigación de Dos Santos et al., (2020) se demuestra que el efecto visual es determinante en la experiencia de degustación del consumidor, los autores hacen hincapié en que el color es uno de los puntos clave para la aceptabilidad del producto.

Tabla 11. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo color.

Comparaciones	Estadístico de prueba	Desv. Estadístico de prueba	Sig.
T2-T1	1,327	6,293	,000
T2-T3	-1,400	-6,641	,000
T2-T4	-2,500	-11,859	,000
T1-T3	-,073	-,348	,728
T1-T4	-1,173	-5,566	,000
T3-T4	-1,100	-5,218	,000

Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales).
El nivel de significación es de ,05.

OLOR

Únicamente se considera estadísticamente igual la percepción del olor entre T1 y T2 (Tabla12) , sin embargo se mostraron como los menos preferido por los catadores, debido a que cerca del 45% aluden rechazo a estos tratamientos (Anexo 4b), y la misma población catadora consideró como el mejor tratamiento a la formulación de 30% arroz malteado y 20% maíz malteado (T4) al que únicamente 9% de los catadores lo catalogaron de forma negativa y aproximadamente el 60% consideró que este tratamiento muestra un buen perfil.

Según Machicha (2014) el olor de la cerveza suele provenir de las materias primas utilizadas durante la elaboración, y Marconi et al (2017) del proceso de fermentación, esto se confirma relacionando los mejores tratamientos en cuanto a este atributo, siendo el T4 y T3 las formulaciones con el nivel más alto de sustitución de arroz malteado.

Tabla 12. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo olor.

Comparaciones	Estadístico de prueba	Desv. Estadístico de prueba	Sig.
T2-T1	,367	1,739	,082
T2-T3	-1,447	-6,862	,000
T2-T4	-1,893	-8,981	,000
T1-T3	-1,080	-5,123	,000
T1-T4	-1,527	-7,242	,000
T3-T4	-,447	-2,119	,034

SABOR

La comparación por parejas del rango promedio en cuanto al sabor indica una ligera similitud entre los T2 y T1, mientras que para las demás comparaciones de los tratamientos muestra ser significativa (Tabla 13). De acuerdo a los rangos promedios este tributo continúa confirmando que el muestran mejor ponderación en cuanto a la opinión de los catadores (Tabla 10), sin embargo, en esta característica el T3 resultó ser el mejor evaluado, donde el 51% de las personas mostró aceptación y el 31% consideró la muestra de forma neutral (Anexo 4c).

El perfil sensorial de la cerveza de malta de arroz es comparable al de la cerveza de cebada malteada en términos de sabor y sensación en boca, aunque más plano. Produce un sabor neutro, cervezas ligeras y secas con sabores agradables Marconi et al (2017), (Yorke et al., 2021) mientras que la adición de maíz puede inducir una sensación en boca más completa.

Tabla 13. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo sabor.

Comparaciones	Estadístico de prueba	Desv. Estadístico de prueba	Sig.
T2-T1	,400	1,897	,058
T2-T4	-1,360	-6,451	,000
T2-T3	-1,840	-8,728	,000
T1-T4	-,960	-4,554	,000
T1-T3	-1,440	-6,831	,000
T4-T3	,480	2,277	,023

Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales).

El nivel de significación es de ,05.

AMARGOR

En la (Tabla 14) se puede observar que el amargor muestra diferencias significativas para todas las comparaciones a excepción entre T2 y T1, tratamientos cuyos rangos promedios son los más bajos 1,93 y 1,95 respectivamente (Tabla 10), indicando que son los menos preferidos de parte de los catadores. Mientras que el T3 con rango promedio de 3,32 es el mejor evaluado

referente a este atributo, esta información también la respalda el (Anexo 4d) en el que se describe que sólo el 11% de los catadores muestran rechazo al producto.

Se cree que algunos polifenoles modifican la impresión amarga de la cerveza y así tanto el lúpulo como las maltas son fuentes de polifenoles (Shellhammer, 2009), el amargor es más astringente por mayor extracción de taninos (polifenoles) desde la cáscara del grano en el proceso de maceración y filtración (Vicente, 2016). Está demostrado que el uso de malta de maíz da como resultado cervezas ligeramente más amargas las cervezas elaboradas con malta de cebada, (Cadenas et al., 2021).

Tabla 14. Comparaciones por parejas del rango promedio del atributo amargor.

Comparaciones	Estadístico de prueba	Desv. Estadístico de prueba	Sig.
T2-T1	,013	,063	,950
T2-T4	-,867	-4,111	,000
T2-T3	-1,387	-6,578	,000
T1-T4	-,853	-4,048	,000
T1-T3	-1,373	-6,514	,000
T4-T3	,520	2,467	,014

Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales).

El nivel de significación es de ,05.

4.4. COSTO DE PRODUCCIÓN DE UNA CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE

El análisis consistió en una comparación de costos generados en la producción de cerveza artesanal basado en el mismo proceso, pero formulado con diferentes porcentajes de granos malteados. En los cinco tratamientos se consideraron los costos de materia prima, envases, mano de obra, la cual se calculó contabilizando las horas de trabajo y se multiplicó por el precio de una hora de trabajo de acuerdo al salario básico unificado al momento de realizar esta investigación (425 USD) (para dos personas) la energía eléctrica, gas licuado de petróleo utilizado y otros suministros (ver anexo 5).

Tabla 15. Costo de producción por tratamiento por lote de 8 Kg de granos malteados

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Costo total de producción	\$ 65,44	\$ 72,36	\$ 65,48	\$ 62,68	\$ 82,51
Costo por litro	\$ 3,21	\$ 2,67	\$ 3,09	\$ 3,22	\$ 2,52
Costo por botella	\$ 1,07	\$ 0,89	\$ 1,04	\$ 1,08	\$ 0,84

Notándose de la tabla 15 el tratamiento 100% malta de cebada T5 concibe mayor costo de producción siendo este de \$82,51 para procesar un lote de 8 Kg de granos de cebada malteado seguido por el T2 (20% arroz malteado, 20% maíz malteado y 60% cebada malteada) que requiere un gasto de \$72,36 siendo \$10,15 menos que el T5 para la misma cantidad de granos malteados a procesar, los tratamientos T3 y T2 tienen precios de producción similares entre sí, siendo mayor el T3 con \$0,04, sin embargo estos tratamientos representa un gasto menor del 14,05% respecto al T5, y el T4 tiene el menor precio de producción costando \$62,68 el lote.

No obstante, a ello, en términos de rendimiento al momento de estandarizar la cerveza a 4 grados de alcohol y en relación con los contenidos alcohólicos de cada tratamiento evaluado en esta investigación, el costo por unidad de botella de cerveza producida es similar en T4, T3 y T1 con valores de \$1,07 \$1,04 y \$1,08 respectivamente, costos que aproximadamente superan en 21% al valor de una botella del tratamiento 5, y 11,04% en comparación al T2. De esta manera se entiende que el T5 elaborado con 100% cebada malteada sería el más rentable, seguido por el T2.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Los resultados físico-químicos evaluados en todos los tratamientos, se ajustan a los requisitos que exige la NTE INEN 2262:2013, sin embargo, se obtuvo como mejor tratamiento T2 (20% arroz malteado, 20% maíz malteado) que obtuvo 6,38% de contenido alcohólico, una acidez 0,2% y un pH de 4,37.
- ✓ En los resultados físico-químicos de los tratamientos frente al testigo mediante la prueba de Dunnett, recalca que el pH en el T2 y T3 no tienen diferencia significativa, mientras que la acidez y el contenido alcohólico sí tuvieron diferencia significativa en todos sus tratamientos, sin embargo, todos los tratamientos cumplen a cabalidad con el rango permitido en la norma (NTE INEN 2262).
- ✓ Mediante análisis sensorial se determinó que el T4 (30% arroz malteado, 20% maíz malteado) resultó ser mejor en los atributos de color y olor, mientras que en los atributos de sabor y amargor el T3 (30% arroz malteado, 10% maíz malteado) fue el mejor escogido por parte de los catadores.
- ✓ Al interpretar los datos obtenidos en el análisis de costos de producción se comprobó que el tratamiento que optimizó menos costos fue T2 (20% arroz y 20% maíz malteado), que tuvo un costo por botella de \$0,89, cabe indicar que el costo por botella de T5 (testigo) fue \$0,84.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Para obtener una cerveza con buenas características físico-químicas se recomienda utilizar 20% arroz malteado y 20% maíz malteado (T2).
- ✓ Controlar tiempos y temperaturas de maceración y fermentación, ya que estos son los puntos más críticos en la elaboración de la cerveza donde pueden cambiar las características de la misma.
- ✓ Se recomienda utilizar nuevas materias primas para una sustitución parcial en la elaboración de una cerveza para poder abaratar los costos de producción sin comprometer la calidad del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, L. F., & Vargas, M. A. (2018). *Evaluación De La Producción De Cerveza Artesanal "Tawala" Usando Kiwi Como Fruta Adicional*. [Trabajo de titulación, Fundación Universidad De América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6835/1/6132130-2018-IQ.pdf>
- Alvarez, B. (2020). *Elaboración de cerveza artesanal tipo Golden ale con cebada (Hordeum vulgare) y arroz (Oryza sativa L.)* [Trabajo de Titulación, Universidad Agraria Del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVAREZ%20QUINTO%20BRYAN%202_compressed%20\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVAREZ%20QUINTO%20BRYAN%202_compressed%20(1).pdf)
- Andrade, X., Pisco, I., Quinde, L., & Coronel, C. (2020). El mercado de bebidas alcohólicas en Ecuador. *Revistas Industrias*, 1(1), 1. <https://revistaindustrias.com/el-mercado-de-bebidas-alcoholicas-en-ecuador/#:~:text=Las%20Ventas%20de%20Bebidas%20Alcoh%C3%B3licas,alcanzaron%20los%20USD%201.033%20millones.>
- AOAC 945.06. (2000). *AOAC Official Method 945.06 Degrees of beer alcohol by pycnometry*. <https://es.scribd.com/document/357433593/AOAC-950-07-Acidiy-Beer>
- Aramendiz, H., Espitia, M., & Cardona, C. (2011). Adaptación del arroz riego (*Oryza sativa L.*) en el Caribe colombiano. *Acta Agronómica*, 60(1), 1. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122011000100001
- Arias, I., Vallejo, M., y Ibarra María. (2020). Los costos de producción industrial en el Ecuador. *Espacios*, 41(07), 8. <http://www.revistaespacios.com/a20v41n07/a20v41n07p08.pdf>
- Badillo, A. (2016). *Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (zea mays) variedad INIAP 122, en dosis diferente*. [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional De Loja] <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/INFORME%20FINAL%20DE%20TESIS%20MAIZ%20%2012-01-2016.pdf>
- Barbery, D., Godoy, M., Toro, P., Trujillo, M., & Romero, A. (2018). El marketing de cerveza. Una perspectiva del consumidor guayaquileño. *Revista Espacios*, 39(37), 1. <http://www.revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p01.pdf>
- Bernal, A., & Segovia, S. (2019). *Evaluación del malteado y fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (Sorghum vulgare) como materia prima*. [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4125>
- Bofill, Y., & Gallardo, I. (2014). Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. *Redalyc*, 3(1), 1. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543783011.pdf>

- Cadenas, R., Caballero, I., Nimubona, D., & Blanco, C. (2021). Elaboración de cerveza con adjuntos almidonados: su influencia en las propiedades sensoriales y nutricionales de la cerveza. *MDPI*, 2-3. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8392023/>
- Campoverde, J. (2019). Análisis del Crecimiento del Mercado sustituto de Cervezas Artesanales. *Researchgate*, 1(1), 1. doi:10.31876/re.v3i26.461
- Carvajal, L., & Insuasti, M. (2010). *Elaboración DE Cerveza Artesanal Utilizando Cebada (Hordeum vulgare) y Yuca (Manihot Esculenta Crantz)*. [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica Del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/558/1/03%20AGI%20256%20TE SIS.pdf>
- Casas, A., Aguilar, C., De la Garza, H., Morlett, J., Montet, D., & Rodríguez, R. (2015). Importancia de las levaduras no-Saccharomyces durante la fermentación de bebidas alcohólicas. *Investigación y Ciencia*, 23(65), 73-79. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67443217010.pdf>
- Castañeda, R., Andrade, M., Arguello, Y., & Vernaza, M. (2018). Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (*Hordeum vulgare*) malteada. *Enfoque UTE*, 5-6. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000200015
- Castorena, J., Juárez, V., Cano, M., & Santiago, V. (2020). Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar. *Redalyc*, 5(1), 1. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94465715001/index.html>
- Castro, E. M. (2018). *Evaluación De La Calidad E Inocuidad Por Contaminación Con Ocratoxina A De La Cerveza Artesanal Expendida En Bares De La Ciudad De Cuenca*. [Trabajo de titulación, Universidad De Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29444/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Cedeño, G., & Mendoza, J. (2016). *Evaluación físicoquímico y sensorial de la cerveza artesanal tipo pale ale con almidón de papa como adjunto y especias*. [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/552/1/TAI109.pdf>
- Chávez, J. (2019). *Desarrollo de un estilo de cerveza artesanal Weissbier "ideal", mediante caracterización sensorial por método cata y pruebas físicoquímicas y microbiológicas en tres formulaciones*. [Trabajo de titulación, Universidad Central Del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18339/1/T-UC-0008-CQU-105.pdf>
- Colino, E., Civitaresi, M., Capuano, A., & Winkelman, B. (2017). Análisis de la estructura y dinámica del complejo cervecero artesanal de Bariloche, Argentina. *Pilquen*, 5(1), 1.
- Cristino, I., Matos, J., Figueiredo, R., Gasparin, J., Teixeira, E., Santos, N., & Frota, S. (2020). Physicochemical characterization, antioxidant activity, and sensory analysis

of beers brewed with cashew peduncle (*Anacardium occidentale*) and orange peel (*Citrus sinensis*). *Food Science and Technology*, 4-5.

- Deloitte. (2017). *La cerveza artesanal. Una experiencia multisensorial*. [Archivo PDF] <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>
- Díaz, M. (2016). *Evaluación de la aptitud de 15 genotipos de cebada, cultivado en 4 localidades, para la obtención de extracto de malta*. [Trabajo de titulación, Escuela Politécnica Nacional] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15157/1/CD-6937.pdf>
- Elfo, G. (2019). *Leva Beer. La fermentación en la cerveza*. <https://levabeer.com/la-fermentacion-en-la-cerveza/>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015). *Estructura del grano de maíz*. <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S02.htm>
- Fuentes, A., & Fuentes, E. (2014). *Obtención de cerveza artesanal tipo Ale oscura utilizando un equipo biorreactor de nivel piloto*. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4089/1/03%20EIA%20356%20TESIS.pdf>
- Gallardo, I., Boffill, Y., Rega, L., Pino, M., Rodríguez, Y., & Pérez, M. (2018). Perfeccionamiento Del Proceso De Malteado De Sorgo Udg-110 En La Elaboración De Bebidas Para Enfermos Celíacos. *Centro Azúcar*, 45(1), 1. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v45n2/caz05218.pdf>
- 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*, 3. <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627689006.pdf>
- Gibson, B., Dahabieh, M., Krogerus, K., Jouhten, P., Magalhães, F., Pereira, R., Vidgren, V. (2020). Adaptive Laboratory Evolution of Ale and Lager Yeasts for Improved Brewing Efficiency and Beer Quality. *Annual Reviews*, 1(1), 1. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051715>
- González, M. (2017). Principios de elaboración de las cervezas artesanales. <https://pdfcoffee.com/libro-principios-elaboracion-de-cerveza-pdf-free.html>
- González, N., Estrada, J., Chávez, J., & Tejero, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n3/2007-0934-remexca-7-03-669.pdf>
- Guerberoff, G., Marchesino, M., López, L., & Olmedo, R. (2020). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de la calidad y aceptación. *Nexo Agropecuario*, 8(1), 1. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/28926/29911#:~:text=L>

os%20atributos%20sensoriales%20de%20la,y%20la%20sensaci%C3%B3n%20en%20boca.

- Guzmán, F., Soto, A., López, P., & Román, A. (2020). Valoración y uso de una nueva variedad de cebada para elaboración de cerveza artesanal. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 3-4. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40262019000100081&script=sci_arttext&tlng=es
- Kunze, W. (2006). *Tecnología para Cerveceros y Malteros* (1 ed.). Berlín.
- Lema, A., Basantes, E., & Pantoja, J. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 1. doi:10.15517/am.v28i1.22705
- Loja, E. (2020). *Elaboración de cerveza artesanal tipo Pale Ale utilizando almidón de achira (Canna indica), como reemplazo parcial de malta*. [Trabajo de titulación, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34088/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>
- López, L., Zumalacárregui, L., & Pérez, O. (2019). Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2), 1. doi:<https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2019.006.02.011-019>
- Lucero, M., & Gordon, E. (2019). *Estudio de las condiciones del pretratamiento de maíz morado (Zea Mays L.) para su utilización como adjunto en la elaboración de cerveza*. [Trabajo de titulación, Universidad San Francisco de Quito USFQ] <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9023/1/125498%20-%20124619.pdf>
- Macias, J., Reyes, M., & Hurel, G. (2019). Los costos por absorcion y su efecto en los resultados de la empresa Dimetal S.A. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1(1) 1. <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/costos-absorcion-dimetalsa.html>
- Machicha, A. (2014). *Manual de evaluación y degustación de la cerveza*. Cerveza Artesana. <https://cervezartesana.es/blog/post/el-olfato-sabe-los-aromas-que-puede-tener-una-cerveza.html>
- Maingón, M. M. (2020). *Propuesta para la elaboración y comercialización de una cerveza artesanal orientada al mercado femenino en la ciudad de Guayaquil*. [Trabajo de titulación, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14750/1/T-UCSG-PRE-ESP-IE-305.pdf>
- Marconi, O., Sileoni, V., Ceccaroni, D., & Perretti, G. (2017). *The Use of Rice in Brewing*. Londres. <https://www.intechopen.com/books/advances-in-international-rice-research/the-use-of-rice-in-brewing>
- Mencia, R., & Pérez, G. (2016). *Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (Zea mays), cebada (Hordeum vulgare), carbonatada con azúcar y miel de*

- abeja*. [Trabajo de Titulación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5772/1/AGI-2016-T027.pdf>
- Moreira, D., Ormaza, G., & Quiroz, K. (2020). Malteado y variedad de maíz en las características fisicoquímicas y sensoriales en una bebida refrescante. YACHASUN. doi:https://doi.org/10.46296/yc.v4i7ed_espdc.0078
- Najera, S. (2019). *Estudio comparativo de fuentes no convencionales de carbohidratos en la elaboración de cerveza Oryza sativa y Zea mays*. [Trabajo de titulación, Universidad Abierta y a distancia de México]. http://www.repositorio.unadmexico.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/188/1/PP2_2091-1_AL13502927.pdf
- Nolasco, D., Spessato, A., Talhamento, A., Arocha, M., Artigas, M., Levien, N., & Valmor, C. (2019). The addition of defatted rice bran to malted rice improves the quality of rice beer. *LWT*. 112(1), 1. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108262>
- NTE INEN (2013). *Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Requisitos*. Quito. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf
- NTE INEN. (2002). *Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Determinación del pH*. Quito. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2325.pdf>
- Ofoedu, C., Akosim, C., Iwouno, J., Obi, C., Shorstkii, I., & Okpala, C. (2021). Cambios característicos en la malta, el mosto y la cerveza producidos a partir de diferentes variedades de arroz de Nigeria influenciados por las diferentes condiciones de malteado. *PMC*, 3-5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7983859/>
- Pallero, D. (2019). Las cervecías artesanales crecen en medio de los desafíos. *Revista Lideres*. 1(1), 1. <https://www.revistalideres.ec/lideres/cervecias-artesanales-crecimiento-desafios-informe.html>
- Parrales, J. (2013). *Composición Química de los Cereales*. [Universidad Nacional Autónoma de México] http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=20&showall=1
- Parámo Brauhaus. (2018). *Cervezas*. Quito. <http://www.paramo.com.ec/nosotros/>
- Pérez, C. (2017). *Obtención de cepas de Saccharomyces cerevisiae mejoradas para su uso en cerveza tipo Ale*. [Trabajo de maestría, Universidad Autónoma De Querétaro]. <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/1175/1/RI007600.pdf>
- Poreda, A., Czarnik, Á., Zdaniewicz, M., Jakubowski, M., & Antkiewicz, P. (2014). Complemento de molienda de maíz: aplicación e influencia en el proceso de elaboración y la calidad de la cerveza. *Wiley*, 3-4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jib.115>
- Quiroga, M. (2016). Levadura: el ingrediente mágico de la cerveza. *Forbes*. <https://www.forbes.com.mx/levadura-ingrediente-magico-la-cerveza/>

- Ramírez, J., Murcia, C., & Castro, V. (2014). Análisis De Aceptación Y Preferencia Del Manjar Blanco Del Valle. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 1. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a03.pdf>
- Recalde, M. (2018). *Obtención de una bebida tipo cerveza a partir de maltas de maíz (Zea mays) y Quinoa (Chenopodium quinoa)*. [Escuela Politécnica Nacional] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17533/1/CD-8038.pdf>
- Rodríguez, G., Chávez, J., Rrodríguez, B., & Chirinos, A. (2007). Gestión de costos de producción en el sector metalmecánico de la región zuliana. *Redalyc*, 4(1), 1.
- Romero, A., Estarrón, M., Verde, J., Lelièvre, M., & Escalona, H. (2020). Renovando Tradiciones: Una Caracterización Sensorial y Química de las Cervezas Mexicanas de Maíz Pigmentado. *MDPI*, 4-5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7404799/>
- Ruíz, S., & Centeno, N. (2007). *Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006*. [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria]. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30r934.pdf>
- Samón, J., Cautín, L., Mustelier, L., & Caraballo, L. (2018). Need for cost studies at the University of Medical Sciences Guantánamo. *Scielo*, 2(1), 1. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-99332018000100076
- Sánchez, B. J. (2014). Costeos Variable Y Por Assorción Aplicados A La Realidad Peruana. *Researchgate*, 11(22), 103. https://www.researchgate.net/publication/319657388_COSTEOS_VARIABLE_Y_POR_ASSORCION_APLICADOS_A_LA_REALIDAD_PERUANA
- Severiano, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 1. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-57052019000300004&script=sci_arttext
- Siqueiros, K., García, M., Cedillo, M., Gutiérrez, F., Mendoza, P., & Pérez, L. (2020). *Cerveceros de México*. <https://cervcerosdemexico.com/2020/09/24/que-caracteristicas-aporta-la-cebada-malteada-a-la-cerveza/>
- Solà-Oriol, D. (2018). Cebada. *3tres3*, 1(1), 1. https://www.3tres3.com/articulos/cebada_39641/
- Sorcía, J. (2017). *Diseño de un proceso industrial para la elaboración de cerveza artesanal a base de cebada (Hordeum Vulgare) y cacao fino de aroma (Theobroma Cacao)*. [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6593/1/96T00387.PDF>
- Stewart, G., & Priest, F. (2006). *Handbook of Brewing*. Boca Ratón.
- Suárez, C., Garrido, N., & Guevara, C. (2016). Levadura Saccharomyces cerevisiae y la producción de alcohol. *Redalyc*, 1(1), 1. [doi:https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf)

- Suaréz, M. (2013). *Cerveza: componentes y propiedades*. [Universidad de Oviedo]. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_%20Maria%200Suarez%20Diaz.pdf?sequence=8
- Tirado, J., & Zalazar, G. (2018). *Banano (Cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal*. [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/892/1/TTAI11.pdf>
- Toledo, M., & López, J. (2020). Elaboración de cerveza artesanal con sustitución parcial de malta (*Hordeum vulgare*) por jora de maíz (*Zea mays* var. *Saccharata*). <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/5190/TOLEDO%20PALOMINO%20-%20LOPEZ%20HERRERA%20%20FIQ%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, D., & Bohórquez, D. (2017). *Sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por cidrón (*Aloysia citrodora*) en la elaboración de cerveza artesanal*. [Universidad de la Salle] https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1053&context=ing_alimentos
- Urango, L. (2018). *Componentes del maíz en la nutrición humana*. [Universidad de Antioquia]. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/download/336229/20791758/>
- Urrutia, A., Aguilar, J., & Muñoz, M. (2016). Formación de redes estratégicas para crear valor: Las cervezas artesanales en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 5(1), 1. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14149188002.pdf>
- Velp. (2020). *Velp Científica*. Obtenido de <https://www.velp.com/es-sa/contenido-de-alcohol-en-cerveza.aspx>
- Vera, M. (2017). Desarrollo y Formulación de Cervezas de Cervezas Artesanales. https://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/DESARROLLO_Y_FORMULACION_DE_CERVEZAS_ARTESANALES.pdf
- Vicente, J. (2016). *Proceso de Elaboración de Cerveza Enriquecida con Alcachofa*. [Trabajo de Titulación, Universidad Miguel Hernández De Elche]. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3546/1/Vicente%20Norte%2C%20Jos%C3%A9%20Juan.pdf>
- Yorke, J., Cocinero, D., & Ford, R. (2021). Elaboración de cerveza con adjuntos de cereales sin maltear: impactos sensoriales y analíticos en la calidad de la cerveza. *MDPI*, 5-6. <https://www.mdpi.com/2306-5710/7/1/4/htm>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla hedónica

INSTRUCCIONES			
Frente a usted se presenta cuatro muestras de cerveza artesanal. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.			
Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
1	me disgusta mucho	4	me gusta moderadamente
2	me disgusta moderadamente	5	me gusta mucho
3	no me gusta ni me disgusta		

CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	OLOR	COLOR	SABOR	AMARGOR

Observaciones:.....

.....

¡Gracias por su colaboración!

Fuente: Las autoras

Anexo 2. Elaboración de la cerveza artesanal

A) Germinación de los granos



B) Etapa del pesado de las materias primas



C) Etapa del secado de las materias primas



D) Trituración de una de las materias primas



E) Formulación de la elaboración de la cerveza



F) Filtración de la cerveza



G) Envasado de la cerveza



H) Sellado de botellas



Fuente: Las autoras

Anexo 3. Proceso de análisis de laboratorio

A) Análisis de Picnometría



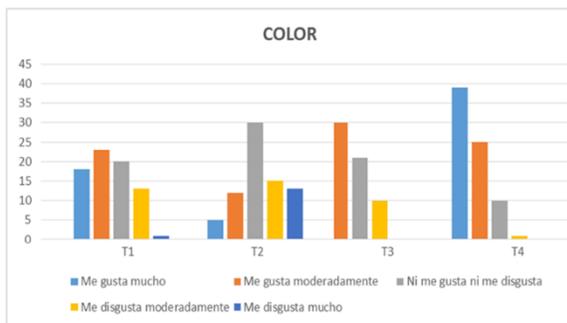
B) Análisis de pH



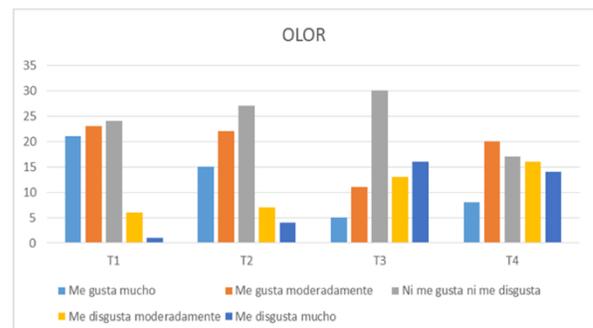
Fuente: Las autoras

Anexo 4. Grado de aceptabilidad del análisis sensorial

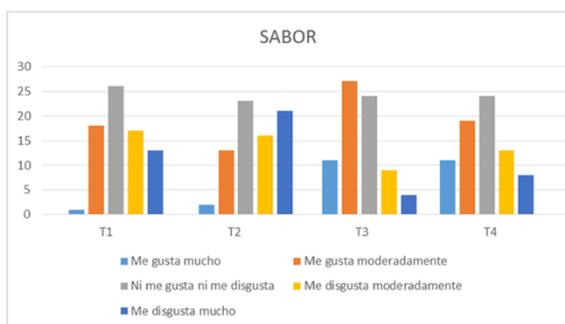
A) Color



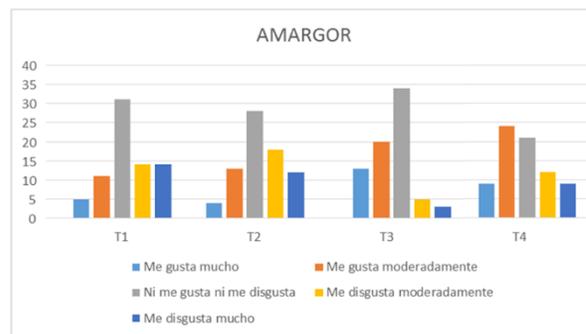
B) Olor



C) Sabor



D) Amargor



Fuente: Las autoras

Anexo 5. Cálculo de costo de producción de los tratamientos

A) T1

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Precio
Maltas			
Pilsner (kg)	4,8	\$ 1,25	\$ 6,00
Adjuntos			
Arroz (kg)	1,6	\$ 0,25	\$ 0,40
Maíz (kg)	1,6	\$ 0,30	\$ 0,48
Lupulos			
Cascade (g)	93	\$ 0,04	\$ 4,09
Levadura			
S04 (paquete)	2	\$ 1,00	\$ 2,00
Envasado			
Botellas con tapas (330ml)	81	\$ 0,35	\$ 28,35
Azúcar (kg)	0,189	\$ 0,50	\$ 0,09
Agua (litros)	35,1	\$ 0,07	\$ 2,46
Suministros			\$ 1,24
Personal			
	Duración (h)	Valor de hora	Precio
2 Técnicos	6	\$ 2,27	\$ 27,24
Costo total de producción			\$ 72,36
Litros útiles	27,11		
Costo por litro	\$	2,67	
Costo por botella	\$	0,89	

B) T2

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Precio
Maltas			
Pilsner (kg)	5,6	\$ 1,25	\$ 7,00
Adjuntos			
Arroz (kg)	1,6	\$ 0,25	\$ 0,40
Maíz (kg)	0,8	\$ 0,30	\$ 0,24
Lupulos			
Cascade (g)	93	\$ 0,04	\$ 4,09
Levadura			
S04 (paquete)	2	\$ 1,00	\$ 2,00
Envasado			
Botellas con tapas (330ml)	61	\$ 0,35	\$ 21,35
Azúcar (kg)	0,142	\$ 0,50	\$ 0,07
Agua (litros)	28,4	\$ 0,07	\$ 1,99
Suministros			\$ 1,05
Personal			
	Duración (h)	Valor de hora	Precio
2 Técnicos	6	\$ 2,27	\$ 27,24
Costo total de producción			\$ 65,44
Litros útiles	20,4		
Costo por litro	\$	3,21	
Costo por botella	\$	1,07	

C) T3

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Precio
Maltas			
Pilsner (kg)	4,8	\$ 1,25	\$ 6,00
Adjuntos			
Arroz (kg)	2,4	\$ 0,25	\$ 0,60
Maíz (kg)	1,1	\$ 0,30	\$ 0,33
Lupulos			
Cascade (g)	93	\$ 0,04	\$ 4,09
Levadura			
S04 (paquete)	2	\$ 1,00	\$ 2,00
Envasado			
Botellas con tapas (330ml)	63	\$ 0,35	\$ 22,05
Azúcar (kg)	0,148	\$ 0,50	\$ 0,07
Agua (litros)	29,16	\$ 0,07	\$ 2,04
Suministros			\$ 1,05
Personal			
	Duración (h)	Valor de hora	Precio
2 Técnicos	6	\$ 2,27	\$ 27,24
Costo total de producción			\$ 65,48
Litros útiles	21,16		
Costo por litro	\$	3,09	
Costo por botella	\$	1,04	

D) T4

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Precio
Maltas			
Pilsner (kg)	4	\$ 1,25	\$ 5,00
Adjuntos			
Arroz (kg)	2,4	\$ 0,25	\$ 0,60
Maíz (kg)	1,6	\$ 0,30	\$ 0,48
Lupulos			
Cascade (g)	93	\$ 0,04	\$ 4,09
Levadura			
S04 (paquete)	2	\$ 1,00	\$ 2,00
Envasado			
Botellas con tapas (330ml)	58	\$ 0,35	\$ 20,30
Azúcar (kg)	0,136	\$ 0,50	\$ 0,07
Agua (litros)	27,46	\$ 0,07	\$ 1,92
Suministros			\$ 0,98
Personal			
	Duración (h)	Valor de hora	Precio
2 Técnicos	6	\$ 2,27	\$ 27,24
Costo total de producción			\$ 62,68
Litros útiles	19,46		
Costo por litro	\$	3,22	
Costo por botella	\$	1,08	

E) T5

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Precio
Maltas			
Pilsner (kg)	6,4	\$ 1,25	\$ 8,00
Caramelo (kg)	1,6	\$ 1,35	\$ 2,16
Lupulo			
Cascade (g)	93	\$ 0,04	\$ 4,09
Levadura			
S04 (paquete)	2	\$ 1,00	\$ 2,00
Invasado			
Botellas con tapas (330ml)	110	\$ 0,35	\$ 38,50
Azúcar (kg)	0,23	\$ 0,50	\$ 0,12
Agua (litros)	42,7	\$ 0,07	\$ 2,99
Suministros			\$ 1,74
Personal			
	Duración (h)	Valor de hora	Precio
2 Técnicos	6	\$ 2,27	\$ 27,24
Costo total de producción			\$ 86,83
Litros utiles	36,7		
Costo por litro	\$	2,37	
Costo por botella	\$	0,79	

Fuente: Las autoras